

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

2021

УДК 57+58+59
ББК 28.0
И 85

Исследования молодых ученых в биологии и экологии - 2021: сборник
И 85 научных статей. - Саратов: Амирит, 2021. - 165 с.

ISBN 978-5-00140-757-7

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.

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

Редакционная коллегия:

*В. В. Аникин, В. А. Болдырев, М. Ю. Воронин, Е. В. Глинская,
А. С. Кашин, С. А. Коннова, Е. В. Плевакова, О. В. Семячкина-Глушковская, С.
А. Степанов, О. Н. Торгашкова, Е. С. Тучина,
Г. В. Шляхтин, О. И. Юдакова*

УДК 57+58+59
ББК 28.0

ISBN 978-5-00140-757-7

© Коллектив авторов, 2021

Содержание

Юдакова О. И. 90 лет биологическому факультету Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского	10
Абдуллаева С. Н., Галицкая А. А., Селиванов Н. Ю. Изменение белкового профиля поверхности клеток пшеницы под действием липополисахарида <i>Azospirillum brasilense</i>	16
Айдыралиева Ч. Б., Худайбергенова Б. М. Определение загрязнения почв территории г. Бишкек, прилегающих к городским автотрассам	18
Алексеев Д. М. Оценка жизненного состояния древостоев памятника природы «Нижне-Банновский»	20
Алескерова З. Н., Степанов С. А. Развитие склеренхимы некоторых видов древесных растений	22
Александров Я. В, Кияшко В. В., Легкодимова З. И., Масликов В. П., Сильникова Г. В. Рыбоводно-биологические показатели при подраживании личинки сома (<i>Silurus glanis</i> L.) с использованием искусственных и живых кормов	24
Анисимов Р. А., Дёмина П. А., Гусякова О. И., Шушунова Н. А., Воронин Д. В., Ломова М. В. Воздействие субмикронных частиц ватерита, содержащих наночастицы магнетита, при введении в кровеносную систему мыши	26
Апарина А. А., Абросимова О. В. Влияние антропогенных факторов на растительные сообщества ООПТ Аткарского района Саратовской области	28
Багавова А. Р., Величко Н. С., Федоненко Ю. П. Ассоциация <i>Phaseolus vulgaris</i> с эндофитными бактериями <i>Herbaspirillum</i> <i>lusitanum</i> P6-12	30
Басалаева Д. Л., Евстигнеева С. С., Глинская Е. В., Никельшпарг М. И. <i>Bacillus velezensis</i> - перспективный агент в борьбе с возбудителями болезней растений	32
Богослов А. В., Кашин А. С., Шилова И. В., Пархоменко А. С., Гребенюк Л. В., Лаврентьев М. В. Анализ морфологической изменчивости и состояния популяций <i>Delphinium</i> <i>pubiflorum</i> (Ranunculaceae) на территории Саратовской области	34
Винник В. В., Тучина Е. С. Квантовые точки CuInS ₂ как фотоактивные агенты при антимикробном воздействии	36

Владимиrowa A. A., Тугарова A. B., Камнев A. A. Восстановление селената штаммом <i>Azospirillum thioophilum</i> BV-S	38
Владимиrowa H. C., Галицкая A. A., Каневский M. B., Коннова C. A. Воздействие стрессовых факторов на индукцию воспаления в хроническом эксперименте на белых мышцах линии BALB/c	40
Вольников B. P., Ульянов A. Ю., Авдеева H. Г., Самохвалова Ю. И., Дуракова O. C. Экологическая безопасность и перспективы развития малоотходных технологий в биотехнологическом производстве	42
Гунина B. B., Зубова K. B., Глинская E. B., Шульгина T. A., Нечаева O. B. Антимикробная активность водных дисперсий наночастиц золота в отношении грибов <i>Candida albicans</i>	44
Гусев Д. A., Перевозникова T. B., Кайбелева Э. И. Использование цитогенетического метода для выявления кариотипического полиморфизма дождевых червей на примере комплекса <i>Aporrectodea caliginosa</i> (Oligochaeta, Lumbricidae)	46
Гусева O. Ю. Определение оптимального режима стерилизации взрослого материала дуба черешчатого	48
Денисов A. A., Пархоменко A. C., Шилова И. B., Лаврентьев M. B., Гребенюк Л. B. Динамика демографической структуры реинтродуцированных популяций <i>Calophaca wolgarica</i> (Fabaceae) в Саратовской области	50
Денисова Д. C., Никонова И. Д., Назарова M. A. Влияние химического состава воды из озера Воже на степень накопления тяжелых металлов в мышцах плотвы	52
Доливец Ю. П., Ибрахим И. M., Гринев B. C., Федоненко Ю. П., Коннова C. A. Выделение и характеристика поли-3-гидроксибутирата из галофильных бактерий <i>Salinivibrio</i> sp. EG6S8QL	55
Евсюкова A. C., Хороводов A. П., Мамедова A. T. K., Терсков A. B., Блохина И. A., Климова M. M., Семячкина-Глушковская O. B. Мониторинг состояния ГЭБ с помощью электрической активности мозга	57
Ефимова Д. И., Торгашкова O. H. Биологическое разнообразие почвенного банка семян островных лесных сообществ долины реки Волги	59
Зеленова H. A., Муратова A. Ю., Плешакова E. B. Выделение из корневой зоны <i>Miscanthus giganteus</i> ризобактерий, проявляющих устойчивость к тяжелым металлам и стимулирующий рост растений потенциал	61

Зубова К. В., Глинская Е. В., Шульгина Т. А., Нечаева О. В. Антимикробная активность водных дисперсий наночастиц серебра в отношении бактерий – возбудителей гнойно-воспалительных заболеваний	63
Карлов А. В., Юдакова О. И., Хатевфев Э. Б. Выявление эффективных гаплоиндукторов кукурузы российской и зарубежной селекции	65
Коврижников А. В., Коннова С. А., Купряшина М. А. Микрокапсуляция клеток <i>Azospirillum brasilense</i> в альгинатном гидрогеле	67
Кондратьев Е. Н. Двукрылые насекомые (Diptera), обитающие в гнездах береговой ласточки (<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758) на территории Саратовской области	69
Кондратьева А. О., Пархоменко А. С., Кашин А. С. Пространственно-возрастная структура ценопопуляций <i>Globularia bisnagarica</i> L. (Plantaginaceae)	71
Кошелева И. С., Каневский М. В. Влияние флавоноидов на некоторые физико-химические показатели клеток <i>Azospirillum brasilense</i> Sp245	73
Кенжегулов О. А., Тугарова А. В., Камнев А. А. Некоторые аспекты пробоподготовки бактериальных образцов для ИК-фурье-спектроскопии	75
Круглова А. П. Применение информационных технологий на экологических тропях	77
Крючков С. Н., Якименко Е. В. Расширение восточных границ ареала для шавелевой моли-малютки <i>Enteucha acetosae</i> (Lepidoptera: Nepticulidae)	79
Левин А. А., Глинская Е. В., Нечаева О. В., Цирулева Я. А. Влияние длительности холодовой и тепловой ишемии трансплантата при пересадке почки на биохимические показатели крови	81
Леонтьев И. С. Особенности культивирования бражника мёртвая голова <i>Acherontia atropos</i> (Linnaeus, 1758) в лабораторных условиях	83
Матевосян С. Г., Сигида Е. Н., Ибрахим И. М. И., Каневский М. В., Федоненко Ю. П., Коннова С. А. Скрининг продуцентов внеклеточных протеаз среди галофильных бактерий, выделенных из солёных озёр Эльтон (Россия) и Карун (Египет)	85
Мельникова О. С., Мельников Е. Ю. Особенности проведения занятий по орнитологии в летних экологических школах	87

Менухов В. О., Каневский М. В. Изменение некоторых физико-химических и культуральных свойств бактерий <i>Azospirillum brasilense</i> Sp245 под влиянием некоторых синтетических кумаринов	89
Миронова А. А., Сажнев А. С., Аникин В. В. Энтомокомплекс жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) плодового тела скислородного гриба <i>Fomes fomentarius</i> (Basidiomycetes)	91
Никельшпарг М. И., Никельшпарг Э. И., Браташов Д. Н., Аникин В. В. Исследование каротиноидов в системе галл – галлообразователь – паразитоид	93
Никишина Е. С., Мельников Е. Ю., Мосолова Е. Ю., Воронин М. Ю. Рыбоядные птицы водоёма-охладителя Балаковской АЭС: видовой состав и сезонная динамика численности	95
Никулина А. Р., Лисенков С. А., Опекунова М. Г. Применение методов биотестирования для оценки загрязнения почв на территории Пырейного газоконденсатного месторождения ЯНАО	97
Огнистая А. В. Морские микроводоросли как основной инструмент в борьбе с бактериальными инфекциями	99
Павлов А. Ф., Родионова Г. Н. Экологическая оценка влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения Куйбышевского района г. Самара	102
Поверенный Н. М., Аникин В. В. Расположение вида <i>Mesobuthus caucasicus</i> (Nordmann, 1840) внутри рода <i>Mesobuthus</i> (Vachon, 1950)	105
Проскурякова М. В., Карпунина Л. В. Роль лектина бацилл в регуляции белкового спектра крови крыс при антибиотико - ассоциированном дисбактериозе	107
Растегаева В. С., Плешакова Е. В. Использование игровых методов при обучении основам химической токсикологии в рамках экологического воспитания школьников	109
Ржевский С. Г., Аминова Е. Ю., Стародубцева Л. М. Фенологические наблюдения за вегетативным и генеративным развитием ясеня обыкновенного (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) на территории Воронежской области	111
Родионова Е. Ю., Кустов С. Ю., Сажнев А. С. Акустические особенности водных жесткокрылых <i>Berosus frontifoveatus</i> Kuwert, 1888 и <i>Berosus spinosus</i> Steven, 1808 (Coleoptera: Hydrophilidae)	113

Рустамли А. Б., Худавердиева С. Р. Особенности исследования повреждений ДНК иммуноферментным методом	115
Симоненко А. В., Ханадеев В. А., Фомин А. С., Хлебцов Н. Г. Золотые наноантенны: влияние количества зародышей и цитотоксичность	117
Салем С. Ф. И., Корченова М. В., Тучина Е. С., Тучин В. В. Антибактериальные свойства наночастиц магнетита (Fe ₃ O ₄) при фотовоздействии	119
Светлакова А. В., Тучина Е. С. Допирование наночастиц оксидов металлов как способ повышения их антимикробной фотокаталитической активности	122
Стебелев И. О., Верховский Р. А., Глинская Е. В., Шульгина Т. А., Нечаева О. В. Цитотоксичность наночастиц золота, стабилизированных различными полимерными соединениями	124
Стукова Е. В., Коротаева Н. Е. Влияние пероксида водорода на накопление митохондриальных прохибитинов в зеленых листьях <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	127
Султанова О. О., Петерсон А. М. Определение способности гриба <i>Alternaria alternata</i> к смене экологических ниш в пределах растения-хозяина при паразитировании на яблонях	129
Татун Е. В., Держинский Е. А. Моли-чехлоноски (Lepidoptera: Coleophoridae) Белорусского Поозерья	131
Татьянина Е. О., Торгашкова О. Н. Процессы функционирования почвенного банка семян пойменных лесных сообществ долины реки Волги	134
Тертышник Е. А., Дубровская Е. В., Галицкая А. А. Распространение, активность и выделение растительных лакказоподобных оксидаз	136
Узянбаева Л. Х., Реут А. А. Элементный состав растительного сырья некоторых представителей рода <i>Dianthus</i> L.	138
Учаева Е. С., Лыкова Е. Ю. Особенности функционального состояния учащихся 7 класса в динамике школьного обучения	140
Фаева Ю. А., Лыкова Е. Ю. Психофизиологические особенности школьников 7 класса с разными сенсорно-перцептивными типами	142

Хомякова А. А., Алсовэйди А. К. М., Петерсон А. М., Гулий О. И. Перспективы применения фаговых антител в качестве селективного рецептора биосенсоров	144
Черных М. В., Коннова С. А., Федоненко Ю. П., Сигида Е. Н., Гринев В. С. Оценка способности штамма <i>Bacillus subtilis</i> EGP5QL12 к синтезу поли- гамма-глутаминовой кислоты	146
Чернышова А. В., Опекунова М. Г. Особенности поглощения тяжёлых металлов макромицетами (на примере г. Кемерово)	148
Чернышова И. Е., Ерзаева А. С., Анашкин А. В. Использование данных о популяционной структуре редких видов растений при оценке фитосозологического рейтинга памятников природы регионального значения (на примере Самарской области)	150
Чугреев М. Ю. Состояние мужской генеративной сферы интродуцированной сосны румелийской в Воронежской области	152
Шушунов В. А., Шилова И. В., Пархоменко А. С., Кашин А. С. Характеристика местообитаний безвременника яркого на территории Волгоградской области	154
Шьюрова А. А., Петерсон А. М. Циркуляция микроорганизмов в системе огурец обыкновенный – бахчевая тыква – чёрные садовые муравьи	156
Щербакова О. В., Абросимова О. В., Посненкова О. М. Сравнение промышленных и спальных участков города Саратов методом анкетирования и выявление возможных сердечно-сосудистых заболеваний у людей	158
Элкафори А. Б. А. И., Глинская Е. В., Дымнич А. С. Ассоциативные микроорганизмы трофической цепи конский каштан обыкновенный <i>Aesculus hippocastanum</i> L., 1753 – каштановая минирующая моль <i>Cameraria ohridella</i> Deschka et Dimić, 1986	160
Якименко Е. В. К изучению сокоедок (Lepidoptera: Gracillariidae, <i>Phyllocnistis</i>) Европейской части Российской Федерации	162

**90 лет биологическому факультету
Саратовского государственного университета
имени Н. Г. Чернышевского**

О. И. Юдакова

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
yudakovaoi@info.sgu.ru

Ключевые слова: история науки, биологический факультет СГУ, биологическое образование.

Биологический факультет официально был открыт в Саратовском государственном университете в 1931 году, но свою историю он с полным правом может отсчитывать с момента основания вуза в 1909 г. В составе единственного медицинского факультета Императорского университета было организовано 28 кафедр, четыре из которых положили начало биологическому образованию в СГУ. Это кафедры физиологии, нормальной анатомии, ботаники и зоологии со сравнительной анатомией. Для преподавания в новом вузе пригласили ведущих ученых из Казанского, Московского, Санкт-Петербургского и Новороссийского университетов [1].

Кафедру зоологии в 1909 г. возглавил профессор Санкт-Петербургского университета Борис Ионович Бируков. Он сформировал высококвалифицированный научный коллектив кафедры, организовал научную зоологическую лабораторию и зоологический музей [2]. Первыми экспонатами музея стали 1000 экземпляров тропических бабочек и жуков, подаренные университету в дни его открытия кулечеством Саратовской губернии. Эта коллекция сохранилась до наших дней, и сейчас занимает в Зоологическом музее почетное место.

Кафедру ботаники возглавил профессор Казанского университета, ставший позднее членом-корреспондентом АН СССР, Андрей Яковлевич Гордягин. За 5 лет работы в Саратове он внес большой вклад в развитие биологического образования, заложил основы Саратовской научной геоботанической школы и на долгие годы определил основное научное направление кафедры – изучение флоры и растительности юго-востока Европейской России. В планах А. Я. Гордягина было создание Ботанического сада, но их воплощению в жизнь помешала начавшаяся Первая мировая война [3]. После возвращения А. Я. Гордягина в Казань, заведование кафедрой ботаники перешло профессору Дмитрию Ерастовичу Янишевскому. Под его руководством саратовские ботаники продолжили изучение флоры и растительности Поволжья. Был собран богатый гербарный материал, описаны новые для науки виды растений.

В 1910 г. профессором В. В. Вормсом была организована кафедра медицинской химии, положившая начало биохимическим исследованиям в университете.

В 1917-1918 учебном году в СГУ открывается естественное отделение при физико-математическом факультете. В его состав входят уже существующие кафедры зоологии и ботаники, а также новая кафедра – кафедра физиологии и анатомии растений. Возглавить ее был приглашен приват-доцент Московского университета Александр Робертович Кизель [4]. В Саратове А. Р. Кизель начинает работы по биохимии углеводов, растительных белков и нуклеиновых кислот. В 1922 г. его избирают деканом сразу двух факультетов: физико-математического и рабочего. Последний был создан для подготовки малограмотной молодежи к обучению в вузе. А в 1929 г. он вернулся в Москву, чтобы возглавить кафедру биохимии МГУ, сыгравшую огромную роль в становлении и развитии биохимии в нашей стране.

В 1918 г. в СГУ открывается еще один факультет биологического профиля – агрономический факультет, который возглавил профессор В. Р. Заленский [5]. Еще до революции в 1913 году для подготовки квалифицированных ученых агрономов в Саратове были открыты Высшие сельскохозяйственные курсы, которые в апреле 1918 г. были преобразованы в Саратовский сельскохозяйственный институт. Однако в сентябре того же

года в связи с тяжелыми условиями гражданской войны институт был присоединен к СГУ на правах агрономического факультета. Учебный процесс на факультете осуществляли такие выдающиеся ученые как Г. К. Мейстер, Н. М. Тулайков, Е. М. Плачек. С 1917 по 1921 год сначала на сельскохозяйственных курсах, а затем на агрономическом факультете СГУ преподавал один из величайших генетиков мира – Николай Иванович Вавилов. Саратовский период Н.И. Вавилова был чрезвычайно плодотворным. Здесь молодым профессором были разработаны и сформулированы учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям и закон гомологических рядов в наследственной изменчивости [6]. В 1920 г. на III Всероссийском съезде по селекции и семеноводству, проходившем в Большой физической аудитории третьего корпуса СГУ, Н.И.Вавилов впервые выступил с докладом «Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости», который был воспринят научным сообществом, как крупнейшее событие в мировой биологической науке. Уезжая в марте 1921 г. в Петроград, Николай Иванович оставил в Саратове жизнеспособную научную школу, коллег-единомышленников, которые всю жизнь были верны его идеям и его памяти. В 1922 г. агрономический факультет был выведен из состава СГУ и вновь преобразован в самостоятельный Сельскохозяйственный институт.

1920-е годы в истории биологического образования в СГУ связаны с именем еще одного выдающегося биолога – академика Андрея Александровича Рихтера [5]. После успешной работы в Петербурге и Перми он переезжает в Саратов, где одновременно возглавляет кафедру анатомии и физиологии растений СГУ, кафедру физиологии растений и микробиологии Саратовского сельскохозяйственного института и отдел прикладной ботаники Саратовской областной опытной станции. Под его руководством начинаются исследования физиологических основ устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды, физиологических и биохимических особенностей технических культур. В 1931 г. А. А. Рихтер покинет СГУ, чтобы возглавить лабораторию биохимии и физиологии растений, преобразованную затем в Институт физиологии растений имени К.А.Тимирязева.

В 1931 г. естественное отделение СГУ преобразуется в самостоятельный биологический факультет [1]. На нем обучается около 200 студентов. Становление факультета проходило в сложные годы политических репрессий. Как не парадоксально это звучит, но пополнению штата университета высококвалифицированными сотрудниками способствовала высылка из Москвы и Ленинграда ряда известных ученых, как «социально чуждых» для страны элементов. Среди таких ссыльных оказался член-корреспондент АН СССР, крупнейший специалист по физиологии растений Николай Александрович Максимов [5]. Руководство университета проявило большую смелость, не побоявшись предложить ему возглавить кафедру физиологии растений. В Саратове Н. А. Максимов развивает эколого-физиологическое направление исследований, изучает засухоустойчивость растений. Под его руководством в университете и Институте зернового хозяйства Юго-Востока проводятся исследования рациональных приемов орошения яровой пшеницы.

В непростой обстановке 1930-х гг на биологическом факультете одна за другой открываются новые кафедры: в 1935 году – кафедра микробиологии, в 1936 г. кафедра динамики развития организма, в 1937 г. – кафедра физиологии животных, в 1939 г. – кафедра генетики и дарвинизма, в 1940 г. – кафедра ихтиологии и гидробиологии. С 1938 по 1984 гг на протяжении 46 лет бессменным руководителем кафедры физиологии животных был доктор медицинских наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор Павел Абрамович Вундер. После 1984 г. он еще на протяжении 15 лет оставался научным консультантом кафедры. Под его руководством были выполнены исследования саморегуляции в эндокринной системе, изучены нервно-гуморальные механизмы формирования пола и процесса размножения, выявлены эндокринные корреляции при экспериментальном сахарном диабете. В 1937 г. были подготовлены проекты, и началось строительство 5-го учебного корпуса для биологического факультета. К сожалению, после ареста директора СГУ Г. К. Хворостина по ложному обвинению, строительство корпуса останавливается на долгие годы [1].

Стремительное развитие университета прерывает Великая Отечественная война. Несмотря на тяготы войны, биологический факультет продолжил свою работу. Срок обучения был сокращен до трех лет, занятия нередко проходили в неотапливаемых помещениях, переносились на вечерние часы или отменялись для выполнения срочных общественных работ: выгрузки вагонов и барж, расчистки занесенных снегом железнодорожных путей. В тяжелых условиях прифронтового города на биологическом факультете не только не прерывался учебный процесс, но и велись интенсивные научные изыскания: продолжалось изучение флоры и растительности пойм Нижней Волги и малых рек, составляется геоботаническая карта для значительной части Волго-Ахтубинской поймы. Эти труды имели не только теоретическую значимость, но и, что особенно важно для военных лет, практическое значение. Они были необходимы для разработки мероприятий по рациональному использованию пойменных лугов, как естественной и дешевой кормовой базы для животноводства. Результаты проведенных исследований легли в основу докторской диссертации А. Д. Фурсаева, которая была успешно защищена в 1942 г. [3].

Под руководством профессора А. А. Чигуряевой проводятся исследования морфологии современной и ископаемой пыльцы. Метод спорово-пыльцевого анализа был востребован для решения неотложных вопросов практической геологии. Страна остро нуждалась в поиске и разработке новых месторождений полезных ископаемых [3].

Сотрудники кафедры зоологии под руководством А. В. Морозова, а затем Л. З. Захарова приступают к изучению экологии азиатской саранчи и саранчовых для разработки эффективных методов борьбы с ними. В 1944 г., после работы в Баку, в Саратовский университет возвращается профессор В. С. Елпатьевский [2]. Он принял заведование кафедрой зоологии позвоночных и направил исследовательскую работу кафедры на изучение экологии грызунов – вредителей лесного и сельского хозяйств, а также на изучение фауны защитных лесонасаждений и позднее фауны Саратовской области в целом.

В марте 1942 г. из блокадного Ленинграда в Саратов эвакуируется Ленинградский университет. Начинается совместная жизнь двух университетов [7, 8]. Биологические факультеты СГУ и ЛГУ не сливаются, но работают при тесном и плодотворном сотрудничестве. Часть ленинградских профессоров переводится в СГУ для усиления его факультетов. Член-корреспондент АН СССР, профессор С. Д. Львов возглавляет кафедру физиологии растений, профессор Д. И. Дейнека – кафедру анатомии человека. С. Д. Львов разворачивает большую исследовательскую деятельность по получению витамина С и изучению растительных пигментов. Результаты этих работ были необходимы для обеспечения полноценного питания военнослужащих и тружеников тыла, изможденных тяготами войны, для восстановления здоровья больных и раненных. Под руководством Д. И. Дейнеки изучается возможность восстановления функций нервной системы, нарушенных в результате военных травм.

В последний военный учебный год биологический факультет постепенно переходил к мирной жизни. Весной 1945 г. на биологическом факультете возобновились научные конференции и работа кружков. После окончания войны в 1949 г. биологический факультет преобразуется в биолого-почвенный, разрабатываются планы по созданию НИИ биологии, возобновляются работы по созданию Ботанического сада СГУ. Их инициатором стал заведующий кафедрой морфологии и систематики растений, профессор А. Д. Фурсаев. В 1956 г. под Ботанический сад отводится 30 га на южных склонах Глубучева оврага [3, 9].

Послевоенное время не стало для факультета мирным и безмятежным. После печально известной августовской сессии ВАСХНИЛ в стране разворачивается идеологическая война против «идейно чуждого» течения «вейсманизма-морганизма». Классическая генетика объявляется буржуазной лженаукой и противопоставляется коммунистическому мичуринскому учению. В 1947 г. заведующий кафедрой генетики и дарвинизма СГУ Василий Евгеньевич Альтшеллер, прилюдно заявивший о скором окончании господства Т. Д. Лысенко в биологии, обвиняется в антимичуринской пропаганде, изгоняется из университета и ссылается в Сибирь. Руководство кафедрой переходит сначала к профессору С.И.Исаеву, а

затем в 1948 г. к доценту С. С. Хохлову [10]. В 1950 г. за высказанные в диссертации эволюционные взгляды и пропаганду антимирурических идей Всесоюзная аттестационная комиссия отказывает С. С. Хохлову в утверждении докторской диссертации и присвоении степени доктора наук. Декан биолого-почвенного факультета А. Д. Фурсаев обвиняется в том, что под его руководством на факультете «свили себе гнездо вейсманисты-морганисты». Комиссия Министерства образования СССР приступает к тщательной проверке факультета, и, несмотря на то, что «гнездо вейсманистов» так и не было найдено, А. Д. Фурсаеву все же сначала объявляют выговор, а затем освобождают от занимаемой должности. Докторская диссертация С. С. Хохлова была утверждена ВАК лишь спустя 20 лет, в 1967 году. Воспитанный на трудах Г. Менделя, Т. Моргана, Н. И. Вавилова и других классиков генетики С. С. Хохлов не только хранил верность их идеям, но и не боялся выступать с открытой критикой лысенковцев. Руководимая им кафедра была одной из первых в СССР, где после отказа от лысенковщины было возобновлено преподавание классической и молекулярной генетики. В 1955 г. С. С. Хохлов назначается председателем Министерской комиссии по разработке новой программы по генетике и дарвинизму для университетов. По этой программе затем многие годы велось преподавание генетики во всех вузах Советского Союза.

В 1951 г. заведующий кафедрой зоологии позвоночных, профессор Б. К. Фенюк удостоивается Сталинской премии за работы по изучению влияния деятельности человека на численность мышевидных грызунов и сусликов [2]. Часть своей денежной премии он передает на строительство Научной библиотеки СГУ. В 1953 г. завершается начатое до войны строительство 5-ого корпуса СГУ. Биофак, наконец, обретает свой родной дом.

В 1960 г. по инициативе С. С. Хохлова начинается строительство проблемной лаборатории цитологии и генетики, которая долгие годы затем являлась научным центром по изучению апомиксиса и гаплоидии в нашей стране [9]. Одним из важнейших событий на факультете в 1960-е годы стало воссоздание кафедры биохимии. Сначала в 1967 г. по инициативе заведующего кафедрой микробиологии, профессора М. П. Гнутенко организуется учебно-научная лаборатория биохимии и биофизики. Ее руководителем назначается кандидат медицинских наук, доцент Владимир Владимирович Игнатов. В 1976 г. лаборатория преобразуется в кафедру биохимии и биофизики также под руководством В. В. Игнатова, ставшего к тому времени уже доктором биологических наук и профессором. Лаборатория и кафедра биохимии и биофизики становятся научным центром в стране по изучению биохимии стафилококков. На основе кафедры в 1980 г. создается Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов АН СССР.

В 1980-1990-х гг. структура факультета претерпевала неоднократные изменения: открывались новые, кафедры делились, сливались. В разное время на факультете существовали отделения психологии и экологии. Сейчас в составе факультета 6 кафедр: биохимии и биофизики (заведующий кафедрой, д.б.н., профессор С. А. Коннова); ботаники и экологии (заведующий кафедрой, д.б.н., профессор В. А. Болдырев); генетики (заведующий кафедрой, д.б.н., доцент О. И. Юдакова); микробиологии и физиологии растений (заведующий кафедрой, д.б.н., профессор С. А. Степанов); морфологии и экологии животных (заведующий кафедрой, д.б.н., профессор Г. В. Шляхтин); физиологии человека и животных (заведующий кафедрой, д.б.н., доцент О. В. Семячкина-Глушковская). В новом веке структура факультета дополнилась оснащенными современным оборудованием учебно-научными лабораториями: в 2004 г. лабораторией молекулярной биологии (заведующий лабораторией, д.б.н., профессор В. В. Аникин) и в 2019 г. лабораторией биотехнологии и репродуктивной биологии (заведующий лабораторией, к.б.н., доцент Ю. А. Беляченко). В настоящее время создается Междисциплинарный центр «Критических технологий для медицины» (руководитель д.б.н., доцент О. В. Семячкина-Глушковская), где планируется разрабатывать неинвазивные методы лечения онкологических заболеваний и болезней мозга. Высокую оценку научного сообщества получили в 21 веке старейшие структурные подразделения факультета Зоологический музей и Гербарий. В 2011 г. музей вошел в реестр Зоологических коллекций

мира, а в 2015 г. ЮНЕСКО присвоило Гербарию, включенному в Международный реестр гербариев, статус «Национального достояния России».

Показателями высокого качества биологического образования в СГУ могут служить победы образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Биология» в 2011 и 2012 гг. во Всероссийском проекте «Лучшие образовательные программы инновационной России». Научные исследования были поддержаны десятками грантов отечественных и зарубежных фондов (РФФИ, РНФ, Президента РФ, В.Потанина, Европейского и Турецкого обществ во гипертонии, Биологических и биохимических исследований Великобритании и др.). На факультете издается 4 журнала, два из которых входят в список ВАК. Итоги многолетней плодотворной работы коллектива биологического факультета СГУ отражены в многочисленных научных трудах. К числу наиболее важных результатов научных исследований можно отнести следующее:

- 1) изучена флора и фауна Саратовской области и сопредельных территорий;
- 2) разработаны перспективные подходы для решения вопросов экологической безопасности Нижнего Поволжья, составлена Красная книга Саратовской области;
- 3) изучены анатомо-физиологические особенности злаковых культур сортов Саратовской селекции;
- 4) исследованы микробные ассоциации различных видов насекомых, показана циркуляция фитопатогенных бактерий и грибов в экосистемах;
- 5) разработаны подходы для биоремедиации почв и водоемов от ксенобиотиков и нефтяных загрязнений с использованием микроорганизмов и растений;
- 6) установлены уникальные химические структуры О-антигенов и экзополисахаридов, которые положены в основу серологической классификации микроорганизмов, формирующих ассоциативные симбиозы с хлебными и кормовыми злаками;
- 7) диагностирован способ репродукции у дикорастущих злаков и некоторых видов сложноцветных в нескольких регионах России, выявлены апомиктические формы, которые могут использоваться как модельные объекты для изучения явления апомиксиса и как доноры генов апомиксиса;
- 8) выведены уникальные линии кукурузы с наследуемым и индуцированным типами партеногенеза, позволяющие получать с высокой частотой гаплоидные растения – ценный материал для селекции;
- 9) разработаны неинвазивные методы доставки препаратов в ткани мозга для лечения глиомы и болезни Альцгеймера;
- 10) разработаны новые технологии для МРТ анализа проницаемости гематоэнцефалического барьера в условиях нормы;
- 11) впервые в России заложены основы изучения лимфатической системы мозга для развития прорывных технологий ночной терапии болезнью мозга, инсультов, черепно-мозговых травм, родовых повреждений ЦНС.

За 90 лет биологическим факультетом пройден большой и плодотворный путь, накоплен огромный опыт в организации и проведении научных исследований, в эффективной реализации образовательных программ, позволяющий подготавливать хороших и востребованных специалистов в области биологии и экологии. В своей научной и педагогической деятельности факультет всегда стремится держать ту высокую планку, которую в свое время задали выдающиеся биологи, с чьими именами связано становление и развитие биологического образования в СГУ.

Список литературы:

1. Аврус А.И., Гапоненков А.А., Данилов В.Н. История Саратовского университета. 1909-2009: в 2 т. Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 2009. Т. 1: 1909-1945. 293 с.
2. Шляхтин Г.В. 110 лет зоологической кафедре Саратовского государственного университета // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19, Вып. 2. С. 229-241.
3. Болдырев В.А. 110 лет ботанической кафедре Саратовского государственного университета // Изв. Саратов. ун-та. Нов.сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 242-248.

4. Степанов С.А. Александр Робертович Кизель (1882–1942): К 135-летию со дня рождения // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. 2017. Т. 15, Вып. 1. С. 3-14.
5. Степанов С.А., Шляхтин Г.В. Саратовские истоки и пути изучения физиологии растений в России // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2015. Т. 15, Вып. 4. С. 42-49.
6. Гончаров Н.П. Николай Иванович Вавилов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 292 с.
7. Гижов В.А. Ленинградский государственный университет в эвакуации в Саратове в годы Великой Отечественной войны // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики Тамбов: Грамота, 2014. № 11, Т. 49: в 2-х ч. Ч. I. С. 54-57.
8. Воронов Б.В., Жервэ Н.Н. Саратовские объятия. Военные годы ЛГУ в Саратове // Санкт-Петербургский университет. 2012. №6, Т. 3848.
9. Юдакова О. И., Тимофеева С. Н., Апанасова Н. В., Госенова О. Л., Гуторова О. В., Смолькина Ю. В. Саратовская научная школа по проблемам биологии и генетики систем репродукции растений: достижения и перспективы // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17, Вып. 2. С. 232-238.
10. Шишкинская Н.А. К 100-летию Сергея Спиридоновича Хохлова (29.09.1910-23.11.1974) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2011. Т. 15, № 1. С. 198-204.

Изменение белкового профиля поверхности клеток пшеницы под действием липополисахарида *Azospirillum brasilense*

С. Н. Абдуллаева¹, А. А. Галицкая^{1,2}, Н. Ю. Селиванов²

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия
sabina.abdullaeva.01@mail.ru

Ключевые слова: *Azospirillum brasilense*, липополисахарид, пшеница.

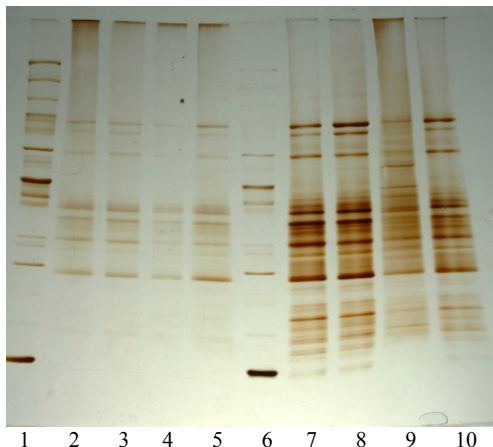
Липополисахариды (ЛПС) – гликозилированные компоненты внешней мембраны бактериальной клетки – являются одним из специфических факторов распознавания и прикрепления бактерий к поверхности корня растений. При взаимодействии растений с фитопатогенными бактериями, ЛПС играет роль фактора несовместимости, т.е. распознается клетками растения как фактор вирулентности патогена, и индуцирует запуск широкого набора защитных реакций. В то же время для многих ризосферных бактерий показано участие ЛПС в прикреплении к поверхности корней растений. Колонизация корней растений ризосферными микроорганизмами вызывает увеличение активности в апопласте растительных тканей гликолизидов с различной специфичностью [1].

Целью исследования являлось исследование влияния ЛПС *Azospirillum brasilense* SR 65 на состав полипептидов апопласта каллусной культуры пшеницы, как специфических компартментов, обеспечивающих минеральное питание и метаболический обмен в тканях растений.

Объектом исследования являлись 14-и дневные каллусы двух изогенных линий гексаплоидной мягкой яровой пшеницы сорта Саратовская 29, а также 12-и суточные проростки пшеницы сортов Саратовская 29 и Саратовская 42. Поверхностно стерилизованные семена проращивали в течение 12 суток на дистиллированной воде. Каллусные культуры поддерживали на среде Мурасиге и Скуга. Апопласт выделяли по методу Parent и Asselin с модификациями [2] с центрифугированием при 1000g и 2000g, анализ спектра белков проводили методом электрофореза по Laemmly в денатурирующих условиях [3]. В работе были использованы препараты ЛПС *Azospirillum brasilense*, полученные и предоставленные сотрудниками лаборатории биохимии ИБФРМ РАН

Полученные результаты показывают, что после 24 часов инкубации проростков в присутствии ЛПС в концентрации 50 мкг/мл в апопласте корней проростков обоих сортов выявляется снижение общего содержания белков, при этом практически отсутствуют качественные и количественные изменения в содержании полипептидов по сравнению с контролем, о чем свидетельствуют результаты электрофоретического анализа. Полученные данные позволяют предположить, что препарат ЛПС ризосферной бактерии *A. brasilense* SR 65 распознается как биогенный эффектор, но не вызывает специфических ответных реакций на уровне протеома апопласта. Следует отметить, что снижение общего содержания белка в апопласте носит схожий характер с ранними этапами действия повышенных концентраций абсцизовой кислоты – стрессового гормона растений.

Исследование влияния препарата ЛПС на состав белков поверхности клеток и белков апопласта проводили также в каллусной культуре пшеницы Саратовская 29. Данные электрофоретического анализа показали высокое сходство спектров белков поверхности каллусов и белков апопласта выделенных центрифугированием из межклетников каллусной ткани. Полученные данные, представленные на рисунке, также демонстрируют снижение общей концентрации белка в препаратах апопластов каллус в присутствии ЛПС. При этом отмечены качественные изменения состава белков, наиболее ярко выраженные в каллусах линии 4 в образце 9.



1-стандарты молекулярных масс (4 мкл); 2-белки поверхности каллуса линии 4 (контроль); 3- белки поверхности каллуса линии 5 (контроль); 4- белки поверхности каллуса линии 4 + 24 часа ЛПС 50мкг/мл; 5- белки поверхности каллуса линии 5 + 24 часа ЛПС 50мкг/мл; 6-стандарт молекулярных масс (2 мкл); 7- белки апопласта каллуса линии 4 (контроль), выделенных в присутствии 0,1 % ДОХ при 1000 g; 8- белки апопласта каллуса линии 5 (контроль), выделенных в присутствии 0,1 % МДОХ при 1000 g; 9- белки апопласта каллуса линии 4, + 24 часа ЛПС 50мкг/мл, выделенных в присутствии 0,1 % МДОХ при 1000 g; 10- белки апопласта каллуса линии 5, + 24 часа ЛПС 50 мкг/мл, выделенных в присутствии 0,1 % МДОХ при 1000 g

Рисунок - Влияние 24 часовой инкубации с ЛПС на состав белков поверхности и апопласта каллуса двух изогенных линий пшеницы Саратовская 29

Каллусы именно этой линии проявляли способность к спонтанному ризогенезу. Этот факт очень важен для понимания проявления эффекта действия ЛПС в каллусной культуре в присутствии высоких концентраций фитогормонов.

Возможно, именно изменение количества зон вторичной дифференциации лежит в основе различий белковых спектров апопластов каллуса.

Список литературы

1. Tarrand J.J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasiliense* sp. nov. / J.J. Tarran, N.R. Krieg, J. Döbereiner // Can J Microbiol – 1978. – V. 24. – P. 967-980.
2. Parent J.C. Detection of pathogenesis-related proteins (PR or b) and other proteins in the intercellular fluid of hypersensitive plants infected with tobacco mosaic virus/ J.C. Parent, A. Asselin// Can.J.Bot. – 1984. – V.62. – P. 654 – 659.
3. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 // Nature. – 1970, V. 227. - P. 680-685.

Определение загрязнения почв территории г. Бишкек, прилегающих к городским автотрассам*Ч. Б. Айдыралиева, Б. М. Худайбергенова*

Международная высшая школа медицины

Бишкек, Кыргызстан

aidyralieva_153@mail.ru

Ключевые слова: почвенный покров, ТМ (тяжелые металлы), ПДК (предельная допустимая концентрация).

Почва – это не возобновляемый ресурс, т.е. в случае утраты или деградации ее невозможно восстановить в срок, сопоставимый с продолжительностью человеческой жизни. Состояние почв оказывает влияние на пищу, которую мы едим, воду, которую мы пьем, воздух, которым мы дышим, на наше здоровье и на здоровье всего живого на Земле. Без здоровых почв мы не сможем выращивать продовольствие. Ведь, по оценкам, 95 процентов того, что мы едим, прямо или косвенно производится на почвах.

Тяжелые металлы – это, пожалуй, одно из самых серьезных загрязнений почвы, которое грозит нам массой нежелательных, и более того, пагубных последствий. К тяжелым металлам относятся такие элементы, как свинец, медь, цинк, кадмий, никель, кобальт, ртуть и ряд других [1, 2].

Для изучения загрязнения почвы были выбраны 3 территории: первая территория район Ошский рынок, вторая территория район ТЭЦ и третья территория Южная зона г. Бишкека (в качестве контроля).

В каждой территории было получено по 8 пробных образцов (ПО). Расстояние каждой ПО $\pm 100-150$ метров.

Для определения содержания тяжелых металлов использован прибор рентгенофлуоресцентный спектрометр DELTA. Измерение проведено в 3 поверхностях.

Результаты исследований по определению степени загрязнения почв ТМ позволяют сделать заключение о том, что прослеживается тесная положительная связь между содержанием ТМ в почве и интенсивностью движения автотранспорта. Все химические показатели почвы с тяжелыми металлами приведены в таблице. В таблице по содержанию Cr, Cu во всех точках на всех трех территории превышено ПДК в 2-2,5 раз. Содержание Co во всех точках на всех трех территории превышено ПДК в 50-70 раз. В некоторых точках содержание Hg, Pb превышает ПДК в 1-1,5 раза. По содержанию Mn в территории Ошский рынок и ТЭЦ значительно превышает ПДК около 2,5-7 раз. В южной зоне города содержание Mn значительно ниже ПДК, а содержание As, Zn значительно ниже ПДК во всех территориях.

Содержание в почве Pb и Cu во всех территориях превышало ПДК, и это означает, что, попадая в почву свинец поглощается растениями, которые употребляют в пищу человек и животные, в том числе и скот, мясо которого также присутствует в нашем меню. От избытка свинца поражается центральная нервная система, головной мозг, печень и почки. Он опасен своим канцерогенным и мутагенным действием.

Высокая концентрация меди в почве становится причиной того, что замедляется рост и ухудшается плодоношение растений, что приводит в конечном итоге к резкому уменьшению урожайности. У человека происходят изменения в мозге, печени и в поджелудочной железе [3].

Результаты экспериментальных исследований показывают, что почва как компонент определенного биогеоценоза имеет огромное значение, особенно при прогнозировании и диагностике биогеоценологических патологий у животных. Поэтому, мы поставили перед собой задачи, изучить почвы определенного биогеоценоза на содержание в них тяжелых металлов. Исходя из приведенных данных, можно полагать, что количество многих макро – и микроэлементов в почве экологически неблагополучного биогеоценоза по сравнению с базовыми показателями значительно меняется, например, содержания Hg, Co, Cr, Cu, Pb и Mn

значительно меньше, чем на территории Ошского рынка и ТЭЦ. А содержание As и Zn отсутствует в южной зоне города Бишкек.

Таблица - Химические показатели почвы с тяжёлыми металлами на трех территориях в мг/г
(р-н Ошский рынок, р-н ТЭЦ, р-н Южная зона города)

Пробных образцов (ПО)	Cr	Mn	Co	Cu	Zn	As	Hg	Pb	
р-н Ошский рынок	1	230	4491	1993	116	57	0	40	76
	2	237	2698	1346	102	61	0	29	98
	3	370	4444	2621	124	79	29	25	91
	4	275	3560	2190	178	0	16	36	67
	5	128	1903	1133	86	92	10	16	59
	6	242	3093	1721	83	69	0	10	50
	7	187	2641	1130	63	45	0	18	53
	8	204	2166	1280	58	78	15	19	46
р-н ТЭЦ	1	230	4491	1993	116	57	0	40	76
	2	226	2460	1662	82	78	0	20	106
	3	194	2199	1305	70	156	0	18	92
	4	233	2454	1328	94	129	0	11	85
	5	139	1874	1125	111	112	0	28	137
	6	176	2325	1256	116	159	0	27	119
	7	215	2552	1517	102	112	15	19	74
	8	237	2393	1373	115	80	19	22	57
р-н Южная зона города	1	122	608	1163	148	0	0	9	39
	2	105	596	1171	126	0	0	9	38
	3	111	520	1792	117	0	0	9	27
	4	118	559	1429	123	0	0	11	32
	5	106	549	1922	110	0	0	10	40
	6	96	449	1864	103	0	0	5	35
	7	102	503	1596	212	0	0	13	34
	8	85	326	1984	116	0	0	9	27

Получена информация по динамике накопления ТМ в почве, в зависимости от интенсивности движения автотранспорта. С целью оздоровления окружающей среды целесообразно активизировать работы по переводу автотранспорта на экологически безопасные виды энергии, озеленению и защитному лесоразведению [4].

Список литературы

1. Радкевич В.А. Экология. /Минск, 1997. - 18с
2. Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунова Н.С. Загрязнение почвы тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв. //Воронежский Государственный Университет, 2009. - 6с
3. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях / М.: Академия, 2004. 409с.
4. <https://greenologia.ru/eko-problemy/tyazhelye-metally-pochvu.html>

Оценка жизненного состояния древостоев памятника природы «Нижне-Банновский»

Д. М. Алексеев

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия
roughhousemag@gmail.com

Ключевые слова: памятник природы, древостой, Саратовская область.

В условиях Саратовской области, преобладающая часть которой лежит в пределах степной зоны, особую значимость приобретают сведения о состоянии лесной растительности. Особо охраняемые природные территории с лесными фитоценозами, часто становятся при этом удобными объектами для мониторинга. Памятник природы «Нижне-Банновский», расположенный в Красноармейском районе, занимает треть по площади место среди всех ООПТ Саратовской области. Это один из наиболее живописных и резко расчлененных участков восточного уступа юга Приволжской возвышенности [1]. В ряде исследований, проведенных в последние годы, показано, что памятник природы «Нижне-Банновский» имеет большой природоохранный потенциал для сохранения редких видов растений, редких и эталонных растительных сообществ [2-4]. Охраняемые растения в основном представлены степными видами; редкие растительные сообщества – преимущественно эталонными лесами.

Цель данного исследования – оценка жизненного состояния древостоев некоторых лесных сообществ памятника природы «Нижне-Банновский». Оценка жизненного состояния проведена в соответствии с методическими рекомендациями В.А. Алексеева [5], характеристика лесных сообществ – в соответствии с общепринятой методикой [6].

Ниже дана краткая характеристика четырех изученных сообществ. **Дубрава злаковая** занимает выположенный участок теневого склона. Древостой сложен исключительно дубом черешчатым (*Quercus robur*). Сомкнутость крон 0,3. Травяной покров негустой, общее проективное покрытие не превышает 30 %. В числе доминирующих видов типчак (*Festuca valesiaca*), келерия тонкая (*Koeleria cristata*), мятлик узколистый (*Poa angustifolia*), тимофеевка степная (*Phleum phleoides*). **Липо-дубрава ландышевая** расположена в средней части теневого склона. В древостое доминирует дуб черешчатый, содоминант – липа мелколистная (*Tilia cordata*). В качестве незначительной примеси в древесном ярусе встречаются единичные экземпляры *Betula pendula*. Сомкнутость крон – 0,6-0,8. Ярус подростка образован в основном бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosa*). Травостой сложен типичными лесными видами, среди которых абсолютно преобладает ландыш майский (*Convallaria majalis*). Общее проективное покрытие травостоя до 70 %. **Осинник разнотравный** занимает участок с супесчаной почвой. В древостое отмечена только осина (*Populus tremula*). Подрост разреженный, сложен в основном бересклетом бородавчатым. В травяном ярусе до 20 видов растений, из которых наиболее обильны виды опушечно-лугового разнотравья. В качестве примеси встречаются коротконожка перистая (*Brachypodium pinnatum*), мятлик узколистый (*Poa angustifolia*), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*). **Липняк снытевый** занимает днище суходольной балки. В древостое преобладает липа мелколистная с незначительной примесью *Betula pendula*, *Quercus robur* и *Ulmus laevis*. Подрост представлен единичными экземплярами *Tilia cordata*. Подрост сложен в основном *Euonymus verrucosa*, *Acer tataricum*. В травостое типичные лесные виды, абсолютно преобладает *Aegopodium podagraria*, обилие *Convallaria majalis*, встречаются *Galium aparine*, *Lapsana communis* и др. Общее проективное покрытие травостоя 70-90 %.

Обобщенные сведения по жизненному состоянию древостоя изученных сообществ представлены на рисунке.

На долю здоровых деревьев приходится 67 % от общего числа учтенных экземпляров. Сильно ослабленных – 22 %. Сухостой – не более 0,3 %. Для дуба черешчатого в целом характерна невысокая жизнённость с преобладанием ослабленных экземпляров.

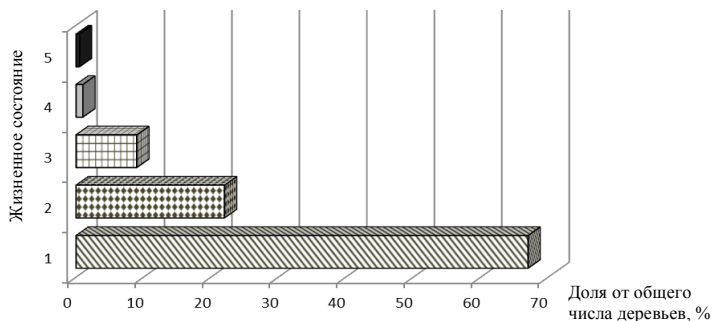


Рисунок - Обобщенные показатели жизнённости древостоя изученных сообществ (ЖС: 1 – здоровое, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее, 5 – сухой)

В дубраве злаковой, характеризующейся наиболее сухими условиями, жизнённость древостоя дуба всего 55 %. Наибольшие показатели жизнённости дуба отмечены в липодубраве ландышевой (97 %). Показатели жизнённости липы сердцелистной значительно отличаются в липняке снытевом (98 %) и липо-дубраве ландышевой (около 70 %). Соотносимая разница жизнённости отмечена в этих сообществах и для березы бородавчатой. Жизнённое состояние осины 97 %.

Дальнейший мониторинг жизнённого состояния основных лесообразующих пород и их местообитаний на территории памятника природы «Нижне-Банновский» позволит наметить наиболее перспективные пути сохранения разнообразия лесной растительности этой ООПТ.

Список литературы

1. Особо охраняемые природные территории Саратовской области. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2008. 300 с.
2. Зеленая книга Саратовской области: нуждающиеся в охране растительные сообщества // Давиденко О.Н., Невский С.А., Давиденко Т.Н., Беляченко А.А., Гребенюк С.И., Лысенко Т.М., Серова Л.А., Фомкин Ю.К., Худякова Л.П., Сулейманова Г.Ф. / Под ред. О.Н. Давиденко, А.А. Беляченко. Саратов: Амирит, 2018. 133 с.
3. Невский С.А. Растительность памятника природы «Нижне-Банновский» // Новая наука: теоретический и практический взгляд. Уфа, 2015. С. 8-10.
4. Невский С.А. Разнообразие функциональных групп ксерофитных вариантов дубрав памятника природы «Нижне-Банновский» Саратовской области // «Живые и биокосные системы». 2013. № 5; URL: <http://www.ibks.ru/archive/issue-5/article-1>.
5. Алексеев В.А. Диагностика жизнённого состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989. № 4. С. 51-57
6. Матвеев Н.М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны): учебное пособие. Самара, 2006. 311 с.

Развитие склеренхимы некоторых видов древесных растений

З. Н. Алескерова, С. А. Степанов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

aleskerova.zoya@mail.ru

Ключевые слова: фитомер, сердцевина, ксилема, мягкий луб, твердый луб.

Склеренхима, согласно существующим представлениям, относится к механическим тканям, клетки которой в зрелом состоянии нередко лишены протопласта [1, 2]. Однако по мере расширения исследований генезиса клеток склеренхимы, методов окрашивания, определены и другие возможные функции склеренхимы: 1) регуляция водного обмена; 2) участие в синтезе некоторых веществ; 3) оптические световоды; 4) генерация и проведения потенциалов действия [3, 4]. В настоящее время интерес к особенностям организации и физиологии склеренхимы, для которой характерен ярко выраженный полиморфизм клеток, существенно возрос, что связано с наличием хорошо развитой клеточной стенки, где помимо целлюлозы, гликанов, разнообразных веществ вторичного обмена, присутствует множество разнообразных белков. Отмечено, что клетки склеренхимы удобно рассматривать в качестве модельной системы, позволяющей расширить наши представления о структурно-функциональной организации и динамике клеточной стенки растительных клеток [5].

Объектом исследования являлись 26 видов растений: *Ginkgo biloba*, *Larix decidua*, *Picea pungens*, *Acer negundo*, *Aronia melanocarpa*, *Berberis vulgaris*, *Betula alba*, *Crataegus laevigata*, *Euonymus fortunei*, *Fraxinus excelsior*, *Lycium barbarum*, *Morus nigra*, *Populus nigra*, *Prunus armeniaca*, *Prunus cerasus*, *Pyrus communis*, *Quercus robur*, *Ribes nigrum*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix babylonica*, *Sorbus aucuparia*, *Syringa vulgaris*, *Tilia platyphyllos*, *Ulmus parvifolia*, *Viburnum opulus*, *Vitis vinifera* [6]. Анатомирование стебля однолетних побегов проводили на поперечных срезах с последующей оценкой представительства различных тканей с помощью камеры Touptek Photonics FMA 050 и микроскопа БИОМЕД - 6.

Как показали наши исследования, изученные виды растений различались по числу фитомеров однолетних побегов (от 4-х до 84-х) и степени их развития, в частности по длине и диаметру стебля, доле представительства разных тканей: паренхимы сердцевинной, ксилемы, флоэмы (мягкого и твердого луба), коры (рис.). По числу фитомеров побега виды древесных растений можно разделить на несколько групп, в пределах каждой из которых наблюдалась различная тенденция в изменении длины стебля фитомеров побега в базипетальном направлении, что свидетельствует об относительной автономности фитомеров побега в процессе морфогенеза. По степени активности камбия виды можно разделить на две основные группы: 1) с незначительной инициацией камбием клеток ксилемы и флоэмы, о чем свидетельствует меньшее возрастание диаметра стебля от верхушки однолетнего побега к месту примыкания побега второго года; 2) с активной

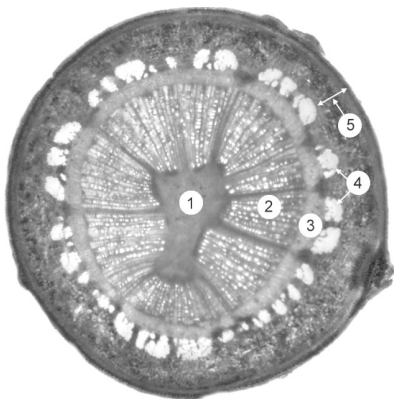


Рисунок - Поперечный срез стебля 5-го от

апекса фитомера побега *Betula alba* L.

1 – сердцевина; 2 – ксилема; 3 – мягкий луб;

4 – твердый луб; 5 - кора. Увеличение x20.

работой камбия по инициации клеток ксилемы и флоэмы. Большинство исследованных видов относилось по этому признаку к первой группе.

В стебле древесных растений склеренхима представлена волокнами ксилемы и твердым лубом флоэмы. У исследованных нами видов в твердом лубе наблюдались два типа клеток – волокна и склереиды. Склереиды, как правило, располагаются между волокнами склеренхимы, образующими группы клеток по периметру стебля (рис.). На поперечном срезе стебля изученных нами видов установлено различие по степени развития слоёв клеточной стенки волокон твёрдого луба. К волокнам и склереидам примыкают клетки кристаллоносной паренхимы. Выявлено, что некоторые виды растений характеризуются большим числом склереид в твердом лубе. Отмечено различие в морфологии склереид у каждого из исследованных видов. Особенно специфичны в этом плане были склереиды *Ginkgo biloba*, *Larix decidua*, *Picea pungens*.

Установлено, что в стебле каждого из фитомеров побега доля твёрдого луба у древесных растений варьирует от 1-2 до 10-18 процентов. В частности, в стебле *Betula alba* доля твёрдого луба составляла от 5,2 (7 –ой фитомер) до 11,4 (3-ий фитомер) процентов (табл.). У большинства исследованных видов при этом наблюдалось уменьшение доли сердцевины и коры с последовательным увеличением доли мягкого луба и ксилемы.

Таблица - Развитие тканей стебля *Betula alba* L., %

Номер фитомера	Кора	Твердый луб	Мягкий луб	Ксилема	Сердцевина	Число пучков волокон склеренхимы, шт.
1	55,3	8,8	12,9	13,5	9,5	24
2	46,9	10,4	13,8	22,1	6,8	26
3	44,6	11,4	14,6	22,6	6,8	26
4	43,1	9,3	15,9	26,5	5,2	26
5	38,7	9,1	16,3	30,7	5,2	39
6	36,6	7,5	17,3	33,8	4,8	32
7	16,2	5,2	29,2	45,7	3,7	34

Для большинства исследованных нами видов возрастание доли ксилемы в стебле фитомеров побега сопровождалось уменьшением доли твердого луба, что косвенно свидетельствует, что, кроме механической функции, клеткам склеренхимы свойственны ещё какие-то дополнительные функции. Ранее, на основании особенностей развития клеток склеренхимы – флоэмных волокон и склереид *Populus nervirubens* L., было высказано предположение об информационном значении этих клеток в процессе жизнедеятельности растений [4]. Наличие специфичности в развитии волокон и склереид твёрдого луба изученных нами видов позволяет говорить о перспективности дальнейших исследований генезиса и полиморфизма клеток склеренхимы древесных растений с целью выяснения её роли в жизнедеятельности растений.

Список литературы

1. Эсау К. Анатомия растений. М.: Мир, 1969. 564 с.
2. Эверт Р.Ф. Анатомия растений Эсау. Меристемы, клетки и ткани растений: строение, функции и развитие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 600 с.
3. Степанов С.А. Нервная система растений: гипотезы и факты // Бюллетень Бот. сада Саратовского гос. ун-та. Том 15. Вып.4. Саратов, 2017. С.31 - 56.
4. Степанов С.А. Склеренхима *Populus nervirubens* Alb.: полиморфизм клеток // Бюллетень Бот. сада Саратовского гос. ун-та. Том 16. №2. Саратов, 2018. С.39 - 65.
5. Горшкова Т.А. Растительная клеточная стенка как динамичная система. М.: Наука, 2007. 426 с.
6. Сергиевская Е.В. Систематика высших растений. Практический курс. СПб.: Издательство «Лань», 1998. 448 с.

Рыбоводно-биологические показатели приподращивании личинки сома обыкновенного (*Silurus glanis L.*) с использованием искусственных и живых кормов

Я. В. Александров, В. В. Кияшко, З. И. Легкодимова, В. П. Масликов, Г. В. Сильникова
Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО»)

Саратов, Россия

РАР1-0214@yandex.ru

Ключевые слова: личинки, живые корма, комбинированное кормление.

Научно-хозяйственные опыты проводили на базе Саратовского экспериментального участка Саратовского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО»), расположенного в IV зоне рыбоводства.

Объектом исследований служили личинки и молодь европейского сома (*Silurus glanis L.*). Рост рыб (весовой) изучали с использованием методов, общепринятых в ихтиологии и рыбоводстве [1, 2].

По данным белорусских исследователей внесение различных кормов в разной степени позволяет повысить выход личинки после выдерживания [3].

Для проведения исследований по кормлению личинки европейского сома были сформированы 3 опытные группы: контрольная (кормление только живым кормом), опытная 1 (кормление только стартовым комбикормом) и опытная 2 (комбинированный тип кормления).

Цель работы: совершенствование технологии полуживотного способа воспроизводства европейского сома с применением стартовых комбикормов.

Научно-хозяйственный опыт по подращиванию личинок с использованием различных типов кормления проводили в рыбоводных емкостях марки ЛПЛ, размером 4,2x0,7x0,6 м, с проточностью 7-8 л/мин. За день до начала подращивания все лотки обрабатывались 10 %-ным раствором поваренной соли.

В каждый лоток было посажено по 17000 экз., средней массы 10 мг, плотность посадки составила около 5782 экз./м².

Переход эмбрионов на смешанное питание отмечался на 7 сутки после оплодотворения икры при суточных колебаниях температуры воды от 21 до 23°C, отход на данном этапе составил 10 %.

За двое суток до полной резорбции желточного мешка у личинки для выработки условного рефлекса на внесение кормов во все лотки начали добавлять живые корма, а в опытные лотки дополнительно добавляли стартовый комбикорм. В качестве живого корма для подращивания личинок сома использовали науплии *A. salina* и ветвистоусых рачков выловленных из прудов.

На третий день кормления рацион всех опытных групп был изменен и состоял в 1-опытной 100 % стартовый комбикорм; 2-опытной из 50 % живого корма и 50 % стартового комбикорма, а в контрольной группе до конца периода подращивания 100 % живого корма.

Корма задавались 10 раз в сутки, 8 раз в светлое время (каждые 2 часа) и 2 раза в период покоя.

Каждые 2 дня подращивания проводили контрольные взвешивания личинок сома всех групп. Контрольные взвешивания проводились для корректировки необходимого суточного рациона, определения темпа роста личинок.

В конце исследования количество выживших особей составило: в контрольной группе - 11900 экз., в 1-опытной - 12580 экз., а в 2 - опытной - 13260 экз., выход личинок составил 70, 74 и 78 % соответственно.

Расход корма и затраты его на прирост массы тела личинок приведены в таблице.

Таблица - Расход кормов за период подращивания

Группа	Количество корма за период подращивания, г		Общие затраты корма за период подращивания, г	Общий прирост массы личинки за период подращивания, г	Кормовой коэффициент
	Живой корм	Стартовый корм			
Контрольная	935,7	-	935,7	353,6	2,6
1-опытная	-	638,5	638,5	509,3	1,25
2-опытная	533,3	424,4	957,7	678,6	1,41

Таким образом, наилучшие результаты по общему приросту массы, а также выживаемости были получены при комбинированном типе кормления.

Список литературы

1. Котляр О. А. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиология). М.: Дмитровский фил. "АГТУ", 2013. 222 с.
2. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб – М.: Пищевая промышленность, 1966. 320 с.
3. Усов М.М. Применение раннего внесения кормов в емкости с предличинкой хищных рыб // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2012. № 15(1). С. 250-257.

Воздействие субмикронных частиц ватерита, содержащих наночастицы магнетита, при введении в кровеносную систему мыши

Р. А. Анисимов, П. А. Дёмина, О. И. Гусякова, Н. А. Шушунова, Д. В. Воронин, М. В. Ломова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

zayza@inbox.ru

Ключевые слова: ватерит, наночастицы, магнетит.

Одними из важных задач, связанных с развитием биофизики, медицины и фармакологии является разработка новых протоколов лечения и паллиативной медицины, повышение эффективности диагностики и мониторинга различных заболеваний. Среди всех объектов тераностики, которые бы позволяли решать эти задачи, наиболее перспективными являются микро и наноматериалы, при помощи которых можно создавать системы адресной доставки. Особый интерес представляют частицы ватерита – одной из природных полиморфных модификаций карбоната кальция (CaCO_3). Благодаря своей пористой структуре, они могут использоваться как контейнеры для инкапсуляции различных наночастиц. Вариабельность протоколов синтеза ватерита позволяет варьировать их размер от нескольких микрон до сотен нанометров.

Целью данной работы являлось исследование воздействия на организм мыши субмикронных частиц ватерита, содержащих наночастицы магнетита и флуоресцентный краситель Цианин 7 *in vivo*.

Наночастицы магнетита были получены путём химического осаждения двух и трёхвалентных солей железа [1]. Инкапсулирование наночастиц магнетита происходила посредством заморозки и оттаивания их суспензии в присутствии субмикронных частиц ватерита [1]. Системы ядро-оболочка были получены посредством последовательной адсорбции белка, меченного красителем Цианин 7 и таниновой кислоты [2].

В хвостовую вену вводили 100 мкл суспензии субмикронных частиц ватерита (1 мкг), содержащих наночастицы магнетита и белок, окрашенный Цианином 7 в физрастворе. При помощи автоматического гемоанализатора URIT-3020 были получены анализы венозной крови мыши, до и через 15 минут после введения субмикронных частиц ватерита. Основные параметры приведены в таблице.

Таблица - Изменение показателей крови, измеренных на гемоанализаторе, до и после введения носителей

Параметры	Относительное изменение показателя до и после инъекции и средняя погрешность измерения, %
Лейкоциты, 10^9 клеток/л	178,6 ± 2
Процент лимфоцитов, %	103,6 ± 2
Процент моноцитов, %	100,9 ± 2
Процент гранулоцитов, %	98,7 ± 2
Эритроциты, 10^{12} клеток/л	117,5 ± 1,5
Гемоглобин, г/л	120,3 ± 1,5
Гематокрит, %	115,8 ± 1,5
Тромбоциты, 10^9 клеток/л	95,7 ± 4
Относительный объём тромбоцитов, %	93 ± 4

Видно, что после введения резко возрастают показатели лейкоцитов, эритроцитов. Немного возрастает показатель гемоглобина. Показатели тромбоцитов снизились. Повышение уровня лейкоцитов не является экстремальным, и может свидетельствовать о возникновении незначительного воспалительного процесса в ответ на введение носителей. Увеличение

показателей гемоглобина, что неминуемо ведёт к увеличению гематокрита, характеризуется рядом причин от психологического стресса до обезвоживания, связанного с тем, что часть крови заменяется твёрдым носителем. Стоит отметить, что не происходит рост тромбоцитов, что говорит о том, что введение магнитных носителей не приводит к тромбозу. Данные исследования являются первичными, и требуют дополнительных исследований во времени.

Для проведения экспериментов *in vivo* в отводящую артерию молочной железы были инжескированы носители (100 мкл физиологического раствора содержали 3 мкг носителей). На рисунке показаны флуоресцентные изображения мышей до введения частиц и спустя 15 минут после артериального введения носителей в отводящую артерию молочной железы, полученные с помощью биолуминографа IVIS Spectrum CT (PerkinElmer, Великобритания).

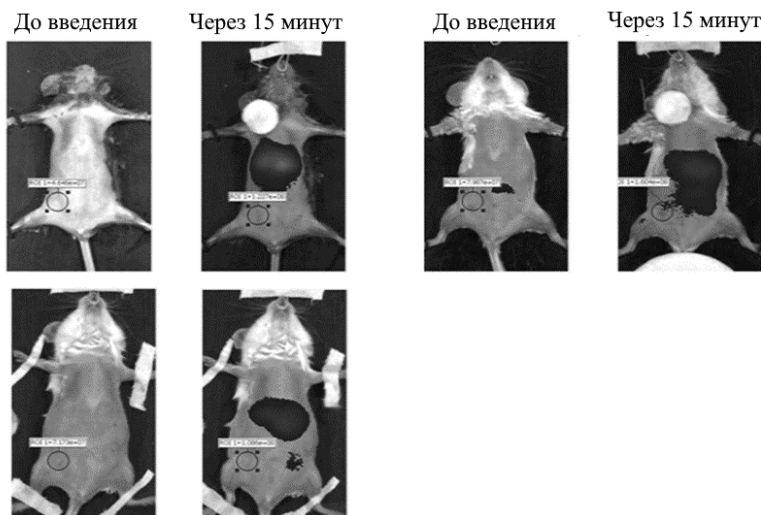


Рисунок - флуоресцентные изображения мышей до введения субмикронных носителей, содержащих наночастицы магнетита, до введения и спустя 15 минут

Исходя из рисунка можно сказать, что под действием магнитного поля частицы локализуются в молочной железе мыши. Однако стоит отметить, что это эффективность локализации не очень высока. Повысить эффективность локализации частиц возможно с помощью магнитных концентраторов или сфокусированного магнитного поля. В дальнейшем возможно внешнее воздействие на эти локализованные области с целью нагрева частиц и стимулирования процесса гипертермии. Это можно использовать как точечный метод борьбы с различными опухолями.

Список литературы

1. Highly-magnetic mineral protein–tannin vehicles with anti-breast cancer activity / Дёмина П.А. [и др.] Materials Chemistry Frontiers. 2021. №5. 2007-2018 с.
2. Endovascular addressing improves the effectiveness of magnetic targeting of drug carrier. Comparison with the conventional administration method / Майорова О.А. [и др.] Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine. 2020. Vol. 28.

Влияние антропогенных факторов на растительные сообщества ООПТ Аткарского района Саратовской области

А. А. Апарина, О. В. Абросимова

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина
Саратов, Россия
anastasiya.aparina.00@mail.ru

Ключевые слова: особо охраняемая территория, растительные сообщества, антропогенное воздействие.

Заказник «Затон» - памятник природы, представляющий собой пойменный ландшафт долины р. Медведицы. Был создан 15 июля 1982 года. Текущий статус ООПТ – действующий. На отдельных участках памятник природы, из-за особенностей пойменного режима, лишь незначительно затронут хозяйственной деятельностью. Это сохранило пойму почти в нетронутом естественном виде, что имеет большое научное значение. Типичными формами рельефа в пределах памятника природы являются различных размеров и конфигурации замкнутые впадины глубиной до нескольких метров (старицы) и линейные водотоки (ерики), соединяющие основное русло и старичные озера. Здесь можно встретить растения, занесенные в Красную книгу. Участки «Затона» богаты разнотравными и ковыльными степями.

Даже незначительное антропогенное влияние человека может пошатнуть данную систему и видоизменить её, сделать менее разнообразной. Поэтому необходимо вести мониторинг степени антропогенной нагрузки на фитоценозы и вовремя предпринимать меры по ее снижению. Таким образом, целью настоящего исследования является изучение и оценка антропогенного воздействия на растительные сообщества некоторых территорий заказника «Затон» Аткарского района.

Для достижения цели были поставлены такие задачи, как проведение видового анализа флоры; оценка степени проективного покрытия; определение степени влияния антропогенной нагрузки на посещенные рекреационные зоны.

Объектами исследования являются травянистые сообщества в черте города Аткарска - заказнике «Затон» (площадки №1 и №2). Были взяты 2 контрастных участка: первый является степной, второй - лесной ассоциацией. Первый участок расположен на открытой местности, второй - в чаще леса. Общее проективное покрытие определялось по методике В.В. Неронова [1] при помощи сетки Раменского. Для определения флористического состава выбранных участков были заложены пробные площадки в виде квадрата со сторонами равными 10 м. После определения границ площадок были определены все виды растений, расположенные на площадках.

Результаты исследования видового состава на проективных площадках заказника Аткарского района представлены в таблице [2]. Площадка 1 (злаково-разнотравная степная ассоциация) расположена в 2-3 метрах от экологической тропы. Площадка 2 (лесная ассоциация) расположена в 60 м от экологической тропы, антропогенное воздействие минимально. При сравнении видового состава двух площадок, находившихся на территории заказника отмечено наличие связи уменьшения разнообразия видового состава с влиянием антропогенных факторов. На участке №2 отмечается большее разнообразие видового состава по сравнению с видовым составом участка №1, непосредственно приближенному к экологической тропе.

Наибольшие показатели общего проективного покрытия видов на площадке были отмечены на участке №2, расположенном в 60 метрах от экологической тропы - от 89 до 98 %. На площадке №1 вблизи экологической тропы представлены степные виды растений (пырей ползучий, горец вьюнковый, цикорий обыкновенный, клевер луговой, злаковые и т.д.), для подобных сообществ характерен высокий процент проективного покрытия. Процент проективного покрытия мог бы быть выше, если бы не антропогенное воздействие человека. На площадке №2 представлены лесные виды растений, для подобных сообществ характерен высокий процент проективного покрытия (70-90 %).

Таблица - Видовой состав растительных сообществ на исследованных площадках

Вид	№1	№2
Травянистые формы		
Вейник наземный (<i>Calamagrostis epigéjos</i>)	+	+
Горец вьюнковый (<i>Fallópa convólulus</i>)	-	+
Гравилат городской (<i>Géum urbánum</i>)	-	+
Клевер луговой (<i>Trifolium praténse</i>)	+	-
Кострец береговой (<i>Bromopsis riparia (Rehmann) Holub</i>)	+	+
Крапива двудомная (<i>Urtica dióica</i>)	-	+
Конопля посевная (<i>Cánnabis satíva</i>)	-	+
Латук компасный (<i>Lactíca serriola</i>)	-	+
Лопух малый (<i>Arctium mínus</i>)	+	+
Марь белая (<i>Chenopódium álbum</i>)	+	-
Мятлик луговой (<i>Poa praténsis</i>)	+	-
Одуванчик лекарственный (<i>Taráxacum officínale</i>)	+	+
Перловник трансильванский (<i>Phalaroides arundínacea</i>)	-	+
Плевел многолетний (<i>Lolium perenne</i>)	-	+
Подорожник (<i>Plantágo</i>)	+	+
Полынь обыкновенная (<i>Artemisia vulgáris</i>)	+	+
Постушь сумка обыкновенная (<i>Capsélla búrsa-pastóris</i>)	+	+
Пырей ползучий (<i>Elytrígia répens</i>)	+	+
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achilléa millefólium</i>)	+	+
Циклахена дурнишниковидная (<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>)	+	+
Цикорий обыкновенный (<i>Cichórium íntybus</i>)	+	-
Число видов:	15	18
Древесные формы		
Берёза повислая (<i>Bétula péndula</i>)	-	+
Ива пятиччинковая (<i>Sálix pentándra</i>)	-	+
Тополь дрожащий (<i>Ppulus trémula</i>)	-	+
Итого:	0	3

Результаты анализа видового состава на проективных площадках позволяют отметить увеличение видового разнообразия сообществ при отдалении от экологической тропы. Это демонстрирует негативное влияние непосредственной близости антропогенных факторов на видовой состав природных растительных сообществ. Особенности ландшафта и освещенности оказывают непосредственное влияние на флористический состав изучаемых площадок.

Таким образом, анализ растительного покрова под влиянием рекреационных (антропогенных) факторов на данной территории показал, что избежать негативного воздействия человека на фитоценозы, проявляющегося в упрощении флористического состава (уменьшении видового разнообразия сообществ), невозможно, но следует минимализировать это воздействие.

Список литературы

1. Неронов В.В. Полевая практика по геоботанике / В.В. Неронов // Биология. – 2003, № 27-28, 31- 21 с.
2. Определитель дикорастущих растений [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://www.tursar.ru/page.php?map=31> (09.10.2020)
3. Растения Аткарского района [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://domorost.ru/maps/country/rossiya/region/saratovskaya-oblast/district/atkarskij-rajon/type/related> (09.10.2020)

**Ассоциация *Phaseolus vulgaris* с эндофитными бактериями
Herbaspirillum lusitanum P6-12**

А. Р. Багавова¹, Н. С. Величко², Ю. П. Федоненко^{1,2}

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия
99bagavova@gmail.com

Ключевые слова: *Herbaspirillum lusitanum* P6-12, эндофитные бактерии, GFP, *Phaseolus vulgaris*.

Развитие партнерских отношений между растениями и микроорганизмами подвергается тщательному изучению не только для установления фундаментальных основ поведения бактерий в сложных системах, но и с точки зрения возможного их практического применения в сельском хозяйстве. В искусственных симбиотических системах, где большую роль играет колонизация корней растений, необходима визуализация взаимодействия бактерий с корнями. В связи с этим, возникает ряд методических проблем, решение которых, открывает новые возможности для изучения взаимодействия микросимбионтов с растениями. К числу подобных задач можно отнести необходимость флуоресцентного маркирования штаммов посредством клонирования соответствующих генов, обеспечивающих витальную экспрессию флуорофоров.

Herbaspirillum spp. граммотрицательные β -Proteobacteria широко населяющие биосферу как в свободноживущем состоянии, так и в симбиозе с экономически значимыми сельскохозяйственными культурами [1, 2]. *Herbaspirillum lusitanum* P6-12 один из двух представителей рода гербаспирилл, обнаруженных в клубеньках бобовых. Анализ генома *H. lusitanum* P6-12 показал отсутствие *nif* и *nod* генов и наличие *nodD*-like генов. Weiss с соавторами [3] высказали предположение, что данный вид является условно-патогенной бактерией, способной колонизировать не только клубеньки, но и другие ткани растений.

Цель работы состоит в изучении особенностей процесса колонизации корней *Phaseolus vulgaris* культурой *H. lusitanum* P6-12.

Для реализации цели применяли метод прижизненного флуоресцентного маркирования бактерий *H. lusitanum* штамма P6-12, который дает возможность исследовать *in vivo* бактериальные клетки в ходе взаимодействия с растениями, оценивать их выживаемость и конкурентоспособность.

Процесс колонизации *P. vulgaris* культурой *H. lusitanum* P6-12 отслеживали во времени. Перед проращиванием семена подвергали поверхностной стерилизации: обрабатывали 2 % -ным раствором гипохлорита натрия в течение 20 мин, 70 %-ным этанолом в течение 5 мин, затем семикратно промывали стерильной дистиллированной водой. Стерилизованные семена помещали в чашки Петри на плотную агаризованную малатную среду и выращивали при 25 °С в темноте в течение 48-72 часов.

Проросшие семена инокулировали GFP-меченой культурой *H. lusitanum* P6-12, помещали в высокие пробирки с жидкой средой для растений с добавлением гентамицина (10 мкг/мл). В качестве контроля использовали не инокулированные семена фасоли.

Корни фасоли анализировали спустя 1, 2, 3, 5 и 7 сутки после инокуляции. Препараты подготавливали следующим образом: стерильными ножницами срезали по три корня от каждого образца и помещали их на предметные стекла, заливали корни фосфатным буфером (ФБ) с добавлением 50 % глицерина и накрывали покровными стеклами. Изучение динамики колонизации тканей и поверхности корня растения трансформированным штаммом осуществляли на инвертированном флуоресцентном микроскопе Leica DM13000B, оборудованном камерой Leica 420D CCD (Leica Microsystems, Германия). В результате исследования выявили, что штамм *H. lusitanum* P6-12 проникает в корни фасоли и активно заселяет их.

Список литературы

1. Emended description of *Herbaspirillum*; inclusion of [*Pseudomonas*] *rubrisubalbicans*, a milk plant pathogen, as *Herbaspirillum rubrisubalbicans* comb.nov.; and classification of a group of clinical isolates (EF group 1) as *Herbaspirillum* species 3 / J. I. Baldani [et al.] // Int J Syst Bacteriol. – 1996. – V. 46. – P. 802-810.
2. *Herbaspirillum*, an endophytic diazotroph colonizing vascular tissue in the leaves of *Sorghum bicolor* / E. K. James [et al.] // J. Exp. Bot. – 1997. – V. 48. – P. 785-798.
3. Draft genome sequence of *Herbaspirillum lusitanum* P6-12, an endophyte isolated from root nodules of *Phaseolus vulgaris* / V. A. Weiss [et al.] // J Bacteriol. – 2012. – V. 194, № 15. – P. 4136-4137.

***Bacillus velezensis* - перспективный агент в борьбе с возбудителями болезней растений**Д. Л. Басалаева¹, С. С. Евстигнеева², Е. В. Глинская¹, М. И. Никельшпарг³¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН³Гимназия № 3

Саратов, Россия

dbasalaewa@yandex.ru

Ключевые слова: *Bacillus velezensis*, антагонистическая активность, фитопатогенные грибы.

Все чаще в последние годы отрасль сельского хозяйства сталкивается с проблемой нехватки биологически безопасных аналогов пестицидов синтетического происхождения, которые не наносят вред окружающей среде и живым организмам [1]. Главным источником болезней растений являются фитопатогенные грибы, которые вызывают множественные поражения различных частей растений, что может привести к уничтожению всего урожая [2]. Многие виды фитопатогенных грибов являются космополитными видами, широко распространенными по всему земному шару. Они выделяются из почвы, воды, воздуха, частей растений и животных [3].

Биологическая защита растений на современном этапе включает использование веществ биологического происхождения и применение биопрепаратов, полученных с использованием живых культур микроорганизмов. При этом применение биопрепаратов может преследовать различные цели: защиту растений и урожая от фитопатогенов, стимуляцию прорастания семян и роста растений, улучшение питания растений, получение компостов, супрессирующих возбудителей корневых гнилей растений и т.д. [4].

В настоящее время ведется активный поиск и изучение новых штаммов бактерий рода *Bacillus*, антагонистически активных в отношении патогенных грибов. В связи с этим целью исследования было изучение антимикотических свойств бактерий *Bacillus velezensis* 13 по отношению к ряду тест-культур фитопатогенных грибов.

В работе был использован штамм *B. velezensis* 13, выделенный с поверхности листьев ястребинки могучей *Hieracium robustum* Fr. s. L., 1848 [5]. В качестве тест-культур для определения антагонистической активности исследуемого штамма использовали грибы *Aspergillus tubingensis*, *Fusarium tricinctum*, *Fusarium equiseti*, *Trichoderma harzianum*, *Phoma fungicola*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger*, *Absidia corymbifera*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum* и *Rhizopus* sp. (коллекция кафедры микробиологии и физиологии растений биологического факультета СГУ, г. Саратов).

Оценка антагонистических свойств бактерий *B. velezensis* 13 проводилась методом агаровых блоков (табл.).

Таблица - Антагонистическая активность штамма *B. velezensis* 13 по отношению к тест-культурам фитопатогенных грибов

Тест-культуры грибов	d зоны подавления, мм	Тест-культуры грибов	d зоны подавления, мм
<i>Aspergillus tubingensis</i>	25,0±5,7	<i>Fusarium tricinctum</i>	0
<i>Aspergillus flavus</i>	29,1±4,6	<i>Phoma fungicola</i>	21,7±3,3
<i>Aspergillus niger</i>	18,2±2,8	<i>Rhizopus</i> sp.	15,8±2,2
<i>Absidia corymbifera</i>	25,9±3,9	<i>Trichoderma harzianum</i>	36,7±3,4
<i>Fusarium equiseti</i>	18,3±3,3	<i>Penicillium chrysogenum</i>	13,5±0,8
<i>Fusarium oxysporum</i>	32,1±5,5		

Бактерии *B. velezensis* 13 подавляли рост грибов *Aspergillus tubingensis*, *Aspergillus flavus*, *Absidia corymbifera*, *Aspergillus niger*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma fungicola*, *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus* sp. и *Trichoderma harzianum*. Подавление роста грибной культуры *F. tricinctum* исследуемым штаммом не наблюдалось. Наибольшие зоны подавления

роста тест-культур исследуемым штаммом *B. velezensis* 13 были отмечены по отношению к культурам *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus flavus* и *Fusarium oxysporum*.

Исследуемый штамм, ввиду ярко выраженных антагонистических свойств в отношении различных возбудителей болезней растений, может быть полезен при разработке и создании высокоэффективных биопестицидов для внедрения в систему растениеводства, сельского хозяйства и различные отрасли промышленности, что важно для решения проблем здорового питания населения.

Список литературы

1. Леяк, А. А. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacilus* spp. в отношении возбудителей болезней животных и растений / А. А. Леяк, М. В. Штерншис // Вестник Томского университета. 2014. № 1(25). С. 42-55.
2. Биологические особенности эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* как перспективной основы новых биопрепаратов / Р. М. Хайруллин [и др.] // Аграрная Россия. 2011. № 1. С. 49-53.
3. Сафаров, А. А. Инвазивные виды, вызывающие болезни растений / А. А. Сафаров, Б. А. Хасанов // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 5. С. 179-186.
4. Боронин, А. М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений / А.М. Боронин // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 10. С. 25-31.
5. Басалаева Д.Л. [и др.]. Антагонистические свойства бактерий *Bacillus velezensis* // Живые системы-2019. Саратов. 2019. С. 171-173.

Анализ морфологической изменчивости и состояния популяций *Delphinium pubiflorum* (Ranunculaceae) на территории Саратовской области

*А. В. Богослов, А. С. Кашин, И. В. Шилова,
А. С. Пархоменко, Л. В. Гребенюк, М. В. Лаврентьев*
Саратовский национальный исследовательский
университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
e-mail: dandelioncave@mail.ru

Ключевые слова: *Delphinium pubiflorum*, мониторинг, морфометрия.

Delphinium pubiflorum (DC.) Turcz. – редкий эндемичный вид. Занесён в Красную книгу Саратовской области (2021). Исследовано три популяции вида, произрастающие в Красноармейском (Кrm), Татищевском (Tat), Хвалынском (Hvl) р-нах Саратовской обл. В 2017–2020 гг. изучена морфологическая изменчивость по 26 количественным признакам, измеряемым в период массового цветения растений. Данное исследование особенно актуально в связи с тем, что изучаемый вид был добавлен в издание Красной книги Саратовской обл. последней ревизии. Полученные результаты могут быть использованы для оценки состояния популяций вида на территории области.

Анализ описательных статистик показал, что популяции в целом сходны – доверительные интервалы морфологических признаков перекрываются между собой. Максимальными размерными показателями листовой пластинки и соцветия выделяется популяция Tat. Интересно, что несмотря на наиболее длинные, в среднем, генеративные побеги (и, соответственно, наиболее длинные и тонкие первые от земли междоузлия) у особой популяции Кrm, длина соцветий у них уступает таковой в популяции Tat и немного превышает таковую в популяции Hvl. При этом число цветков в соцветии, а также количество листьев на генеративном побеге у популяции Кrm, в среднем, являются минимальным среди исследованных популяций.

Непараметрический дисперсионный анализ по всем измеренным количественным параметрам показал, что имеются различия между популяциями практически по всем признакам. Исключения составили: длина паракладия первого порядка, ширина чашелистика и шпорца.

Факторный анализ, выполненный по 17 признакам, отвечающим принципам нормального распределения, выявил, что максимальные по модулю значения факторной нагрузки (0,60–0,80) по первой компоненте имеют: диаметр стебля (0,64), длина соцветия (0,60) и число цветков (0,75) в нём, длина (0,83) и ширина (0,72) листовой пластины, длина центрального сегмента средней лопасти (0,69), ширина черешка (0,63). По второй компоненте максимальные нагрузки (0,60–0,70) имеют: длина (0,70) и ширина (0,60) прицветника. Суммарный объём объяснённой дисперсии по двум компонентам составил 42,23 %. Очевидно, что определяющими, в большей степени связанными с другими признаками, для структурной формы растений *D. pubiflorum*, являются показатели листовой пластины и генеративной сферы (в особенности числа цветков в соцветии).

Ординация методом главных компонент (рис.) демонстрирует что большая часть особей наиболее южной популяции Кrm приурочена к левой стороне области ординации. Особи наиболее северной популяции Hvl занимают промежуточное (срединное) положение области ординации, равномерно перемешиваясь с особями других популяций. Большая часть особей популяции Tat занимают правую часть области ординации. Более значительный разброс точек рассеяния, соответствующих особям популяции Кrm в пространстве главных компонент указывает на более широкую амплитуду морфологической изменчивости особей данной популяции и существенное варьирование диапазона изменчивости признаков по годам.

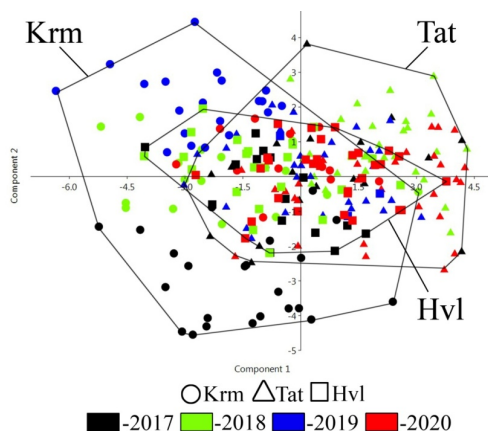


Рисунок - Ординация методом главных компонент точек, отвечающих особям трёх популяций *D. Pubiflorum* из Саратовской обл., в различные годы наблюдения

Диаграммы размаха по девяти морфологическим показателям, выделенным по большим значениям факторных нагрузок, также наглядно демонстрируют, что во всех случаях среднее значение признака было больше в популяции Tat. В большинстве случаев минимальными значениями среднего арифметического характеризуется популяция Krm. Средние значения признаков популяции Hvl были либо близкими к таковым у популяции Krm, либо занимали срединное между соответствующими значениями популяций Tat и Krm, либо близкое к популяции Tat положение.

Дискриминантный анализ по 17 признакам, отвечающим принципам нормального распределения, был проведён с целью установления значений расстояний Махаланобиса, а также точности отнесения особей к тем или иным популяциям. Согласно значениям расстояний Махаланобиса, наименее сходны между собой северная и южная популяции Hvl и Krm (12,36). Популяции Krm и Tat также имеют достаточно высокую степень различия (11,06). Наиболее похожи популяции Tat и Hvl (6,03). Общий процент правильности отнесения особей к той или иной популяции составил 91 %. График канонического дискриминантного анализа ещё более наглядно, чем ординация методом главных компонент, демонстрирует, что при определённой близости нахождения точек друг к другу (и частичному их перемешиванию), наблюдается и обособление имеющихся популяционных выборок относительно области ординации, образованной дискриминантными функциями. Это также указывает на различие морфологического состояния особей разных популяций.

Таким образом, наибольшее отличие по количественным характеристикам показали популяции Krm и Tat. Отличия популяций в основном связаны с общими размерами листьев и количественными показателями осевой структуры, в частности длины генеративного побега, а также генеративной сферы – длины соцветия и количеством цветков. При визуальной оценке состояния популяций в полевых условиях также было очевидным лучшее состояние растений именно в популяции из Татищевского р-на, а наихудшее – в популяции Krm, причём в последней - как по общему состоянию растений, так и по их количеству. Данная популяция требует в дальнейшем наиболее пристального внимания и особого статуса охраны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–34–90001.

Список литературы

Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Папирус, 2021. 496 с.

Квантовые точки CuInS_2 как фотоактивные агенты при антимикробном воздействии

В. В. Винник, Е. С. Тучина

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
ler.vinnick2012@yandex.ru

Ключевые слова: квантовые точки CIS, антибактериальная фотодинамическая терапия.

Растущая резистентность к антибиотикам в последние годы и появление бактерий с множественной лекарственной устойчивостью вызывает все больше опасений среди ученых. Все больше внимания уделяется разработке альтернативных методов борьбы возбудителями бактериальных инфекций, одним из которых может стать фотодинамическое воздействие (ФДВ) [1].

В последнее десятилетие в качестве фотосенсибилизаторов для ФДВ начали применять различные наночастицы, что улучшает свойства терапии и увеличивает спектр применения метода [2]. Особенное внимание стоит уделить недавно появившемуся новому виду наночастиц – квантовым точкам.

Квантовые точки – это очень маленькие полупроводниковые кристаллы размером порядка 1 нм, содержащие от 10^2 до 10^3 атомов [3]. Они обладают уникальными электронными свойствами, промежуточными между свойствами объемных полупроводников и дискретных молекул, которые объясняются высоким отношением поверхности частиц к их объему [4]. Квантовые точки могут служить донором энергии для классических фотосенсибилизаторов через флуоресцентный резонансный перенос энергии, а также способны напрямую взаимодействовать с кислородом через механизмы передачи энергии [5], что делает их потенциально перспективными агентами при ФДВ.

Цель нашего исследования заключалась в оценке эффективности использования квантовых точек CuInS_2 при антимикробном фотодинамическом воздействии.

В нашем исследовании, мы использовали квантовые точки $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ (соотношение Cu/In 1/20), синтезированные сотрудниками кафедры оптики и биофотоники СГУ им. Н.Г. Чернышевского. Данный вид квантовых точек был впервые использован для такого рода исследования. Для тестирования квантовых точек CuInS_2 нами был сформирован собственный протокол исследования.

Суспензию бактерий *Staphylococcus aureus* 209 P (10^4 мг/мл) в объеме 0,1 мл добавляли к 0,9 мл раствора частиц, полученную смесь оставляли в темноте на 15 мин. Затем суспензию объемом 0,1 мл помещали в экспериментальную кювету для облучения светом (405 или 365 нм, плотность мощности светодиодного излучения 17 мВт/см²) в течение 5, 10, 15 и 30 минут. После окончания экспозиции бактериальную культуру распределяли по чашкам Петри с плотной питательной средой (ГРМ-агар, Оболенск).

Учет результатов осуществлялся путем подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ) через 24 - 48 ч после инкубации при 37°C. В качестве контроля принимали значения колониеобразующей способности для бактерий, не подвергавшихся облучению светом и не обработанных наночастицами. Эксперименты проводились в десятикратной повторности.

Воздействие света длиной волны 405 нм в сочетании с квантовыми точками CuInS_2 в течение 5, 10 и 15 минут показало незначительное снижение КОЕ ($p \geq 0,05$) на 26 %, 36 % и 34 % относительно контроля без наночастиц, соответственно. 30 минутная экспозиция показала снижение КОЕ на 43 %.

Воздействие света длиной волны 365 нм в сочетании с квантовыми точками CuInS_2 в течение 5, 10 и 15 минут показало снижение КОЕ на 72%, 80% и 86% относительно контроля без наночастиц, соответственно. 30 минутная экспозиция показала снижение КОЕ на 89 %.

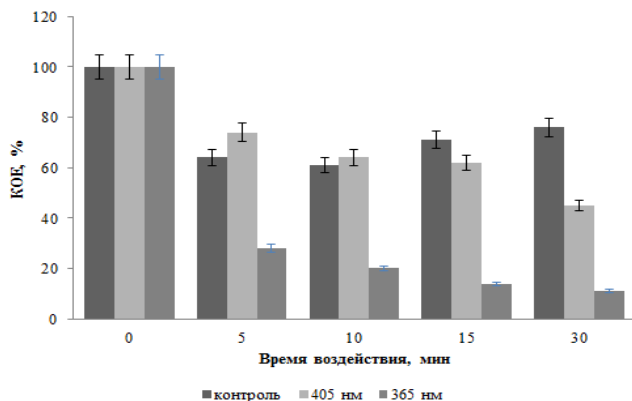


Рисунок - Изменение численности микроорганизмов *S. aureus* 209 P при фотодинамическом воздействии светодиодного излучения

Таким образом, квантовые точки CuInS₂ с соотношением Cu/In = 1/20 показали себя, как новый, перспективный фотосенсибилизатор для антибактериального фотодинамического воздействия. Они могут обеспечить эффективное уничтожение микроорганизмов, без последующего возникновения резистентности – главной проблемы антибактериальных терапий.

Список литературы

1. Photosensitizers in antibacterial photodynamic therapy: an overview / J. Ghorbani [et al] // Laser Ther. 2018. №4. P. 293-302.
2. Nearly monodisperse CuInS₂ hierarchical microarchitectures for photocatalytic H₂ evolution under visible light / L. Zheng [et al] // Inorg Chem. 2009. №9. P. 4003-4009.
3. Syntheses and photodynamic properties of glucopyranoside-conjugated indium(III) porphyrins as a bifunctional agent / M. Nakai [et al] // J. Porphyr. Phthalocyanines. 2013. №12. P. 42-51.
4. Ashoori R.C. Electrons in artificial atoms // Nature. 1996. №6564. P. 413-419.
5. Samia A., Dayal S., Burda C. Quantum Dot based Energy Transfer: Perspectives and Potential for Applications in Photodynamic Therapy // Photochemistry and Photobiology. 2006. №3. P. 617-625.

Восстановление селената штаммом *Azospirillum thiophilum* BV-S

А. А. Владимирова, А. В. Тугарова, А. А. Камнев

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

Саратов, Россия

vladimirova-nastyusha@bk.ru

Ключевые слова: *Azospirillum thiophilum*, оксоанионы селена, наночастицы селена.

Бактерии рода *Azospirillum*, относящиеся к группе ростстимулирующих ризобактерий (plant-growth-promoting rhizobacteria; PGPR), являются объектами интенсивных исследований вследствие их значимости для агробιοтехнологии, в частности, для роста и развития растений. Наряду с микроорганизмами других таксономических групп [1] азоспириллы проявляют способность к восстановлению токсичных и хорошо растворимых в водных средах неорганических соединений селена (селенитов и селенатов) с образованием нетоксичного элементарного селена в виде наночастиц [2].

Не так давно в сероводородных источниках Северного Кавказа был обнаружен и выделен штамм *A. thiophilum* BV-S, который является первым представителем рода *Azospirillum*, выделенным из биотопа, представленного природным сульфидным источником [3]. Известно, что бактериальная трансформация селенатов, содержащих селен в степени окисления +6 (SeO_4^{2-}), встречается гораздо реже, чем селенитов (степень окисления селена +4; SeO_3^{2-}). Впервые для бактерии *Azospirillum brasilense* в нашей лаборатории была показана способность к восстановлению именно селенит-, но не селенат-ионов [2]. В свою очередь *A. thiophilum* BV-S заинтересовал нас с точки зрения выявления возможного метаболического потенциала для восстановления селената.

Исходя из вышесказанного, целью данной работы было исследование способности к трансформации селенат-ионов штаммом *A. thiophilum* BV-S. Для достижения поставленной цели исследования проводили в следующих системах (в присутствии селенат-ионов): выращивание бактерий на жидкой синтетической малатной среде (СМС) в аэробных (31°C, 140 об./мин) или статичных (32°C) условиях в течение 7 сут, а также инкубация в стерильном физиологическом растворе (ФР) (1 сут, 32°C). В работе был использован диапазон концентраций Na_2SeO_4 1–15 мМ. Восстановление селената фиксировали по изменению окраски клеточной культуры (как ранее при восстановлении селенита) [2]. Окрашивание суспензий проверяли каждые сутки. Появление характерных оттенков красного цвета свидетельствовало о восстановлении селена в степени окисления +6 в селенат-ионах до элементарного селена (0). По окончании инкубации и выращивания полученную биомассу исследовали с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и спектроскопии комбинационного рассеяния (СКР).

Было выявлено, что *A. thiophilum* BV-S восстанавливал селенат-ионы только при культивировании в статичных условиях в течение 5 сут при всех используемых концентрациях Na_2SeO_4 . Восстановление селената не наблюдалось ни при аэробном выращивании, ни при инкубировании в ФР (даже при пролонгировании эксперимента до 30 сут). Кроме того, в качестве дополнительного контроля в эксперимент были взяты штаммы *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 (ранее известный как *A. brasilense* Sp245 [4]), которые не восстанавливали селенат ни в одной из исследованных систем, но, как ранее было показано, обладали селенит-восстанавливающей способностью [2].

ПЭМ показала присутствие в клетках биомассы штамма *A. thiophilum* BV-S сферических, достаточно однородных по размеру электроплотных включений. С помощью СКР выявлено, что выращивание клеток на СМС в статичных условиях в присутствии селенат-ионов приводит к появлению на спектрах биомассы характерного уширенного пика при 250 см^{-1} , соответствующего элементарному селену в аморфной модификации [5]. Полученные данные убедительно свидетельствуют о восстановлении селената штаммом *A. thiophilum* BV-S в изученных системах с образованием наночастиц селена.

Остается открытым вопрос: какой механизм лежит в основе трансформации селената у *A. thiophilum*. Согласно литературным данным, механизмы, лежащие в основе такого восстановления, изучены для некоторых анаэробных микроорганизмов, использующих селенаты для анаэробного дыхания [6]. Однако азоспириллы относятся к микроаэрофилам. На сегодняшний день в геноме *A. thiophilum* не выявлено генов, кодирующих специфичные селенит- и селенат-редуктазы. Возможно, что в процесс трансформации могут быть вовлечены редуктазы, субстратами для которых являются другие структурно подобные селенату оксоанионы, такие как сульфат, тетратионат и арсенат. Данная гипотеза требует дальнейшей проверки.

Впервые обнаруженный в данной работе феномен восстановления штаммом *A. thiophilum* BV-S селенат-ионов с образованием наночастиц элементарного селена интересен как с точки зрения фундаментального исследования микробной биотрансформации соединений селена в природе, так и в перспективе его практического применения для биоремедиации загрязненных селеном промышленных сточных вод и земель, использования биогенных селеновых наночастиц в медицине, нанобиотехнологии и т.д.

Список литературы

11. Arsenic and selenium in microbial metabolism / J. F. Stolz [et al.] // Annu. Rev. Microbiol. 2006. V. 60. P. 107–130.
12. Reduction of selenite by *Azospirillum brasilense* with the formation of selenium nanoparticles / A. V. Tugarova [et al.] // Microb. Ecol. 2014. V. 68. No 3. P. 495–503.
13. *Azospirillum thiophilum* sp. nov., a diazotrophic bacterium isolated from a sulfide spring / K. Lavrinenko [et al.] // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2010. V. 60. P. 2832–2837.
14. Genome-based reclassification of *Azospirillum brasilense* Sp245 as the type strain of *Azospirillum baldaniorum* sp. nov. / N. D. S. Ferreira [et al.] // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2020. V. 70. No 12. P. 6203–6212.
15. Identification of the fundamental vibrational modes of trigonal, α -monoclinic and amorphous selenium / G. Lucovsky [et al.] // Solid State Commun. 1967. V. 5. No 2. P. 113–117.
16. Nancharaiyah Y. V., Lens P. N. L. Ecology and biotechnology of selenium-respiring bacteria // Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2015. V. 79. No 1. P. 61–80.

Воздействие стрессовых факторов на индукцию воспаления в хроническом эксперименте на белых мышах линии BALB/c
Н. С. Владимирова, А. А. Галицкая, М. В. Каневский, С. А. Коннова
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
attach2008@yandex.ru

Ключевые слова: стрессовые воздействия, воспалительные реакции, интерлейкины.

Существование в условиях длительного воздействия разнообразных слабо выраженных стрессовых факторов стало обычным и даже привычным для большинства современных людей. Потребление продуктов с повышенным содержанием нитритов, световая нагрузка на организм в ночной период не воспринимаются как источники опасности для здоровья. При этом, исследования последних лет показали, что ответной реакцией на стресс является угнетение функциональной активности различных систем организма, сопровождающееся развитием воспалительных процессов [1]. Актуальным является изучение комплексного воздействия различных видов стресса на организм в хронических экспериментах.

В данной работе исследования проводились на 150 мышах-самцах инбредной линии BALB/c [2]. Содержали животных на обычном рационе вивария со свободным доступом к воде и еде. Эксперимент проводили в течение 7 месяцев. Животные были разделены методом случайного отбора на 3 группы: 1 – контрольная, которую не подвергали никаким стрессовым воздействиям; 2 - подвергалась круглосуточному воздействию освещения с интенсивностью 800 люкс (световой стресс), а также в кормовой рацион были добавлены m-толуидин (5 мкг/особь/сутки) и нитрит натрия (0,2 %) в воде (химический стресс); 3 - только световой стресс. При работе с животными соблюдались правила гуманного обращения в соответствии с требованиями Женевской конвенции.

Для дальнейших исследований отбирались моча из мочевого пузыря и сыворотка крови после декапитации животных при легком эфирном наркозе. На момент окончания эксперимента количество животных сократилось: в первой (контрольной) группе на 20 %, во второй группе на 23,3 %, в третьей - на 30 %. Следует отметить, что концентрации химических веществ укладывались в допустимые суточные нормы потребления, а световые воздействия не были экстремальными и существенно не сказались на выживании экспериментальных животных. Естественная убыль их связана с тем, что общая продолжительность жизни этих линейных мышей в среднем 540 дней, кроме того на численность оказали влияние и естественные для самцов внутривидовые конфликты. Тем не менее, при вскрытии у многих животных отмечены увеличение печени, селезенки, полиповидные образования на кишечнике, изъязвление стенок желудка.

Для выявления биохимического ответа организма на стрессовые факторы были выполнены анализы индуцирования ими некоторых маркерных показателей воспаления, таких как интерлейкины ИЛ-6 и ИЛ-8. Для иммуноферментного определения концентрации интерлейкинов в сыворотке крови и моче использовали наборы реагентов «Интерлейкин-6-ИФА-БЕСТ» и «Интерлейкин-8-ИФА-БЕСТ». Метод определения основан на трехстадийном «сэндвич»-варианте твердофазного иммуноферментного анализа с применением моно- и поликлональных антител к ИЛ-6 и ИЛ-8.

Показано, что в результате воздействия комплекса факторов - продолжительного химического и светового стрессов, содержание ИЛ-6 в сыворотке крови самцов белых мышей инбредной линии BALB/c достоверно возрастает в опытных группах по сравнению с контрольной. У животных группы 2 отмечено достоверное увеличение концентрации ИЛ-6 на 43,6 %, а группы 3 – на 89,9 % по сравнению с контрольной группой. Полученные данные указывают на развитие воспалительной реакции у животных при хроническом воздействии в целом щадящих стрессовых факторов.

Для человека изучение ИЛ в моче является неинвазивным анализом и, возможно, предпочтительным при исследованиях уровня активации реакции воспаления. Для мышей этот показатель мало изучен из-за меньшей доступности материала исследования неинвазивным путем. Поэтому проведение анализа мочи было интересно и с точки зрения выявления корреляции этого показателя в крови и моче. Исследования мочи животных показали, что воздействие комплекса стрессовых факторов приводит к увеличению концентрации ИЛ-6 на 41,5 % (группа 2), а только светового стресса (группа 3) – на 17,7 % по сравнению с контролем. Таким образом и в моче концентрация ИЛ-6 достоверно возрастает, однако распределение уровня продукции ИЛ-6 по группам несколько иное.

ИЛ-8 – является ярким представителем класса хемокинов, способствующих активации респираторного взрыва, усиливающего бактерицидные свойства нейтрофилов. Показано, что действие комплекса стрессовых факторов не приводило к увеличению содержания ИЛ-8 у животных второй группы, но у животных 3 группы, подвергавшихся световому стрессу, концентрация ИЛ-8 в крови увеличивалась более чем в 7 раз по сравнению с контролем.

Хронический стресс (химическое и световое воздействие) привело к увеличению содержания ИЛ-8 в моче в 2,6 раза по сравнению с контрольной группой. Полученные нами данные показывают, что исследования мочи модельных животных, могут быть полезны при диагностике бессимптомного течения воспалительных процессов как вектор для поиска их локализации. В ряде работ показано, что уровень индукции ИЛ-8 значительно увеличивается при бактериальных инфекциях мочеполовой системы, в частности пиелонефрите, как следствие существенно падения иммунитета, вызванного хроническим действием стрессовых факторов [3].

Таким образом, удалось выявить, что воздействие химического и светового стрессов приводит к достоверному увеличению в биологических жидкостях обоих провоспалительных интерлейкинов. Причем реакция на световой стресс по этим показателям порой более яркая, чем на тот же стресс в присутствии нитритов и толуидина. Такое развитие событий наводит на мысль о реализации нескольких механизмов воздействия на иммунную систему при сочетании химического и светового стресса, при котором наблюдается снижение реактивности иммунной системы и как следствие более слабый ответ на стадии индукции исследуемых типов интерлейкинов.

Список литературы

1. Филаретова Л.П. Стресс в физиологических исследованиях / Л.П. Филаретова // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2010. Т. 96, № 9. С. 924-935.
2. Каркищенко, В.Н. Исследователи предпочитают мышей BALB/c / В.Н. Каркищенко, Е.Ф. Шмидт, Е.В. Брайцева // Биомедицина. 2007 №6. С. 57-70.
3. Провоспалительные цитокины в определении степени активности хронического пиелонефрита / Д.Г. Кореньков [и др.] // Урологические ведомости. 2015. Т. 5, № 4. С. 13-19.

**Экологическая безопасность и перспективы развития
малоотходных технологий в биотехнологическом производстве**

В. Р. Вольников, А. Ю. Ульянов, Н. Г. Авдеева, Ю. И. Самохвалова, О. С. Дуракова
Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»
Саратов, Россия
volnikovvr@mail.ru

Ключевые слова: биотехнология, рециклинг, формалин, культивирование.

Загрязнение окружающей среды промышленными отходами сегодня является очень актуальным вопросом. В качестве эффективной меры борьбы с отходами все чаще предлагается вторичное использование уже отработанных материалов, то есть рециклинг.

На базе противочумного института «Микроб» в настоящее время выпускается два препарата – антирабический иммуноглобулин (АИГ) и вакцина холерная бивалентная химическая таблетированная. В процессе производства данных препаратов большое внимание уделяется утилизации и возможному использованию отходов. Так, существуют наработки по получению ферментов из отхода производства О-антигена - специфического компонента холерной вакцины; на основе гидролизата фибрина – отхода производства антирабического иммуноглобулина – сконструированы питательные среды [1,2].

Исходя из этого, была поставлена цель - оценить возможность использования отхода производства специфических компонентов холерной вакцины (холероген-анатоксин и О-антиген) в качестве питательной среды для культивирования производственных штаммов.

Задачи:

- выбор оптимального метода нейтрализации формалина в фильтрате отхода производства холерной химической вакцины;
- оценка эффективности экспериментального культивирования производственных штаммов микроорганизмов на питательной среде, полученной с использованием фильтрата отходов после нейтрализации остаточного формалина;
- оценка перспектив рециклинга отходов производства холерной химической вакцины с точки зрения экологической безопасности и экономической целесообразности.

В исследовании использовали фильтрат, полученный в процессе тангенциального концентрирования безмикробного формализированного центрифугата при выделении протективных антигенов штаммов *Vibrio cholerae* 569В (холероген-анатоксин) и *V. cholerae* М-41 (О-антиген).

Наличие формалина в фильтрате определяли качественной реакцией формальдегидов с фуксинсернистой кислотой. Количественное содержание регистрировали фотометрическим методом при длине волны 590 нм. Нейтрализацию формалина в среде осуществляли с применением физических (стерилизация насыщенным водяным паром, стерилизующая фильтрация) и химических (нейтрализация формалина водным раствором аммиака) методов.

Экспериментальное культивирование штаммов *V. cholerae* 569В и *V. cholerae* М-41 проводилось в колбах объемом 100 мл на термостатической установке при температуре 37°C в течение 18 часов. Объем среды составлял 25 мл. Концентрация аминного азота в контрольных пробах составляла 100 мг%, в исследуемых образцах - 95±35 мг%. Отметим, что основой питательных сред, из которых были получены фильтраты, послужил ферментативный гидролизат казеина (ФГК): ОРК (основной раствор казеина лабораторного приготовления) и ФГК Тип I (Триптон) Himedia. Эффективность культивирования производственных штаммов на исследуемых средах оценивалась, исходя из урожайности биомассы, а также активности антигенов в РДП.

Опыты по индикации и нейтрализации остаточного формалина дали следующие результаты: в пробах фильтрата, не прошедшего какую-либо обработку, концентрация формалина составила 640,2±10,2 мкг/мл для фильтрата от штамма *V. cholerae* 569В и 597,5±6,2 мкг/мл для фильтрата от штамма *V. cholerae* М-41.

В то же время пробы, обработанные путем паровой стерилизации, показали положительную динамику – концентрация остаточного формалина снизилась более чем в 3,5 раза – до $209,9 \pm 52$ мкг/мл для фильтрата после выделения холерогена и $66,85 \pm 10,2$ мкг/мл для фильтрата после выделения О-антигена. Фильтрация на фильтре с размером пор $0,22$ мкм практически не повлияла на концентрацию остаточного формалина.

Осаждение формалина на сорбентах так же оказалось неэффективным, концентрация формалина осталась практически на том же уровне.

Более эффективно показала себя нейтрализация формалина аммиаком. В образцах фильтратов после добавления аммиака концентрация формалина существенно снизилась: при добавлении $0,1$ мл аммиака содержание формалина в фильтрате 569В снизилось более чем в 3,5 раза, и составила $192,8 \pm 85$ мкг/мл; в фильтрате М-41 было зарегистрировано снижение примерно в 1,5 раза, составив $366,9 \pm 24,9$ мкг/мл. При добавлении $0,5$ мл аммиака концентрация формалина снизилась в 20 раз и регистрировалась в диапазоне от 22 до 30 мкг/мл для обоих типов фильтрата.

Исходя из результатов проведенных экспериментов, можно сделать краткий вывод, что наилучшими методами снижения концентрации формалина в фильтратах будут являться автоклавируание и нейтрализация водным раствором аммиака.

Экспериментальное культивирование дало следующие результаты:

- небольшой выход биомассы в цельных фильтратах по сравнению с контролем ($15-22$ млрд. м.к./мл против $50-66$ млрд.м.к./мл;

- выход биомассы был более существенным на фильтратах, основой которых служил ФГК Тип I (Триптон) Himedia;

- по результатам реакции диффузионной преципитации (РДП) видно, что активность антигенов не была зарегистрирована ни в одном из вариантов цельной среды; в смешанных образцах ($\frac{1}{2}$ фильтрата + $\frac{1}{2}$ чистого бульона) фильтрата М-41 активность антигенов штамма *V. cholerae* 569В наблюдается до титра $\frac{1}{4}$ по сыворотке «О» и в целом для сыворотки «АХС», что допускается производственным регламентом;

Таким образом, была экспериментально доказана возможность использования отхода производства специфических компонентов холерной вакцины (холероген-анатоксин и О-антиген) в качестве питательной среды для культивирования производственных штаммов. Его использование в производстве в смеси с питательным бульоном позволяет сократить расходы на исходный субстрат (панкреатический гидролизат) для приготовления питательной среды на $20-30$ %.

Список литературы

1. Экзоферменты ультрафильтрата культуральной жидкости вакцинного штамма М-41 холерного вибриона / И.А. Кузьмиченко, О.В. Громова, С.А. Нижегородцев [и др.] // Холера: материалы VIII Российской науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2003. – С. 229–230.
2. Жулидов, И.М. Получение сухого гидролизата фибрина и применение его в качестве основы для изготовления питательных сред / И.М. Жулидов, А.К. Никифоров, Е.Г. Абрамова [и др.] // Современные технологии обеспечения биологической безопасности: матер. 111 науч.-практ. школы конф. молодых ученых и специалистов научно-исследовательских организаций Роспотребнадзора - Оболенск, 2011. -С. 261-263.

**Антимикробная активность водных дисперсий наночастиц золота
в отношении грибов *Candida albicans***

В. В. Гунина¹, К. В. Зубова¹, Е. В. Глинская¹, Т. А. Шульгина², О. В. Нечаева³

¹Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

²Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии

³Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

Саратов, Россия

elenavg-2007@yandex.ru

Ключевые слова: наномедицина, наночастицы, противогрибковые средства, клиническая микология, стабилизаторы.

В современном мире существует огромное количество различных лекарственных средств, которые направлены на борьбу с патогенными микроорганизмами. На сегодняшний день распространение антимикотиков носит глобальный характер. Актуальность и серьезность этой проблемы в полной мере подтверждена международным медицинским сообществом [1]. В связи с поставленной проблемой актуальным является поиск альтернативных методов лечения грибковых инфекций.

Одним из перспективных и распространенных направлений на сегодняшний день является использование нанотехнологий, в частности применение наночастиц различных металлов [2].

Целью данной работы являлось изучение противогрибковой активности водных дисперсий наночастиц золота, стабилизированных природными и синтетическими полимерами.

Исследования проводились с водными дисперсиями наночастиц золота с различными стабилизаторами, как синтетическими, так и с натуральными, в различных концентрациях. В данном исследовании использовали 6 штаммов *Candida albicans* (стандартный – ATCC 885-653 и клинические – № 1 - 5).

Антимикотическую активность водных дисперсий наночастиц серебра оценивали с помощью метода серийных разведений в питательном агаре. Суточные тест-культуры в концентрациях 10^4 м.к./мл наносили на агар, распределив шпателем и поместив в термостат на 24 часа при температуре 37 °С, после чего проводили подсчет выросших колоний. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программного обеспечения Statistica 10.0 (for Windows; «Stat Soft Inc.», США), Microsoft Excel 2007 (for Windows 7). Определяли χ^2 при ранговом дисперсионном анализе и конкордации Кендалла.

В исследуемых препаратах водных дисперсий наночастиц золота в качестве стабилизаторов использовались поливиниловый спирт (Au/PVA/W 300), карбоксиметилцеллюлоза (Au/CMC/W 300), олеат натрия (Au/OleNa/W 300), додецилсульфат натрия (Au/SDS/W 300) и полиазолидинамоний (Au/PG-m/W 300), модифицированный гидрат-ионами йода (ПААГ-м). Важно подобрать правильную концентрацию наночастиц и стабилизаторов в препаратах таким образом, чтобы концентрация макромолекул стабилизаторов была соизмерима либо незначительно превышала концентрацию наночастиц, что, согласно литературным данным и рекомендации производителя, дает наилучший стабилизирующий эффект [3].

Результаты проведенных исследований показали, что противогрибковая активность наночастиц Au/PVA/W 300 различна по отношению к разным исследуемым штаммам грибов. Выявлено, что наибольшей резистентностью к данным наночастицам обладают штаммы № 1, 3, 4, 5 (растут при концентрации 0,5 %). Более чувствительны стандартный штамм ATCC 885-653 и клинический штамм №2 (погибают при концентрации 0,5 %). Штаммы № 2, 4 обладают наибольшей резистентностью к наночастицам Au/CMC/W 300 (растут при концентрации 1 %). Наименее устойчивы оказались стандартный штамм ATCC 885-653 и клинические штаммы

№ 1, 3, 5 (погибают при концентрации 1 %). Наиболее устойчивы к действию наночастиц Au/OleNa/W 300 штаммы ATCC 885-653, №№ 1, 2, 3, 5 (растут при концентрации 1 %). Штамм № 4 оказался чувствительным к концентрации наночастиц 1 %. Наиболее резистентными к антимикробному действию наночастиц Au/SDS/W 300 оказались штаммы ATCC 885-653, №№ 2, 4 (растут при концентрации 0,5 %). Наиболее чувствительными являются штаммы №№ 1, 3, 5 (погибают при концентрации 0,5 %). Чувствительностью к наночастицам Au/PG-m/W 300 обладали все исследуемые штаммы, гибель клеток наблюдалась уже при концентрации 0,25 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что водные дисперсии наночастиц золота обладают различным фунгицидным действием по отношению к исследуемым штаммам грибов. Наиболее высокоперспективными для дальнейших исследований являются наночастицы золота, стабилизированные полиазолидинаммонием, модифицированным гидрат-ионами йода.

Список литературы

1. Ершов Б. Г. Наночастицы металлов в водных растворах: электронные, оптические и каталитические свойства / Б. Г. Ершов // Журнал российского химического общества им. Д. И. Менделеева. 2001. Т. XLV. № 3. С. 5 – 9.
2. Наночастицы золота и серебра и наноструктуры на их основе. Синтез, свойства и перспективы применения в медицине / О. В. Дементьева [и др.] // Альманах клинической медицины. 2016. № 3. С. 50 – 65.
3. Современные представления о механизмах формирования резистентности микроорганизмов к антимикробным препаратам / А. Д. Путилина [и др.] // Пульс. 2019. № 6. С. 125 – 130.

Использование цитогенетического метода для выявления кариотипического полиморфизма дождевых червей на примере комплекса *Aporrectodea caliginosa* (*Oligochaeta, Lumbricidae*)

Д. А. Гусев, Т. В. Перевозникова, Э. И. Кайбелева

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

Ключевые слова: дождевые черви, серый пашенный червь *Aporrectodea caliginosa*, цитогенетический метод, кариотип, диплоидные и полиплоидные расы (клоны).

Ключевая проблема эколого-фаунистических и цитогенетических исследований дождевых червей - фенотипический, кариотипический и генетический полиморфизм, лежащий в основе их карисистематики и филогении. Дождевые черви семейства Lumbricidae - гермафродиты, для которых характерны как амфимиксис, так и способность к партеногенезу и полиплоидии. Хромосомы, определяющие пол и обычно являющиеся препятствием для полиплоидии, у них отсутствуют. При половом размножении потомство у амфимиксических люмбрицид может быть как диплоидным, так и полиплоидным, тогда как все партеногенетические дождевые черви продуцируют только полиплоидов. Как известно, следствием полиплоидии является высокая степень гибридизации и полиморфизма, которые в свою очередь приводят к образованию многочисленных клонов (рас). Полиплоидия и полиморфизм в этой группе беспозвоночных могут свидетельствовать об активном видообразовании и формировании видов-двойников. При этом, далеко не все, даже широкоареальные массовые виды дождевых червей, изучены кариотипически. Это касается не только Саратовской области, но и России в целом. Немногочисленность исследований, посвященных и распределению рас дождевых червей с разными кариотипами, связана с недостаточно доступной методической базой для кариотипического анализа и последующего применения методов биохимического генного маркирования. Совершенствование методики получения кариотипов у дождевых червей разных видов позволит получить первичные сведения по распределению генетически неоднородных рас люмбрицид в условиях севера Нижнего Поволжья на стыке трех природно-климатических зон – лесостепной, степной и полупустынной, которые предопределяют биотопическую разнородность и вероятное генетическое разнообразие дождевых червей.

Целью данной работы стало совершенствование методики получения хромосомных препаратов для кариологического анализа тканей одного из космополитных массовых видов люмбрицид – серого пашенного червя *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826). В настоящее время в отечественной систематике этот вид представлен комплексом подвидов - диплоидного *A. c. caliginosa* и полиплоидного *A. c. trapezoides*, отличающимися по плоидности и достаточно часто обитающими совместно. Иногда в состав этого комплекса включается вид *Aporrectodea longa*.

Пробоотбор червей проводился осенью 2020 г. на биотопически однородных участках черноземов агроценозов в окрестностях с. Широкий Буерак Саратовского района. Встречаемость червей была стабильно высокой и составляла в среднем 7-10 особей на стандартную пробу. В эксперименте были использованы половозрелые особи *A. caliginosa* в общем количестве 15 экземпляров. Всего был получен 21 хромосомный препарат удовлетворительного качества. Проанализировано около 60 метафазных пластинок.

Эксперимент был разбит на несколько этапов. 1. Определение вида по морфологическим признакам. Были подтверждены следующие морфологические признаки эндогейного вида *Aporrectodea caliginosa*. Чтобы получить кариотипические данные о виде, был адаптирован метод высушенных (воздушно-сухих) препаратов метафазных митотических и мейотических пластинок с применением центрифуги. Этот метод был впервые предложен для

млекопитающих, у которых кариотип является стабильным видовым признаком, широко используемым в кариосистематике. 2. Колхицирование червей. Как известно, мутаген колхицин ингибирует митоз и мейоз на стадии метафазы, разрушая нити веретена деления. Экспериментально была установлена концентрация раствора колхицина для половозрелых особей дождевых червей, которая составила 0,01 % (0,01 г сухого колхицина на 100 мл дистиллированной воды). Игла инсулинового шприца под острым углом к телу дождевого червя вводилась на 1-2 мм с брюшной стороны, внутрицеломно, перед половым пояском на уровне 9-12 сегментов, в количестве 0,4-0,5 мл. Затем дождевые черви содержались в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при температуре +8-10°C в течение 12 часов. Создание перечисленных условий позволило увеличить выживаемость червей до 95 %.

3. Вивисекция и анатомирование. С помощью глазных пинцетов, скальпеля и ножниц вскрывали кутикулу с дорзальной стороны и отделяли заметные ткани пищеварительного тракта червя. Затем глазным скальпелем осуществлялся соскоб и забор тканей с внутренней стороны вскрытых 8-15 сегментов на уровне расположения семенников, семенных мешков и семяпроводов. 4. Приготовление суспензии-гомогенизата. Ткани помещали в центрифужную пробирку и тщательно измельчали глазными ножницами в изотоническом 0,56 % растворе KCl, вызывающим набухание ядра и окончательный разрыв нитей веретена деления. По истечении часа гипотонирования суспензию энергично встряхивали в течение нескольких минут. При необходимости объем суспензии доводили до объема 2 мл, добавляя изотонический 0,56 % раствор KCl. 5. Центрифугирование. Клетки приготовленного гомогенизата отделяли от надосадочной жидкости и добавляли к ним фиксатор (3 части 96⁰ этилового спирта и 1 часть ледяной 98 % уксусной кислоты). Содержимое пробирки осаждали центрифугированием в течение 5 минут при 1500 об./мин. Надосадочную жидкость сливали, а в пробирку заливали свежий раствор фиксатора. Осадок вновь ресуспендировали и помещали на 30 минут в холодильник (t=5°C). По истечении 30 минут объем жидкости вновь доводили до объема 2 мл фиксатора и клетки осаждали центрифугированием. Подобную процедуру повторяли трижды. 6. Прямой отжиг (быстрое высушивание на предметном стекле). После третьего центрифугирования и ресуспендирования клеточная суспензия разбивалась и по 2-3 капли сверху наносилась на подготовленные чистые, сухие предметные стекла. Фиксатор выжигался при внесении в пламя горелки. После вспыхивания фиксатора давали ему выгореть вне горелки. 7. Окрашивание. Окрашивание полученных препаратов проводилось азуром и эозином по Романовскому (5 мл готового комплексного красителя доводили до 50 мл дистиллированной водой). Препараты хромосом помещали на 5 минут в раствор красителя. 8. Микроскопирование и фотофиксация. Микроскопирование метафазных пластинок показало, что все обнаруженные метафазы состояли из 18 бивалентов, что свидетельствовало о картине первой фазы мейоза и соответствовало хромосомному набору в кариотипе $2n = 36$. Обнаруженная микроскопическая картина позволяет предположить, что изученные экземпляры червей отвечают описанию хромосом амфиимиктического диплоидного подвида *A. c. caliginosa*. Это наиболее часто встречающаяся массовая непигментированная форма серого пашенного червя. В интразональных условиях вместе с ней может встречаться отличающаяся бурой окраской покровов партеногенетическая полиплоидная форма *A. c. trapezoides*, а также их клоны. Таким образом, предпринятая экспериментальная доработка и совершенствование методики получения хромосомных препаратов у дождевых червей поможет расширению исследований популяционной и генетической структуры этих беспозвоночных в регионе.

Определение оптимального режима стерилизации взрослого материала дуба черешчатого

О. Ю. Гусева

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии

Воронеж, Россия

guseva.oks2017@yandex.ru

Ключевые слова: дуб черешчатый, клональное микроразмножение, *in vitro*.

Метод клонального микроразмножения особо актуален для сохранения пород, трудно размножаемых традиционными способами. К таковым объектам относится дуб черешчатый, деревья которого уже в ювенильном возрасте теряют способность к черенкованию.

Особую сложность представляет культивирование *in vitro* взрослого материала дуба [1-3]. Уже на начальных этапах введения в культуру сегментов старых деревьев существуют трудности получения стерильных морфогенных эксплантов из-за наличия внутренней инфекции [3,4]. Также известно, что с возрастом дерева увеличивается содержание фенолов, снижается регенерационный потенциал культур.

Цель данного исследования – определить оптимальные режимы стерилизации для материала 40-летних деревьев дуба черешчатого

Для проведения экспериментов отбирались побеги дуба текущего вегетационного периода (май-июнь), взятые с 5-ти деревьев 40-летнего возраста.

Предварительно с изолированных побегов срезались крупные листья. Для более эффективной асептики все побеги длиной более 10 см были поделены на 2 части. Затем экспланты помещали на 7 минут в 0,02 % раствор «Domestos», после чего тщательно промывали в проточной воде в течение 10 минут. Дальнейшая обработка растительного материала проводилась в стерильных условиях ламинар-бокса. В качестве стерилизующих средств использовались: 1) 0,02 % р-р мертиолята (8 или 13 мин), 2) р-р белизны (белизна: вода – 1:1, 15 мин) Затем растения промывали 4 раза по 5 минут стерильной дистиллированной водой. Расчеренкованные в чашках Петри экспланты размером 1,5-2 см с 1-2 узлами помещали по одному в биологические пробирки с питательной средой.

При обработке раствором мертиолята (в течение 13 минут) эксплантов, изолированных в мае и середине июня, количество асептических культур варьировало в зависимости от генотипа исходного дерева (56,0-92,0 %). Применение данного режима стерилизации в конце июня оказалось подходящим только для материала дерева №7/42 (78,0 % чистых культур), а для других образцов количество чистых культур не превышало 27,0 %. Использование раствора мертиолята в течение 8 минут показало свою эффективность при асептике материала деревьев №7/42 и №208/111 (87,0 % и 71,0 % соответственно), а для эксплантов от дерева №242/36 таким способом было получено всего 58,0 % стерильных культур (рис.).

К середине вегетационного периода (конец июня) некоторые деревья (№ 5/26 и №208/111) накопили в своих тканях довольно много инфекции, и даже стерилизация мертиолятом (13 мин) для них оказалась малоэффективной (не более 27,0 % чистых культур). При обработке побегов дуба раствором белизны удавалось получить всего 9,4-55,0 % асептических культур.

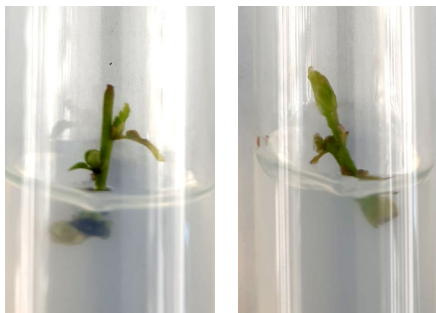


Рисунок - Асептические жизнеспособные экспланты от 40-летних побегов дуба черешчатого через неделю после введения в культуру *in vitro*

Известно, что в процессе вегетационного периода в органах и тканях древесных растений возрастает содержание различных патогенов. К середине лета некоторые деревья уже накапливают достаточное количество инфекции, что приводит к уменьшению эффективности асептики их материала. Поэтому, на основании полученных нами данных сделаны выводы о том, что лучшие результаты по стерилизации эксплантов дуба достигаются с использованием зеленых молодых побегов 1 года, изолированных в начале вегетации.

Таким образом, эффективность асептики культур дуба зависела как от выбора стерилизующего агента, так и от сроков изоляции эксплантов и генотипических особенностей исходных для клонирования деревьев. В целом, наиболее подходящей для стерилизации эксплантов дуба черешчатого стала обработка раствором мертиолята в течение 13 минут (до 92,0 % асептических культур). Самым оптимальным сроком изоляции растительного материала для введения в культуру *in vitro* дуба оказался период с конца мая до середины июня (начало вегетации).

Список литературы

1. Forced flushing of branch segments as a method for obtaining reactive explants of mature *Quercus robur* trees for micropropagation / AM. Vieitez [et al] // *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 1994. No. 37. P. 287–295.
2. Sánchez M.C. Requirements for *in vitro* rooting of *Quercus robur* and *Q. rubra* shoots derived from mature trees / M.C. Sánchez [et al] // *Tree Physiol.* 1996. No.16. P. 673–680
3. Mac An tSaoir S. Ex-vitro growth studies of *Quercus robur* / S. Mac An tSaoir, J. O'Brien // *Irish Forestry.* 1999. Vol. 56, No. 2. P. 18-21.
4. Концевая И.И. Определение условий введения Дуба черешчатого в культуру *in vitro* / И.И. Концевая // Генетика и биотехнология XXI века. Фундаментальные и прикладные аспекты: материалы Междунар. науч. конф., 3–6 дек. Минск, 2008 С. 103-105.

**Динамика демографической структуры реинтродуцированных популяций
Calophaca wolgarica (Fabaceae) в Саратовской области**

А. А. Денисов, А. С. Пархоменко, И. В. Шилова, М. В. Лаврентьев, Л. В. Гребенюк

Саратовский национальный исследовательский государственный

университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

boss.nhg@gmail.com

Ключевые слова: *Calophaca wolgarica* (L. fl.) DC., реинтродукция, Саратовская область.

Майкараган волжский (*Calophaca wolgarica* (L. fl.) DC.) – высокодекоративный засухоустойчивый кустарник семейства Fabaceae Lindl. Является эндемиком Юго-Восточной Европы и нуждается в охране [1]. Вид занесен в Красную книгу Российской Федерации со статусом 2а – вид, сокращающийся в численности [2]. Единственное указание на сборы *C. wolgarica* на территории Саратовской области к югу от верховьев р. Иловля датируется 1869 – 1870 гг. [3, 4]. В научной литературе отсутствуют сведения о находках в более поздний период майкарагана волжского на территории Саратовской области. Современными сборами произрастание вида в регионе не подтверждается (гербарии SARAT, SARBG). Среди редких и исчезающих растений «Красной книги Саратовской области» [5] данный вид не указан. В связи с этим представляется актуальным изучение возможности реинтродукции *C. wolgarica* на территориях Саратовской области, оптимальных для его произрастания [6].

Целью работы было изучение динамики возрастной структуры искусственных популяций майкарагана волжского в Саратовской области.

Исследования проводились с 2018 по 2020 гг. в трех популяциях *C. wolgarica*, созданных на территории Саратовской области в 2012–2015 гг. [6]. Первая популяция произрастает в Пугачевском р-не (ООПТ «Тюльпанная степь у с. Максютово»), на пологом склоне юго-западной экспозиции с темно-каштановыми карбонатными почвами. Вторая популяция произрастает в Федоровском р-не (ООПТ «Урочище «Иваново поле»») на склоне западной экспозиции с темно-каштановыми карбонатными почвами. Третья популяция растет в Красноармейском р-не (окр. с. Белогорское, около утеса Степана Разина) на вершине холма с каштановыми неполноразвитыми среднекаменистыми почвами.

В исследованных популяциях *C. wolgarica* мы выделяли следующие возрастные состояния особей: ювенильное (j) – имеет только побег первого порядка; имматурное (im) – присутствуют зачатки или уже развитые побеги второго порядка; виргинильное (v) – имеются побеги третьего и четвертого порядка с одревеснением; молодое генеративное (g₁) – наличие цветков и плодов.

Результаты исследования онтогенетической структуры искусственных популяций представлены на рисунке. По онтогенетическим спектрам исследованные популяции, в основном, относятся к инвазионным, т.е. состоящим из особей прегенеративного периода [7].

Больше всего особей *C. wolgarica* отмечено в популяции, произрастающей на территории ООПТ «Тюльпанная степь». В 2018 г. она насчитывала 96 особей. К 2020 г. их число снизилось до 71 шт. Погибла часть ювенильных и имматурных особей. Снижение численности произошло, вероятно, вследствие сильной засухи поздней весной и летом 2018 и 2019 гг. [8]. Несмотря на снижение численности, в этой популяции с 2018г. по 2020 г. увеличилось количество виргинильных особей (с 6 до 19 шт.). В 2019 г. впервые появились генеративные особи. Два растения не только зацвели, но и дали нормальные, выполненные плоды, что является важным показателем успешности реинтродукции.

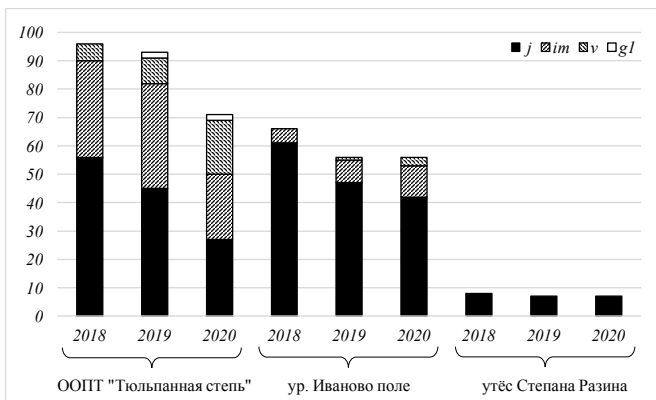


Рисунок - Онтогенетическая структура реинтродуцированных популяций *Calophaca wolgarica* в Саратовской области

Популяция на территории ур. Иваново поле является второй по количеству растений *C. wolgarica*. В 2018 г. она насчитывала 66 ювенильных и иматурных особей. Из них десять растений к 2020 г. погибли, скорее всего, по тем же причинам, что и в первой популяции. В 2019 г. в популяции появляется первое виргинильное растение, а к 2020 г. их количество увеличилось до 3 шт. То есть развитие растений идет, но медленно, т.к. количество особей, перешедших из одного возрастного состояния в другое незначительно.

Самая маленькая – третья популяция, около утеса Степана Разина. В этой популяции замедлен рост реинтродуцированных растений, и в период с 2018 по 2020 гг. наблюдались только ювенильные особи (8 и 7 шт. соответственно). Уменьшение количества особей связано с гибелью одного растения в 2019 г. Медленный рост и развитие растений указывает на неблагоприятные условия в данном местообитании для реинтродукции *C. wolgarica*.

Список литературы

1. Тахтаджян А. Л. Редкие и исчезающие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране / Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 264 с.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
3. Борисова А. Г. Род *Calophaca* Fisch. – Майкараган // Флора Юго-Востока европейской части СССР. Вып. 5. М.- Л.: Гос. изд-во с.-х. и колх.-коопер. лит-ры, 1931. 585 с.
4. Баум О. О. Отчёт о ботанических исследованиях на правом берегу Волги между Казанью и Сарептой // Протоколы заседаний общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете. 1869 – 1870 гг. Казань, 1870. С. 65 - 73.
5. Красная книга Саратовской области: Грибы, лишайники, растения. Саратов: Папирус, 2021. С. 167 - 168.
6. Куликова Л. В., Кашин А. С., Шилова И. В., Петрова Н. А. Результаты реинтродукции *Calophaca wolgarica* (L. FIL.) DC. в Саратовскую область // Научные труды Национального парка "Хвалынский". Саратов, 2018. С. 62 - 71.
7. Османова Г. О., Животовский Л. А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия РАН. Серия Биологическая. 2020. № 2. С. 144 - 152.
8. Кашин А. С., Куликова Л. В., Петрова Н. А., Шилова И. В., Пархоменко А. С., Лаврентьев М. В. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Bulbocodium versicolor* (Melanthiaceae) в Нижнем Поволжье // Ботанический журнал. 2020. Т. 105, № 5. С. 479–496

Влияние химического состава воды из озера Воже на степень накопления тяжелых металлов в мышцах плотвы

Д. С. Денисова, И. Д. Никонова, М. А. Назарова
Вологодский государственный университет
Вологда, Россия
chemic96.denisova@yandex.ru

Ключевые слова: Вологодская область; озеро Воже; тяжелые металлы; плотва.

Вологодская область относится к Северо-Западному федеральному округу, который обладает рядом отличительных от других регионов России экологических особенностей. В Вологодской области имеются многоотраслевые производства, которые вполне могут оказывать серьезное воздействие на окружающую среду за счет поступления вредных веществ от предприятий в природные объекты [1]. В регионе уделяется пристальное внимание проблеме загрязнения тяжелыми металлами водных экосистем. Данные экотоксиканты характеризуются способностью к перемещению по всей толще водной массы, следовательно, они могут мигрировать и по трофическим уровням, что создает проблему негативного влияния тяжелых металлов на обитающих в водоемах гидробионтов [2]. На территории Вологодской области имеется около 600 озер, которые занимают примерно 3 % от общей площади региона. Кроме того, для рассматриваемой области характерна заболоченность, составляющая 17 % всей ее площади. Из этого следует, что некоторые водоемы, в частности озера, находятся в труднодоступных местах, что препятствует наблюдению за ними. Одним из таких водоемов является озеро Воже [3], которое расположено в малодоступной заболоченной местности, поэтому оно практически не используется для сельскохозяйственных и бытовых целей. Удаленность озера влияет на отсутствие сброса сточных вод, имеющих промышленное и коммунально-бытовое происхождение. Тем не менее, за счет природных особенностей региона, в том числе густой гидрологической сети, повышенной влажности, активного переноса воздушных масс, отмечается поступление тяжелых металлов от крупных предприятий, а заболоченность и процесс эвтрофирования способствуют вовлечению поллютантов в миграционные процессы, и, как следствие, их поступлению в организмы рыб [2]. В этом и заключается актуальность работы.

Исходя из вышеизложенного, цель проводимого исследования состояла в установлении зависимостей между химическим составом воды из озера Воже и уровнем содержания тяжелых металлов в мышечной ткани плотвы обыкновенной (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758). В ходе работы были поставлены следующие задачи: проанализировать состав воды из озера Воже по физическим, общесанитарным и химическим показателям; установить возможное содержание общего пула ряда металлов, а именно железа, меди и цинка, в мышцах плотвы; сделать выводы о том, какие группы факторов могут оказывать влияние на степень накопления поллютантов в ткани исследуемого вида рыбы.

В качестве объекта исследования выбрана плотва, поскольку по этому виду не найдено никаких информационных сведений, отражающих содержание тяжелых металлов в органах и тканях. Для работы с акватории озера Воже в осенний период было выловлено с помощью невода 10 образцов плотвы, которые относились к одной половозрелой группе (6+–8+). Отбор проб воды проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 31681-2012 [4]. Анализ проб воды и мышц плотвы проводился по методике, описанной ранее [5].

При анализе воды из озера Воже установлено, что данный водоем по величине $\text{pH}=7,5$ относится к слабощелочным, по жесткости, которая находится на уровне $7,5 \text{ ммоль/дм}^3$, - к жестким. Повышенная цветность $202,5^{\circ}$ по платино-кобальтовой шкале свидетельствует о присутствии гумусовых веществ, придающих воде желто-коричневый цвет, что связано с повышенной заболоченностью, характерной для Вологодской области. Среднее содержание гидрокарбонат-ионов 350 ммоль/дм^3 в сравнении с другими неорганическими анионами позволяет отнести поверхностные воды к гидрокарбонатному классу. В озере Воже отмечается

повышенное содержание общего железа ($0,7 \text{ мг/дм}^3$), меди ($0,002 \text{ мг/дм}^3$) и цинка ($0,04 \text{ мг/дм}^3$), которое носит фоновый характер [6].

В мышечной ткани плотвы установлен пул таких металлов, как железо ($31,5 \pm 1,25 \text{ мг/кг}$), цинк ($39,85 \pm 0,95 \text{ мг/кг}$) и медь ($13,26 \pm 1,03 \text{ мг/кг}$). Результаты сравнивались со сведениями, представленными в гигиеническом нормативе [7]. По железу (ПДК=30 мг/кг) и цинку (ПДК=40 мг/кг) данные не отличаются от установленных, а концентрация меди превышает нормированное значение в 1,3 раза (ПДК=10 мг/кг).

Из источников литературы [8,9] известно, что если величина pH воды варьируется в пределах 7,5 и выше, то в этих условиях происходит рост скорости комплексообразования между ионами тяжелых металлов и лигандами, имеющими органическое происхождение. Уровень цветности воды из озера Воже также подтверждает это положение. Следовательно, для установленной величины pH характерна низкая вероятность того, что металлы будут существовать в свободной ионной форме и в дальнейшем аккумулироваться в ткани плотвы. Поэтому основная причина депонирования и накопления этих токсичных веществ в мышцах плотвы связана с трансформацией поллютантов в воде в нерастворимые формы и их поступлением с пищей в организм рыбы, а также с транспортом комплексных соединений через жаберную чешую и слизь. Плотва по типу питания является эврифагом, следовательно, исследуемый вид употребляет в пищу водные растения или личинки рыб, на поверхности которых осаждаются гидроксиды, впоследствии проникающие в мышечную ткань. Также сделано предположение, согласно которому на депонирование нерастворимых форм тяжелых металлов оказывают влияние гидрокарбонат-ионы. Эти анионы в слабощелочной среде переходят в карбонат-ионы. Поскольку вода в озере Воже щелочная, то возможно образование карбонатов тяжелых металлов. Однако эти вещества в воде не существуют и подвергаются гидролизу с образованием нерастворимых гидроксидов.

Таким образом, химический состав воды из озера Воже по основным группам показателей практически не отличается от состава других водных объектов Вологодской области. В мышечной ткани плотвы обнаружены тяжелые металлы и установлены их концентрации. На накопление поллютантов в мышцах плотвы оказывают влияние следующие группы показателей: pH, цветность, содержание гидрокарбонат-ионов.

Выражаем благодарность за предоставление биологического материала сотрудникам Вологодского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Список литературы

1. Любченко, О.В. Проблемы и современное состояние сети природоохранных территорий северо-запада Европейской части России / О.В. Любченко, Т.Ю. Ливеровская, Е.М. Литвинова // Жизнь Земли. – 2014. – Т. 35. – С. 81–101.
2. Болотова, Н.Л. Биоиндукция ртутного загрязнения водных объектов Вологодской и Нижегородской областей (на примере рыб как тест-объектов) / Н.Л. Болотова, Н.Ю. Тропин, Г.В. Шурганова // Экология и промышленность России. – Т. 19, №5. – С. 13–19.
3. Природа Вологодской области: науч. изд. / под ред. Г. А. Воробьева. – Вологда: Вологжанин, 2007. – 440 с.
4. ГОСТ 31681-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 01.01.2014. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 32 с.
5. Денисова, Д.С. Сравнительный анализ содержания железа, меди и цинка в мышечной ткани промысловых видов рыб / Д.С. Денисова, М.А. Назарова // Modern scientific potential: материалы междунар. науч. конф. (Шеффилд, 28 февраля–7 марта 2020 г.): Т. 3 / [отв. ред. Сергей Екимов]. – Шеффилд, 2020. – С. 19–24.
6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2019 году / Правительство Вологодской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. – Вологда, 2020. – 262 с.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 06.11.2001. Введ. 01.07.2002. – Москва: ИПК издательство стандартов, 2001. – 269 с.

8. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах: монография / О.А. Давыдова, Е.С. Климов, Е.С. Ваганова, А.С. Ваганов; под ред. Е.С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
9. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах / О.А. Давыдова, Е.В. Коровина, Е.С. Ваганова [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. – 2016. – Т. 8, №2. – С. 40–50.

Выделение и характеристика поли-3-гидроксibuтирата из галофильных бактерий *Salinivibrio* sp. EG6S8QLЮ. П. Доливец¹, И. М. Ибрахим², В. С. Гринева^{1,3}, Ю. П. Федоненко^{1,3}, С. А. Коннова^{1,3}¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

²Фаюмский университет,

Фаюм, Египет

³Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

Саратов, Россия

yulia.dolivets@mail.ru

Ключевые слова: поли-3-гидроксibuтират, *Salinivibrio*, галофильные бактерии.

Пластические массы широко используются практически во всех отраслях промышленности благодаря своим свойствам, стоимости, особенностям производства и эффективности использования. Однако устойчивость изделий из пластмасс к биоразложению постепенно привела к проблеме накопления большого количества пластика в окружающей среде. Одно из перспективных направлений решения данной проблемы – использование биопластика, который при сохранении всех преимуществ синтетических полимеров способен к разложению ферментативными системами микроорганизмов. Постоянное улучшение потребительских свойств биопластиков приводит к более широкому их использованию. Биопластик включает полимерные соединения различной природы: полигидроксиалканоаты (ПГА), такие как полигидроксивалерат, полигидроксibuтират (ПГБ), полигидроксигексаноаты, а также полимолочные кислоты, полисахариды (целлюлоза, крахмал и их производные), полиамиды, белковые и липидные биопластики и т.д. Термопластичные полимеры ПГА продуцируются микроорганизмами (как грамположительными, так и грамотрицательными) и некоторыми растениями. Чаще всего синтезируемые ПГА используются микробами в качестве источника углерода и энергии при неблагоприятных условиях. Материалы на основе ПГА используются в различных сферах деятельности человека [1].

Наиболее используемым представителем биопластиков группы ПГА является ПГБ, который по механическим свойствам схож с нефтехимическими пластмассами, такими как изотактический полипропилен, полиэтилен и др. Материалы на основе ПГБ характеризуются биосовместимостью, химической инертностью, низкой термической стабильностью, переменной жесткостью и хрупкостью из-за различий в степени кристалличности. Поиск новых микроорганизмов-продуцентов ПГБ сохраняет свою актуальность. Целью представляемой работы являлось скрининговое исследование галофильных бактерий, изолированных из соленых озер Карун (Египет) и Эльтон (Россия) по оценке способности к накоплению ПГБ, а также выделение и характеристика ПГБ, продуцируемого отобранным по результатам скрининга штаммом *Salinivibrio* sp. EG6S8QL. Галофилы, считающиеся хорошими кандидатами для производства ПГА, продуцируют полимеры с высокой молекулярной массой, а общее содержание полимеров может составлять до 65 % биомассы. Мы использовали галофильные бактерии [2] для тестирования способности продуцировать и накапливать ПГА/ПГБ. В качестве специфических красителей были выбраны судан черный и нильский красный для исследования световой и флуоресцентной микроскопией, соответственно. По результатам скрининга был отобран штамм *Salinivibrio* sp. EG6S8QL, который характеризовался наиболее выраженным накоплением красителей при микроскопическом исследовании. Динамику накопления гранул ПГА/ПГБ клетками исследуемого штамма после 1, 3, 5 и 7 суток культивирования осуществляли методом просвечивающей электронной микроскопии. В клетках *Salinivibrio* sp. EG6S8QL через 72 ч культивирования на среде Sehgal-Gibbons (S-G) были выявлены крупные гранулы ПГА/ПГБ.

Для выделения и характеристики структурных особенностей ПГА бактерии штамма EG6S8QL культивировали в течение 3 сут в жидкой среде S-G, затем бактериальные клетки осаждали центрифугированием (3000 g, 30 мин). Препаративное выделение ПГА осуществляли экстракцией биомассы исследуемых бактерий хлороформом после предобработки клеток NaOCl (1 ч, 60 °C). Полученный полимер трижды промывали деионизованной водой, перерастворяли хлороформом и высушивали на часовых стеклах. Выход полимера составил 93 % сухой массы бактериальных клеток, что соответствовало 9,3 г/л. Для характеристики структурных особенностей полимера использовали метод инфракрасной спектроскопии с фурье-преобразованием (ИК-спектроскопии). ИК-спектр анализируемого вещества содержит полосы поглощения при 1724 см⁻¹ (маркерный пик, наличие сложного эфира карбонила), соответствующего C=O, растягивающей группы, и 1279 см⁻¹ (C-O). Полосы в 1228 см⁻¹, 1379 см⁻¹ и 1184 см⁻¹ соответствуют колебаниям, которые указывают на наличие сложноэфирной связи C-O-C. Полоса поглощения при 3435 см⁻¹ соответствует колебаниям терминальной группы OH. Спектр полимера, выделенного из клеток *Salinivibrio* sp. EG6S8QL соответствовал описанным ранее спектрам ПГБ [3]. Анализ структуры полимера методом спектроскопии ядерно-магнитного резонанса продемонстрировал наличие в исследуемом полимере протонов и углеродов, химические сдвиги которых были идентичны таковым для ПГБ, выделенных из других микроорганизмов. Термогравиметрический анализ образца ПГБ подтвердил его высокую чистоту. Процессы разложения наблюдались при температуре около 300 °C, когда наибольшая потеря массы составляла 99,29 %. Кривая дифференциальной сканирующей калориметрии выявила наличие двух сливающихся, но четко разрешенных эндотермических пиков: первый соответствовал фазовому переходу, начинающемуся при 142 °C, из-за перегруппировки полимерной цепи ПГБ с последующим большим расходом тепла; второй выявлен с максимумом при 172 °C, что соответствует процессу плавления. Степень кристалличности образца ПГБ соответствовала 60,11 %. Согласно данным масс-спектрометрии, основным газообразным продуктом разложения является мономер поли-3-гидроксибутановой кислоты. Одним из важных критериев экологичности использования продуктов из ПГБ является их способность к биодеградации в различных экосистемах [4]. Мы анализировали способность к разрушению пленок ПГБ в лабораторных условиях микроценозами лесной и огородной почв, образцы которых были нами отобраны на территории природного парка Кумысная поляна (г. Саратов). Параллельно с оценкой биодеградации пленок ПГБ осуществлялась характеристика микробиологического состава почвы. Убыль массы всех пленок ПГБ отмечалась уже к 7 сут инкубации в почве, затем наступала фаза интенсивной деструкции. Образцы пленок ПГБ полностью разлагались в огородной почве к 25 сут, в лесной почве – к 35 сут. Для используемых почв были показаны различия в составе эколого-трофических групп микроорганизмов. В лесной почве количество копиотрофных бактерий было ниже, чем прототрофных и выше, чем олиготрофных; численность азотфиксаторов была низкой. В огородной почве численность копиотрофных бактерий была почти в 3 раза больше, чем в образцах лесной почвы. Низкие коэффициенты минерализации и олиготрофности, меньшее количество азотфиксаторов – являются наиболее благоприятными условиями для быстрой биодеградации пленок ПГБ.

Список литературы

1. Kavitha G., Rengasamy R., Inbakandan D. Polyhydroxybutyrate production from marine source and its application // Int. J. Biol. Macromol. – 2018. – V. 111. – P. 102–108.
2. Ибрахим И.М., Коннова С.А., Сигида Е.Н., Федоненко Ю.П., Сафронова В.И. Галофильные и галотолерантные бактерии–продуценты экзополисахаридов, выделенные из соленых озер Карун (Египет) и Эльтон (Россия) // Изв. Сарат. ун-та. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, вып. 3. – С. 345–353.
3. Cheng M.-L., Sun Yi-M., Chen H., Jean Y.C. Change of structure and free volume properties of semi-crystalline poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) during thermal treatments by positron annihilation lifetime // Materials Sci. – 2009. – V. 50, N. 8. – P. 1957–1964.
4. Dey S., Tribedi P. Microbial functional diversity plays an important role in the degradation of polyhydroxybutyrate (PHB) in soil // 3 Biotech. – 2018. – V. 8:171.

Мониторинг состояния ГЭБ с помощью электрической активности мозга

А. С. Евсюкова, А. П. Хороводов, А. Т. К. Мамедова, А. В. Терсков, И. А. Блохина,

М. М. Климова, О. В. Семячкина-Глушниковская

Саратовский национальный исследовательский государственный

университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

arina-evsyukova@mail.ru

Ключевые слова: гематоэнцефалический барьер, ЭЭГ-паттерны.

Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) является высокоселективным барьером, который формируется микрососудистыми эндотелиальными клетками. ГЭБ играет жизненно важную роль в здоровье центральной нервной системы, препятствуя прохождению патогенов и токсинов [1]. В связи с этим крайне важно контролировать состояние ГЭБ, основным методом контроля проницаемости ГЭБ является МРТ диагностика. Однако данный метод требует наличия дорогостоящего оборудования, специальных технических навыков и медикаментозного вмешательства. Известно, что при изменении проницаемости ГЭБ меняется электрическая активность мозга, что дало почву для разработки уникальной технологии оценки состояния ГЭБ по ЭЭГ-паттернам. Целью исследования является изучение взаимосвязи повышения проницаемости ГЭБ путем анализа ЭЭГ-паттернов.

Исследование проводилось на самцах крыс линии Вистар возрастом 4 месяца весом 250 грамм ($n=30$). Анализ ЭЭГ-активности у крыс проводили с помощью имплантированных телеметрических электродов (координаты от брегмы L 2,5 мм; D 2 мм). Животные были разделены на следующие группы: 1 – открытие (ОГЭБ, $n=20$) и контроль ($n=10$). Для физиологического и обратимого открытия ГЭБ использовалась оригинальная методика, в основе которой лежит применение громкого звука [2]. Запись ЭЭГ-паттернов проводили в течение 30 мин после звукового воздействия. Для оценки результатов открытия ГЭБ применялись методы флуоресцентного и спектрофлуориметрического анализа выхода красителя Evans Blue из церебральных сосудов в ткани мозга. Для выявления ЭЭГ-паттернов, ассоциированных с ОГЭБ, применяли метод кросс-рекуррентного анализа [3].

В ходе флуоресцентного (рис.1 А) и спектрофлуориметрического анализа (рис.1 Б) было показано, что звуковое открытие ГЭБ в 11 регионах мозга происходит через латентный период в 1 час и сопровождается увеличением проницаемости церебральных сосудов для красителя Evans Blue без изменений в физиологии слуха и отсутствием морфологических повреждений нервной ткани. Результаты анализа ЭЭГ-паттернов (рис.1 В) наглядно демонстрируют изменения в тета и дельта-диапазонах расчетного значения индекса кросс-рекуррентного анализа для животных с ОГЭБ ($26,82 \pm 5,37 / 24,52 \pm 1,29$) и крыс из контрольной группы ($12,39 \pm 3,14 / 6,10 \pm 1,58$). Что позволяет сделать вывод о возможном применении показаний электрической активности мозга для оценки проницаемости ГЭБ.

Таким образом, на основе полученных данных была разработана технология мониторинга проницаемости ГЭБ, обладающая большим потенциалом для быстрого внедрения в клиническую практику с целью ранней диагностики заболеваний мозга, ассоциированных с нарушением ГЭБ, такие как болезнь Паркинсона, Альцгеймера, травмы головного мозга, инсульты и онкология.

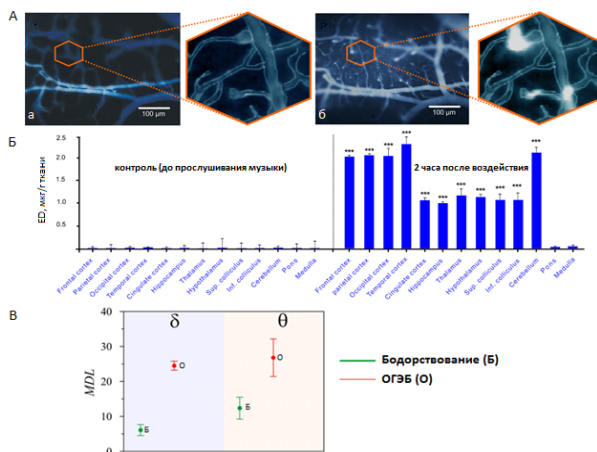


Рисунок - А. Флуоресцентная визуализация в реальном режиме времени экстравазации Evans Blue из церебральных сосудов в ткани мозга: а – в норме; б – после прослушивания громкой рок музыки (экстравазация показана в виде яркой флуоресценции вокруг сосуда). **Б.** Спектрофлуориметрический анализ содержания красителя Evans Blue (ED, мкг/г ткани) в 11 регионах мозга мыши до и после звукового открытия ГЭБ: - $p < 0,001$ относительно контрольной группы (без музыки), $n=15$ в каждой группе. **В.** Нелинейный анализ динамики ЭЭГ в состоянии бодрствования (Б) и ОГЭБ в состоянии бодрствования (О)

Список литературы

1. Benz F. Structure and Function of the Blood–Brain Barrier (BBB)/ Benz F., Liebner S.// Handbook of Experimental Pharmacology. – 2020 – 164 – P. 404.
2. Semyachkina-Glushkovskaya O. Phenomenon of music-induced opening of the blood-brain barrier in healthy mice / O. Semyachkina-Glushkovskaya, A. Esmat, D. Bragin, O. Bragina, A. A. Shirokov, N. Navolokin, Y. Yang, A. Abdurashitov, A. Khorovodov, A. Terskov, M. Klimova, A. Mamedova, I. Fedosov, V. Tuchin, J. Kurths // Proc. R. Soc. – 2020. - Vol.287. – P. 20202337.
3. Eckmann J. P. Recurrence Plots of Dynamical Systems / J. P. Eckmann, S. Oliffson Kamphorst, D. Ruelle // Europhys. Lett. – 1987. – Vol. 4. – P. 973.

Биологическое разнообразие почвенного банка семян островных лесных сообществ долины реки Волги

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, фитоценоз, ценопопуляция, жизненная форма, биоразнообразие.

Наличие почвенного банка жизнеспособных семян в лесных сообществах – явление, широко распространенное в природе. Свойство семян сохраняться в почве длительное время выработалось у определенной группы растений как приспособление для сохранения вида [1]. Закономерности связи банка семян с флористическим составом растительных сообществ используются при определении тенденций формирования структуры сообществ [2]. Лесные сообщества на пойменных почвах с этой точки зрения изучения структуры недостаточно исследованы [3], что обуславливает актуальность исследования.

Исследование банка семян проводилось в лесных сообществах острова Дубовая грива, отличающихся структурой и составом, а также условиями местообитания. Были исследованы сообщества, расположенные в разных частях поймы реки Волга: дубрава ландышевые и дубрава мертвопокровная, вязовники ежевичные, белотопольники кострецовый ивейниковый. В данных сообществах сформировались аллювиальные почвы, которые характеризуются затоплением паводковыми водами и отложением на поверхности почв свежих слоев аллювия. Изучение качественного и количественного состава банка семян проводилось методом лабораторного проращивания [4]. Термины, говорящие о происхождении семян (реликтовые, инвазионные или заносные, автохтонные или местные) используются в понимании В.В. Петрова [4]. Названия видов проводятся по П.Ф. Маевскому [5].

В травяном ярусе и почвенном банке семян изученных лесных фитоценозов зарегистрированы 76 видов растений, относящихся к 35 родам из 17 семейств, преобладающими являются семейства *Compositae* (6 видов), *Labiatae* (5 видов), *Gramineae* (5 видов). В почвенном запасе семян всех сообществ отмечены жизнеспособные диаспоры четырех «верных» видов, присутствующих в почве этих участков в течение всего времени наблюдения. Это ценопопуляции – *Dryopteris filix mas*, *Stellaria holostea*, *Bidens tripartita*, *Galium mollugo*. Семена этих видов довольно часто содержатся в почвах лесных фитоценозов [4]. Эти виды обеспечивают процессы семенного самоподдержания ценопопуляции за счет способности длительное время сохранять жизнеспособность.

Семенные банки пойменных лесных сообществ являются структурой, в определенной степени автономной по отношению к образующим их фитоценозам. И фитоценоз, и почвенный банк семян содержат в своем составе различные виды растений, но при этом имеют довольно значительное сходство, что отражено в коэффициенте Жаккара ($K_j=0,70$). Различие в видовых составах фитоценоза и почвенного запаса, объясняется наличием в сообществе ценопопуляций, присутствующих либо только в травостое, либо только в почве в виде жизнеспособных семян различного происхождения: местных, реликтовых и заносных видов.

Все ценопопуляции, представленные в изученных фитоценозах, расклассифицированы на 3 группы в зависимости от присутствия в их составе почвенном банке семян: I группа – ценопопуляции, не формирующие семенной банк (образованы заносными семенами); II группа – активные ценопопуляции (образованы местными заносных); III группа – латентные ценопопуляции (образованы реликтовыми семенами). Первая группа представлена, *Poa sp.*, вторая – *Ulmus glabra*, *Galium aparine*, и третья – *Dryopteris cristata*, *Stellaria holostea*. Соотношения этих групп почвенном запасе лесных сообществ показывает, что значительная часть ценопопуляций представлена жизнеспособными семенами третьей группы, а первая и

вторая группы представлены в практически одинаковых соотношениях. Таким образом, семенной банк пойменных лесных сообществ района исследования содержит в своем составе семена различного происхождения.

В спектре жизненных форм семенные банки пойменных лесных сообществ господствуют травянистые растения (94,4 %), но также присутствуют семена древесных и кустарниковых видов (5,6 %). Среди травянистых видов преобладают длиннокорневищные и стержнекорневые травянистые поликарпики, менее многочисленны короткорневищные, стержнекистекокорневые, рыхлодерновинные и кистекокорневые травы. В семенном банке лесных ценозов поймы реки Волги возрастает доля ценопопуляций видов многолетников. Это служит одним из показателей слабой нарушенности фитоценозов, так как чем выше число ценопопуляций видов-эксплерентов, тем более антропогенно нарушен ценоз. Для изученных лесных фитоценозов можно отметить незначительное участие однолетних и двулетних растений в почвенном запасе семян.

Максимальным количеством видов характеризуются представители евроазиатской и цимкубореальной географических групп, в меньшем количестве встречаются еврозападносибирские виды и в минимальном числе - восточно-евроазиатские и восточно-европейские виды.

Среди ценопопуляций в банке семян значительная часть относится к лесным видам растений, но в значительном количестве встречаются прибрежно-водные и сорные виды растений. Менее многочисленны луговые и степные виды.

По способу опыления наибольшее количество характерно для энтомофилов. Возможно, энтомофилы наиболее приспособлены к экологическим условиям, сформировавшимся в данных сообществах, чем анемофилы.

В семенном банке наиболее представленными являются виды, имеющие плод – семянка (25 %), практически в одинаковых количествах отмечены орешек, коробочка и зерновка (13, 13 и 12 % соответственно).

Таким образом, изученные почвенные запасы семян пойменных лесных фитоценозов достаточно четко различаются по флористическому богатству. Для них характерно высокое содержание жизнеспособных семян в почве, среди которых помимо семян сивантов, в значительном количестве встречаются семена степантов, пратантов, палодантов и рудерантов. Банк семян в таких фитоценозах формируется в основном за счет реликтовых и заносных семян, но в некоторых случаях встречается значительное число местных семян. Своеобразие семенных банков определяется историей формирования изученного конкретного фитоценоза, флористическим составом, ближайшим фитоценотическим окружением, антропогенными факторами.

Список литературы

1. Работнов Т. А. Жизнеспособные семена в почвах природных биогеоценозов СССР / Т. А. Работнов // Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. М., 1982. С.35 – 59.
2. Володина И. А. Почвенные банки семян пустынно-степных сообществ Северо-Западного Прикаспия : Дис. ... канд. геогр. наук: / И. А. Володина. М., 1996. 195 с.
3. Торгашкова О.Н. Банк семян в почвах некоторых пойменных лесных сообществ долины реки Волги / О. Н. Торгашкова, Л. П. Машкова, Ю. В. Ушакова // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. Саратов. 2008. № 7. С. 95 – 101.
4. Петров В. В. Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР/ В. В. Петров. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 176 с.
5. Маевский П. Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР / П. Ф. Маевский. Л.: Колос, 1964. – 880 с.

Выделение из корневой зоны *Miscanthus × giganteus* ризобактерий, проявляющих устойчивость к тяжелым металлам и стимулирующий рост растений потенциал

Н. А. Зеленова¹, А. Ю. Муратова², Е. В. Плевакова^{1,2}

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия
n.a.zelenova98@yandex.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, ризосферная микрофлора, мискантус.

Изучение ризосферной микрофлоры растений-фиторемедиантов, оценка изменений численности почвенных микроорганизмов в ризосфере под влиянием тяжёлых металлов (ТМ) может рассматриваться как инструмент мониторинга почвенного здоровья. Выделение устойчивых к поллютантам штаммов микроорганизмов, близко ассоциированных с растениями, может послужить основой для создания биопрепаратов, обеспечивающих рост растений-фиторемедиантов для очистки загрязнённой почвы. *Miscanthus giganteus* Greef et Deu – биоэнергетический вид растений, чья биомасса используется для получения биотоплива. Вместе с тем, мискантус является эффективным фиторемедиантом загрязнённых ТМ почв [1]. Возможность выращивания этого растения на загрязнённых почвах и использование его биомассы с целью получения биотоплива делает это растение весьма перспективным в хозяйственной деятельности.

Целью работы было составить характеристику устойчивости к ТМ и стимулирующего рост растений потенциала у микроорганизмов, изолированных из корневой зоны растений *M. giganteus*, выращенных в загрязнённой ТМ почве в условиях лабораторного вегетационного опыта.

На первом этапе исследования проводился высеv образцов ризосферной почвы на агаризованные богатые и селективные питательные среды (мясо-пептонный агар, крахмало-аммиачный агар, среду Мартина и среду для ризобий) для оценки численности бактерий, актиномицетов, грибов и ризобий в корневой зоне *M. giganteus* и получения чистых культур ризосферных штаммов. Изолированные колонии различных морфотипов принимались за колонии различных микроорганизмов и отсеивались для получения чистых культур. В результате проведённого исследования была создана коллекция, включающая 23 штамма ризосферных микроорганизмов, которые были отсеяны на хранение для дальнейшей работы.

Для всей коллекции микроорганизмов были определены значения минимальной ингибирующей концентрации (МИК) и максимальной толерантной концентрации (МТК). МИК определяли как минимальную концентрацию металлов в среде, при которой рост исследуемого микроорганизма отсутствовал. МТК определяли как последнюю концентрацию металла в среде, при которой рост исследуемого микроорганизма не ингибировался.

Согласно полученным результатам из 23 проанализированных штаммов 4 проявляли устойчивость к Zn^{2+} (2.a и 1.c – к 3 ммоль/л; 2.2.a и 1.1.c – к 2,5 ммоль/л), 4 – устойчивость к Ni^{2+} (2.a, 2.2.a, 1.c и 1.1.c – к 3 ммоль/л), а самым токсичным ТМ оказался Cu^{2+} – устойчивость проявил только один штамм (1.b), рост которого прекращался при концентрации Cu^{2+} выше 2 ммоль/л.

По результатам анализа было отмечено 4 штамма, проявляющих наибольшую устойчивость к исследуемым ТМ – 2.a, 2.2.a, 1.c и 1.1.c. Наибольшую устойчивость ризобактерии проявили в отношении Ni. Штаммов, устойчивых к максимальной исследованной концентрации металлов ($\geq 5,0$ ммоль/л), обнаружено не было.

Далее у всех выделенных штаммов исследовались признаки, характерные для стимулирующих рост растений ризобактерий (PGPR):

- способность ассимилировать атмосферный азот, которую оценивали по росту на безазотистой среде;

- способность мобилизовать фосфор из трудно растворимых фосфатсодержащих соединений у исследуемых изолятов оценивали по образованию зон растворенного фосфата кальция на среде Муромцева;

- способность синтезировать сидерофоры – органические соединения, образующие хелатные комплексы с железом, проводили с использованием CAS-агара;

- способность синтезировать фитогормон индолил-3-уксусную кислоту (ИУК) при росте на среде с триптофаном оценивали качественным методом по Сальковскому.

Согласно полученным результатам, из 23 исследованных штаммов ризобактерий, выделенных из корневой зоны *M. giganteus*, 14 оказались способными ассимилировать атмосферный азот; только 4 штамма оказались способны растворять фосфаты; способность к продукции сидерофоров была выявлена у 5 штаммов; а образование индольных производных было обнаружено у 9 штаммов.

Оценивая распространенность PGPR-свойств среди изученной выборки микроорганизмов, можно заключить, что способность к фиксации атмосферного азота наиболее часто встречалась у исследованных штаммов (60 %). У 21 % изолятов обнаруживалась способность к продукции сидерофоров, у 39 % – способность к синтезу фитогормона ИУК. Наименее распространенным оказался признак растворения фосфатов – лишь 17 % штаммов проявляли это свойство.

Среди изученных микроорганизмов особое внимание заслуживал штамм 3.g, который проявлял все исследуемые свойства, а также штаммы 3.1.g и 1.z, проявившие три из четырёх анализируемых свойств.

В целом, по результатам проделанной работы было отобрано 7 штаммов, выделяющихся устойчивостью к ТМ и PGPR-свойствами: 2.a, 2.2.a, 1.c, 1.1.c, 3.g, 3.1.g и 1.z. В дальнейшем планируется провести подробный анализ влияния ТМ на рост выделенных ризобактерий, а также определить таксономическую принадлежность отобранных изолятов.

Сочетание устойчивости к тяжелым металлам и стимулирующей рост растений активности в одном микроорганизме или в сообществе отобранных штаммов при инокуляции ими растений мискантуса для задач фиторемедиации может повысить эффективность технологии за счет усиления роста растения в загрязнённом металлами грунте [2].

Список литературы

1. Влияние тяжелых металлов на микрофлору корневой зоны биоэнергетического растения *Miscanthus giganteus* / Сунгурцева И.Ю. и т.д. // «Гигиена и санитария на страже здоровья человека» Материалы межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. 2019. С. 165-168.
2. Ashraf M. A., Hussain I., Rasheed R., Iqbal M., Riaz M., & Arif, M. S. Advances in microbe-assisted reclamation of heavy metal contaminated soils over the last decade: A review // Journal of Environmental Management. 2017. 198. P. 132-143.

**Антимикробная активность водных дисперсий наночастиц серебра
в отношении бактерий – возбудителей гнойно-воспалительных заболеваний**

К. В. Зубова¹, Е. В. Глинская¹, Т. А. Шульгина², О. В. Нечаева³

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

² Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии

³ Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина
Саратов, Россия

zubovaksushechka@mail.ru

Ключевые слова: наночастицы серебра, антимикробная активность, условно-патогенные бактерии, стабилизаторы.

Одной из главных проблем биологии, медицины и ветеринарии является рост и распространение антибиотикорезистентных штаммов условно-патогенных микроорганизмов [1]. Поиск и внедрение в практику новых веществ с антимикробной активностью является одной из важнейших задач. В настоящее время особенно актуальным является использование металлических наноструктур, а именно наночастиц серебра, поскольку они способны подавлять рост и развитие бактерий в результате нарушения метаболических процессов в клетках, не вызывая развитие устойчивости [2, 3]. Важным этапом при создании препаратов на основе наночастиц является выбор стабилизатора, который сохраняет структуры в наноразмерном диапазоне, обеспечивая эффективность и препятствуя увеличению токсичности препарата [4].

Целью работы являлось изучение антимикробных свойств водных дисперсий наночастиц серебра, стабилизированных природными и синтетическими полимерами.

Исследовали водные дисперсии наночастиц серебра с различными стабилизаторами. В качестве экспериментальных моделей были использованы стандартные штаммы *S. aureus* 209 P, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Serratia marcescens* ATCC 3880/220015, *Proteus mirabilis* ATCC 3177 (O-форма), полученные из государственного НИИ стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов имени Л. А. Тарасевича, а также клинические штаммы *S. aureus* № 3, 21, 111, 311, 327, выделенные от больных с гнойными поражениями кожных покровов.

Антимикробную активность водных дисперсий наночастиц серебра оценивали с помощью метода серийных разведений в мясо-пептонном агаре (МПА). Суточные тест-культуры в концентрациях 10^4 м.к./мл наносили на мясо-пептонный агар, распределяв шпателем и поместив в термостат на 24 часа при температуре 37 °С, после чего проводили подсчет выросших колоний. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программного обеспечения Statistica 10.0 (for Windows; «StatSoftInc.», США), Microsoft Excel 2007 (for Windows7). Определяли χ^2 при ранговом дисперсионном анализе и конкордации Кендалла.

На первом этапе было установлено, что стабилизаторы в исследуемых концентрациях не проявляют антимикробных свойств и могут быть использованы в дальнейшей работе.

При исследовании водных дисперсий наночастиц серебра, стабилизированных поливиниловым спиртом, наибольшей чувствительностью обладали бактерии *P. mirabilis*, при концентрации 3 % КОЕ снижалось на 90 % по сравнению с контролем. Также высокая чувствительность отмечена у стандартного и клинических штаммов *S. aureus*, в отношении которых концентрации 0,5-3 % оказывали бактерицидное действие, снижая показатели КОЕ от 90,2 % до 70,4 %. Наибольшей устойчивостью к препарату обладали грамотрицательные бактерии *E. coli*.

К наночастицам серебра, стабилизированным природным полимером карбоксиметил целлюлозой, наибольшей чувствительностью характеризовался штамм *P. mirabilis*, при концентрации 2-3 % препарат оказывал бактерицидное действие. Для стандартного штамма

S. aureus 209 P и клинических штаммов *S. aureus* бактерицидными являлись концентрации от 0,5 до 3 %. Устойчивыми к действию AgСМС были бактерии *E. coli*.

Водная дисперсия наночастиц серебра, стабилизированных олеатом натрия, характеризовалась низким уровнем биоцидной активности. Все рабочие разведения AgOleNa оказывали частично бактерицидное действие в отношении исследуемых штаммов бактерий.

Высокой чувствительностью к наночастицам серебра с додецилсульфатом натрия обладали все штаммы *S. aureus*. Антимикробное действие для грамотрицательных бактерий наблюдалось в диапазоне концентраций 1-3 %, снижение КОЕ *P. mirabilis* происходило на 62,5-92,7 %, *S. marcescens* – на 43,3-81,6 %, *E. coli* – на 62,6-84,8 %. Однако, додецилсульфат натрия является высоко токсичным препаратом, чтобыла установлен ранее на культурах клеток дермальных фибробластов человека [4].

Высоким антибактериальным эффектом обладали водные дисперсии наночастиц, стабилизированные полиазолидинаммонием, модифицированным гидрат-ионами йода. Бактерицидный характер действия установлен для рабочих концентраций от 0,5 до 3 % в отношении стандартного и клинических штаммов *S. aureus*. Для грамотрицательных бактерий наиболее эффективными являлись концентрации от 1 до 3 %, снижая значение КОЕ *P. mirabilis* на 79,2-92,7 %, *S. marcescens* – на 35,1-69,1 %, *E. coli* – на 45,9-56,1 %.

Полученные результаты позволили установить, что наиболее перспективными для дальнейших исследований являются водные дисперсии наночастиц серебра, стабилизированные полиазолидинаммонием, модифицированным гидрат-ионами йода, поскольку обладают высоким антимикробным эффектом и низкой токсичностью.

Список литературы

1. Панин А. Н. Проблема резистентности к антибиотикам возбудителей болезней, общих для человека и животных / А. Н. Панин, А. А. Комаров, А. В. Куликовский // Ветеринария и зоотехния: ветеринария. 2017. № 5. С. 18 – 24.
2. Станишевская И. Е. Наночастицы серебра: получение и применение в медицинских целях / И. Е. Станишевская, А. И. Марахова, А. М. Стойнова // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 1(14). С. 66 – 69.
3. Захаров А. В. Исследование активности наночастиц серебра *in vitro* и *in vivo* в отношении лекарственно-устойчивого штамма *Mycobacterium tuberculosis* / А. В. Захаров, А. Л. Хохлов // Вестник ВолгГМУ. 2018. № 3 (67). С. 43 – 46.
4. Verkhovskii R. Physical properties and cytotoxicity of silver nanoparticles under different polymeric stabilizers / R. Verkhovskii, O. Nechaeva, A. Kozlova [et al.] // Heliyon. 2019. V. 5, № 3. P. e01305.

**Выявление эффективных линий-гаплоиндукторов кукурузы
русской и зарубежной селекции**А. В. Карлов¹, Э. Б. Хатефов², О. И. Юдакова¹¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

Саратов, Россия

²Федеральный исследовательский центр Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР)

Санкт-Петербург, Россия

dra29399@gmail.com

Ключевые слова: гаплоиндукция, гаплоид, частота гаплоиндукции, инбридинг.

Широкое использование в мировом земледелии кукурузы требует её постоянного селекционно-генетического улучшения, и, в частности, создания гибридов на основе инбредных родительских линий. В последние десятилетия для получения инбредных линий кукурузы со 100 %-ной гомозиготностью всё чаще стал использоваться метод гаплоиндукции. Несмотря на то, что в арсенале селекционеров сегодня уже имеется более 50 различных линий-гаплоиндукторов, актуальной задачей остается создание новых гаплоиндукторов, характеризующихся высокой частотой появления гаплоидов в потомстве, адаптированных к различным географическим и климатическим условиям, а также к срокам цветения материнских форм [1].

Цель данной работы заключалась в тестировании линий кукурузы зарубежной и отечественной селекции на способность к гаплоиндукции, при выращивании их в районах, отличающихся по влагообеспеченности. Материалом исследования послужили линии-гаплоиндукторы из коллекции ВИР отечественной (С-799, ГИ-128, ГИ-13, ГИ-148) и зарубежной селекции (ГИ, Китай). Все линии маркированы гомозиготным доминантным геном *R1 - Navajo (R1-nj)*, детерминирующим антоциановую окраску зародыша и алейронового слоя эндосперма [2, 3]. В качестве материнской формы для тестирования частоты гаплоиндукции использовали линию ГК 26 М, рецессивную по гену антоциановой окраски и характеризующуюся цитоплазматической мужской стерильностью. Растения выращивались в открытом грунте в степной (Прохладенский район, ИПА ООО ТБОР) и предгорной (п. Нартан, ИСХ КБНЦ РАН) зонах Кабардино-Балкарской республики. Частоту гаплоиндукции определяли как отношение количества семян с окрашенным эндоспермом и неокрашенным (гаплоидным) зародышем к общему количеству завязавшихся семян, выраженное в процентах.

Проведенное исследование показало, что среди изученных линий наибольшее количество семян, завязавшихся на початках, наблюдалось у ГИ (Китай) и С-799. Вместе с тем, эти линии характеризовались самыми низкими значениями гаплоиндукции (табл.). Линии ГИ-128 и ГИ-135, напротив, имели низкую озерненность початков, но более высокую частоту семян с гаплоидными немаркированными зародышами. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа было установлено, что оба изученных показателя (количество завязавшихся зерен в початках и частота гаплоиндукции) демонстрируют зависимость как от генотипа линий, так и от условий выращивания растений (различия статистически достоверны при $p \leq 0,5$). В степной зоне у всех линий завязалось меньше семян на початках. Возможно, это связано с тем, что в Прохладенском районе в июле 2019 и 2020 гг. в период прохождения фазы цветения у кукурузы отсутствовали осадки, и температура воздуха поднималась выше $+30^{\circ}\text{C}$. У большинства линий в степной зоне также наблюдалась более низкая частота гаплоиндукции, и только у ГИ-148 количество зерен с гаплоидными зародышами, наоборот, несколько увеличилось (различия статистически достоверны при $p \leq 0,5$).

Таблица - Озерённость початков и частота гаплоиндукции у изученных линий кукурузы

№	Линия-гаплоиндуктор (фактор А)	Среднее количество семян, завязывающихся на початке, шт. (фактор В)			Частота гаплоиндукции, % (фактор В)		
		в предгорной зоне	в степной зоне	средняя по фактору А	в предгорной зоне	в степной зоне	средняя по фактору А
1	ГИ-128	120	115	117,5а	5,2	4,2	4,7с
2	ГИ-135	165	150	157,5с	5,5	5,1	5,3d
3	ГИ-148	165	146	155,5в	4,5	4,9	4,7с
4	ГИ (Китай)	285	250	267,5е	2,3	2,0	2,2а
5	С-799	201	200	200,0d	3,6	3,1	3,4в
Средняя по фактору В		187,3в*	171,9а*		4,17в*	3,9а*	

Примечания: Данные, обозначенные разными буквами в одном столбце и строке, достоверно различаются друг от друга по результатам двухфакторного дисперсионного анализа (Duncan's Multiple Range Test); * $p \leq 0,5$.

Исходя из полученных результатов можно констатировать, что наиболее перспективными для селекции с целью повышения эффективности гаплоиндукции являются линии ГИ-128, ГИ-135 и ГИ-148.

Список литературы

1. Асадова Г.М. Перспективы использования гаплоиндукторов в селекции кукурузы / Г.М. Асадова, А.В. Ульянов, М.В. Карлов, Э.Б. Хатефов // Биотехнология и селекция растений. – 2020. – № 2. – С. 16-29.
2. Кириллова, Г. А. Явление гаплоидии у покрытосеменных растений / Г.А. Кириллова // Генетика. – 1966. – Ч.1, № 2. – С. 220-230.
3. Nanda D.K. An embryo marker for detecting monoploids of maize (*Zea mays* L.) //D.K. Nanda / Chase Crop Science. – 1996. – № 2. – P. 213-215.
4. Hu H. The Genetic basis of haploid induction in maize identified with a novel genome-wide association method / H. Hu, T.A Schrag, R. Peis, S. Unterseer // Genetics. – 2016. – № 4. – P. 1267-1276.
5. Sangam L. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding / L. Sangam, B.A. Brittb, L. Tripathic // Biotechnology advances. – 2015. – № 1. – P. 812-829.

Микрокапсуляция клеток *Azospirillum brasilense* в альгинатном гидрогелеА. В. Коврижников¹, С. А. Коннова^{1,2}, М. А. Кузряшина²¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

Саратов, Россия

alexander.kovrizhnikov@gmail.com

Ключевые слова: *Azospirillum*, иммобилизация, Са-альгинатные шарики.

В настоящее время для экологизации агропромышленного производства значительная часть исследований направлена на получение иммобилизованных препаратов ризобактерий, которые сохраняют свою пролиферативную функцию и метаболическую активность как во время иммобилизации, так и после длительного биотехнологического использования [1]. Особый интерес в этой связи представляют почвенные рост стимулирующие diaзотрофы рода *Azospirillum*. Бактерии рода *Azospirillum* являются ключевым звеном в трансформации биогенных и абиогенных элементов в почве и образуют с растениями симбиозы, играющие важную роль в минеральном питании, продуктивности и адаптации растений к среде обитания [2]. Однако данные микроорганизмы не отличаются высокой конкурентоспособностью в ризосфере, а приемы иммобилизации могут способствовать интенсификации их физиологических возможностей.

Целью данного исследования было изучение возможности иммобилизации азоспирилл в Са-альгинатные шарики.

В качестве объекта исследования был выбран штамм *A. brasilense* SR80, из коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН. Культивирование бактерий проводили в колбах Эрленмейера на жидкой малатно-солевой среде при 37 °С. 2-ух суточную бактериальную культуру осаждали центрифугированием в асептических условиях. 1 г бактериальных клеток растворяли в 5 мл фосфатно-солевого буфера и смешивали с 50 мл стерильного раствора 5 % альгината натрия. Затем суспензию перемешивали в течение 30 мин при комнатной температуре. Для формирования Са-альгинатных шариков добавляли получившийся раствор к 0,2 М СаCl₂ по каплям, с использованием перистальтического насоса, с расстояния 20 см от поверхности раздела фаз через стерильный шприц. Полученные шарики дважды отмывали в чистом растворе 0,2 М СаCl₂ и хранили при 4 °С.

Качественное наличие жизнеспособных иммобилизованных клеток азоспирилл подтверждали высевом полученных образцов на плотную малатно-солевую среду. Культивирование проводили при 28°С в течение 5-7 дней. Также жизнеспособность бактериальных клеток, оценивали стандартным резазурин-тестом с незначительными модификациями [3]. Резазурин восстанавливается ферментами живых бактериальных клеток с продукцией флуоресцирующего продукта – резорурфина, выход которого коррелирует с дыхательной активностью. Исследования поверхностной морфологии носителя, и иммобилизованных бактерий осуществляли с использованием растрового электронного микроскопа высокого разрешения Mira\LMU («Tescan», Чехия).

Мы использовали метод «мягкой» иммобилизации, основанный на включении микробных клеток в альгинатный гель. Альгинат – это наиболее часто используемая матрица, для инкапсуляции ризосферных бактерий, поскольку он биоразлагаем, нетоксичен и биосовместим [4]. Диаметр альгинатных шариков варьировал в пределах 2-3 мм (рис.). Анализ степени инкапсуляции бактериальных клеток в гранулах показал, что использование 5 % альгината в качестве матрицы приводит к получению выхода иммобилизованных клеток более 70 %. При этом размер образовавшихся пор в структуре шариков не приводит к естественному «вымыванию» клеток из альгинатного геля, что подтверждается данными подсчета КОЕ злоота (табл.).

Таблица - Характеристика Са-альгинатных шариков с иммобилизованными азоспириллами

Штамм	Размер шариков, мм	Степень инкапсуляции, %	КОЕ, кл./шарик	КОЕ элюата, кл./мл
SR80	2-4	82,19±1,7	$(3 \pm 0,4) \times 10^7$	210

Результаты измерения респираторной активности опытных образцов (иммобилизованных клеток), свидетельствовали о наличии жизнеспособных клеток.

Внутренняя структура Са-альгинатных шариков, иммобилизованных азоспириллами по данным сканирующей электронной микроскопии представляет собой альвеолоподобную структуру, подобная морфология увеличивает полезную площадь соприкосновения клеток с субстратом и оказывает положительное влияние на рост бактерий. В толще геля бактериальные клетки расположены однородно и имеют целостную структуру.

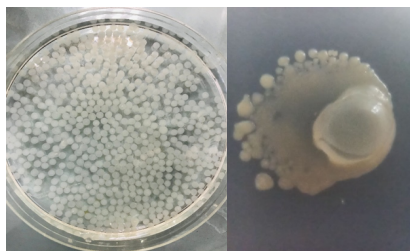


Рисунок - Внешний вид приготовленных Са-альгинатных шариков

В ходе данной работы нами были синтезированы Са-альгинатные шарики с иммобилизованным в их структуру клетками *A. brasilense* SR80. Исследована жизнеспособность азоспирилл в альгинатном гидрогеле.

Список литературы

1. John R.P., Tyagi R.D., Brar S.K., Surampalli R.Y., Prévost D. Bioencapsulation of microbial cells for targeted agricultural delivery // Crit Rev Biotechnol. – 2011. – Vol. 30. – P. 211-226.
2. Saikia S.P., Bora D., Goswami A., Mudoj K.D., Gogoi A. A review on the role of Azospirillum in the yield improvement of non leguminous crops // African J. Microbiol. Res. – 2012. – Vol. 6. – P. 1085-1102.
3. Rampersad S.N. Multiple applications of Alamar Blue as an indicator of metabolic function and cellular health in cell viability bioassays // Sensors (Basel). – 2012. – Vol. 12 (9). – P. 12347-12360.
4. He Y., Wu Z., Ye B., Wang Y., Guan X., Zhang J. Viability evaluation of alginate-encapsulated *Pseudomonas putida* Rs-198 under simulated salt-stress conditions and its effect on cotton growth // Eur. J. Soil. Biol. – 2016. – Vol. 75. – P. 135-141.

Двукрылые насекомые (Diptera), обитающие в гнездах береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области

Е. Н. Кондратьев

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

eugene.n.kondratyev@gmail.com

Ключевые слова: фауна, Diptera, нидиколы, береговая ласточка, *Riparia riparia*, Саратовская область.

Изучение нидикольной фауны гнезд птиц ведется в нашей стране давно [1], но долгое время ограничивалось изучением только паразитических видов [2,3]. Работ, посвященных представителям отряда двукрылых немногочисленны, но активно стали «появляться» в последнее время [4-8], однако посвященных свободноживущим двукрылым остается крайне мало [9-12]. Для Саратовской области информация о встрече видов данного отряда скудна и носит фрагментарный характер [13, 14].

В сообщении представлен анализ материала энтомологических сборов, полученных при обследовании гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области в летний и осенний сезон 2020 года в Саратовском и Хвалынском районах. Гнездовой материал извлекался из нор при их раскапывании. Полученный материал обрабатывался комбинированным способом – вручную [15] и с помощью термофотоэлектрора [16]. Всего было обследовано 66 гнезда береговой ласточки. При изучении гнезд вреда живым особям птиц нанесено не было.

В ходе исследования нами были получены следующие результаты, представленные в таблице.

Таблица - Двукрылые из гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)), собранные на территории Саратовской области в 2020 году

№	Семейство, вид	Связь с гнездом
I	Ceratopogonidae	
1	<i>Leptoconops borealis</i> Gutsevich, 1945	СН
II	Mycetophilidae	
2	<i>Epicyptha scotophora</i> (Perris, 1849)	СН
3	<i>Trichonta</i> sp.	СН
III	Sciaridae	
4	<i>Ctenosciara hyalipennis</i> (Meigen, 1804)	ФН
5	<i>Lycoriella</i> sp.	ФН
6	<i>Phytosciara porrecta</i> (Lengersdorf, 1929)	ФН
IV	Phoridae	
7	<i>Megaselia elongate</i> (Wood, 1914) (?)	ФН
8	<i>Metopina galeata</i> (Haliday, 1833)	ФН
V	Fanniidae	
9	<i>Fannia</i> sp. (larva)	ФН

Таким образом, двукрылые насекомые (Diptera) обнаруженные в гнездах береговой ласточки (*R. riparia*) на территории Саратовской области принадлежат к 5 семействам и 9 видам. Двукрылые были зафиксированы не во всех гнездах, а всего лишь в 23 %. Из общего состава 6 видов относятся к факультативным нидиколам (ФН) и 3 – к случайным нидиколам (СН).

Список литературы

1. Борисова В.И. К познанию фауны гнезд береговой (*Riparia riparia* L.), городской (*Delichon urbica* L.) и деревенской (*Hirundo rustica* L.) ласточек // Природные ресурсы Волжско-Камского края. Животный мир. 1968. Вып. 2. С. 162–179.

2. Борисова В.И. Итоги изучения экологии гнездово-норовых паразитов птиц ТАССР // Паразитология. 1972. Т. 6. № 5. С. 457-464.
3. Тагильцев А.А., Тарасевич Л.Н., Богданов И.И., Россолов М.А., Якименко В.В. Членистоногие нидиколы полевых воробья в природных очагах вирусных инфекций // Паразитология. 1984. Т. 18. № 1. С. 3-9.
4. Кривохатский В.А., Нарчук Э.П. Двукрылые (Diptera) – обитатели гнезд птиц в заповеднике «Лес на Ворскле» (Белгородская область) // Энтомологическое обозрение. 2001. Т. 80. № 2. С. 383–397.
5. Матюхин А.В., Кривошеина М.Г. К изучению двукрылых насекомых (Diptera) – паразитов птиц // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. № 1. С. 124–125.
6. Гапонов С.П., Хицова Л.Н. Экологический обзор паразитических короткоусых круглошовных двукрылых (Diptera, Brachycera – Cyclorhapha) Среднего Подонья // Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология. 2009. № 34. С. 115–122.
7. Нарчук Э.П., Матюхин А.В. Высшие двукрылые (Diptera, Cyclorhapha) – обитатели гнезд птиц на территории России и Украины // Энтомологическое обозрение. 2012. Т. 91. № 1. С. 79–85.
8. Гапонов С.П., Теуэльдэ Т.Р. Паразитические виды каллифорид (Diptera, Calliphoridae) в гнездах птиц в урбосистемах г. Воронежа // Вестник Тверского госуниверситета. Серия «Биология и экология». 2019. № 3 (55). С. 112–122.
9. Кривохатский В.А. Членистоногие животные – обитатели гнезд птиц лесостепной дубравы // Проблемы кадастра, экологии и охраны природы животного мира России. Воронеж, 1990. С. 104–106.
10. Гапонов С.П. Круглошовные двукрылые (Diptera, Cyclorhapha) в гнездах воробьиных птиц (Aves, Passeriformes) в Центральном Черноземье // Место и роль двукрылых насекомых в экосистемах. Сборник научных трудов. СПб, 1997. С. 35–36.
11. Теуэльдэ Т.Р., Гапонов С.П. Двукрылые (Diptera) в гнездах птиц в г. Воронеже // Глобальные экологические проблемы: локальное решение. Материалы II международной конференции (г. Борисоглебск, 16–17 мая 2019 г.). М., 2019а. С. 216–220.
12. Теуэльдэ Т.Р., Гапонов С. П. Непаразитические двукрылые в гнездах воробьинообразных птиц в г. Воронеже // Современные проблемы зоологии, паразитологии и гидробиологии. 2019б. С. 104-108.
13. Кондратьев Е.Н. К фауне насекомых гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) Саратовской области // Природа Симбирского Поволжья: сборник научных трудов XXI межрегиональной научно-практической конференции «Естественные исследования в Симбирском – Ульяновском крае». Ульяновск, 2019. Вып. 20. С. 151–156.
14. Корнеев М.Г., Поршаков А.М., Матросов А.Н., Яковлев С.А., Сажнев А.С. Членистоногие-обитатели нор береговой ласточки *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) (Aves: Hirundinidae) на территории Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20. № 2. С 189-199.
15. Высоцкая С. О. Методы сбора обитателей гнезд грызунов // М.: Издательство АН СССР, 1953. 47 с.
16. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных // М.: Высшая школа, 1971. 424 с.

**Пространственно-возрастная структура ценопопуляций *Globularia bisnagarica* L.
(Plantaginaceae)**

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

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия
porova.ao@mail.ru

Ключевые слова: *Globularia bisnagarica* L., пространственно-возрастная структура, R-среда.

Объектом исследования является редкий, реликтовый вид *Globularia bisnagarica* L. (Plantaginaceae) с дизъюнктивным ареалом. Это многолетнее травянистое растение, местообитания которого приурочены к эродированным формам рельефа с выходом на поверхность карбонатных пород.

Для оценки состояния популяций редких и исчезающих видов традиционно применяются методы популяционной экологии, при этом пространственно-возрастная структура считается важным диагностическим признаком популяции [1].

Исследование проводилось в 2020 г. в пяти ценопопуляциях (ЦП) *G. bisnagarica* L., произрастающих на территории Оренбургской обл. (Alb – Пономаревский р-н, Slт – Александровский р-н) и Республики Татарстан (Bkv – Северный р-н, BvI – Бавлинский р-н, Krb – Бугульминский р-н). Для каждой ЦП в пределах постоянной пробной площади случайным образом закладывались 7 учетных площадок площадью 1м², на которых подсчитывались особи *G. bisnagarica* L. с учетом онтогенетических состояний.

Для анализа онтогенетических спектров, исследуемых ЦП использовались такие параметры как средняя возрастность [2], индекс восстановления и индекс старения [3, 4]. Данные индексы позволяют судить о способности ЦП к самоподдержанию и самовосстановлению численности. При оценке и сравнении онтогенетических параметров учитывались особенности распределения данных, так как от этого зависит обоснованность применения тех или иных статистических методов. В данной работе использовался алгоритм статистической обработки, представленный в программе OntoParam [5]. Анализ пространственных взаимодействий между прегенеративными (pge) и генеративными (gene) особями осуществлялся с применением парной корреляционной функции кросс-типа (PCF-cross) из пакета Spatstat [6]. Все расчеты проводились в среде статистического программирования R [7]. Для определения значимости отклонений поведения эмпирической PCF-cross от ее поведения в случае полной пространственной случайности (Completely spatial randomness, CSR), использовался метод на основе симуляций Монте-Карло.

Гетерогенность онтогенетических спектров учетных площадок была обнаружена в 4-х ЦП *G. bisnagarica* L. Т.е. условие однородности учетных площадок соблюдалось лишь в одной ЦП – BvI. Было установлено, что значения средней возрастности и индекса старения в разных ЦП достоверно различаются. Для ЦП BvI характерны максимальные значения средней возрастности и индекса старения. При этом средняя плотность особей на площадке минимальна. Минимальное значение средней возрастности наряду с максимальной средней плотностью особей на площадке, отмечено в ЦП Krb (табл.). Сравнение значений индекса восстановления не выявило достоверных различий между популяциями по данному параметру. Его среднее значение составило 0,79.

Анализ пространственной структуры ЦП по всей совокупности площадок с учетом онтогенетического состояния особей показал, что взаиморасположение прегенеративных и генеративных особей в большинстве случаев (80 %) носит случайный характер, в 20 % случаев наблюдается незначительное отталкивание особей при малых радиусах взаимодействия (одна площадка в одной ЦП – Bkv) (рис.).

Таблица - Средняя возрастность и индекс старения в ЦП *G. bisnagarica*

ЦП	Количество пробных площадок, шт	Число растений на площадке, (min–max), экз.	Средняя плотность особей на площадке экз./м ²	Значение средней возрастности и его 95 % доверительный интервал	Индекс старения и его 95 % доверительный интервал
Alb	7	11–38	26,7±3,85	0,25–0,28–0,33	0
Bkv	7	29–449	178,6±66,16	0,09–0,15–0,24	0–0,002–0,005
Bvl	7	13–33	20,4±2,70	0,36–0,42–0,48	0,04–0,1–0,2
Krb	7	12–677	180,3±90,37	0,07–0,1–0,17	0
Slr	7	17–43	29,4±3,92	0,23–0,26–0,28	0

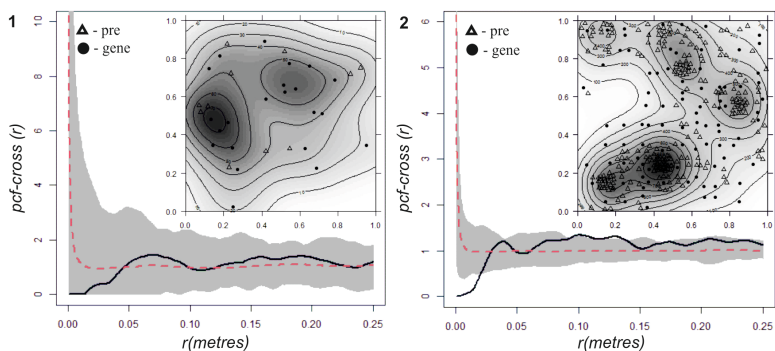


Рисунок - Пример поведения парной корреляционной функции в ценопопуляциях *G. bisnagarica* L. и карта локальных плотностей (с учетом разделения на возрастные группы).

1 – случайное распределение; 2 – незначительная разреженность при малом радиусе взаимодействий.

На графиках: сплошная черная линия – оценка эмпирической функции, красная пунктирная линия – оценка теоретической функции в случае CSR; серой заливкой отмечен «коридор» принятия гипотезы о CSR

Таким образом, анализ онтогенетических спектров пяти ЦП *G. bisnagarica*, выявил возможность данных ЦП к самовосстановлению и поддержанию численности. Пространственное взаиморасположение прегенеративных и генеративных особей в основном носит случайный характер, что, скорее всего, обусловлено отсутствием ярко выраженной внутривидовой конкуренции.

Список литературы

1. Богослов А. В., Шилова И. А., Пархоменко А.С., Крицкая Т.А., Гребенюк Л.В., Кашин А.С. Состояние популяций видов *Delphinium* L. (Ranunculaceae, Magnoliopsida) в Нижнем Поволжье и на прилегающих территориях // Поволжский экологический журнал. 2020. №3, С. 271-289.
2. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7 - 34.
3. Жукова Л. А. Динамика ценопопуляций травянистых растений // Наукова думка, 1987. С. 9 - 19.
4. Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяции растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. Ч. 1. С. 146 - 149.
5. Программа для оценки и сравнения параметров онтогенетических спектров популяций растений и лишайников при гетерогенности выборки «OntoParam». // MapГУ: сайт. URL: <http://marsu.ru/struktur/BasicUnits/fackultet/bhf/program.php> (дата обращения: 17.02.2021).
6. Baddeley A., Rubak E., Turner R. Spatial Point Patterns: Methodology and Applications with R. London: Chapman and Hall/CRC Press, 2015. Available at: <http://www.crcpress.com/Spatial-Point-Patterns-Methodology-and-Applications-with-R/Baddeley-Rubak-Turner/9781482210200/> (accessed: 27.01.2021).
7. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2020. Available at: <http://www.R-project.org/> (accessed: 27.01.2021).

**Влияние флавоноидов на некоторые физико-химические показатели клеток
Azospirillum brasilense Sp245**

И. С. Коселева¹, М. В. Каневский^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия
irishka-kosheleva@mail.ru

Ключевые слова: рутин, кверцетин, нарингенин, флавоноиды, *Azospirillum brasilense* Sp245.

Вопрос о механизмах формирования растительно-бактериальных взаимодействий остается актуальным, несмотря на его длительное изучение. К настоящему времени для бактерий рода *Azospirillum* показан трофический таксис по отношению к органическим кислотам, являющимися компонентами корневых экссудатов. Также в составе выделений корней обнаружены флавоноиды, их роль в формировании ассоциативного симбиоза не до конца понятна.

Известно, что при формировании бобово-ризобияльного симбиоза у бактерий происходят изменения состава и структуры гликополимеров поверхности клетки, что является необходимым условием для успешного формирования клубенька [1]. Мы задались целью оценить влияние флавоноидов на физико-химические и антигенные свойства поверхности азоспирилл. В качестве объекта исследования нами был выбран штамм *A. brasilense* Sp245. В работе использовались рутин, кверцетин и нарингенин — наиболее изученные и часто встречающиеся в экссудатах корней растений флавоноиды. Культивирование микроорганизмов проводилось на жидкой малакто-солевой среде без добавления железа в течение суток при постоянном перемешивании. Растворы флавоноидов в диметилсульфоксиде (ДМСО) вносились перед инокуляцией до достижения итоговой концентрации 50, 100 и 200 мкМ. Для оценки изменений, произошедших на поверхности, в мембране и в цитоплазме клеток, применялся метод электрооптического (ЭО) анализа клеточных суспензий [2].

Для количественной оценки способности *A. brasilense* Sp 245 к синтезу экстраклеточных полисахаридов (ЭПС) при различных условиях культивирования, нами было подсчитано соотношение произведенных внеклеточных углеводов-содержащих полимеров к сухой биомассе бактериальных клеток. Накопление биомассы определяли, высушивая клетки до постоянного веса. Количественное определение ЭП в культуральной жидкости производили колориметрическим методом Дюбуа с фенолом и серной кислотой [3].

В ходе исследования было установлено, что присутствие в среде выращивания кверцетина и нарингенина в указанных концентрациях существенно снижало показатель электрооптического сигнала во всём диапазоне частот по сравнению с контролем. Добавление рутина в среду выращивания приводило к увеличению значения электрооптического сигнала в низкочастотной области и снижению — в высокочастотной относительно контроля. Наибольшее увеличение наблюдалось при концентрации рутина 200 мкМ и составляло 50 %.

Для оценки изменения в составе и структуре гликополимеров поверхности бактериальных клеток применялись антитела, полученные на клетки данного штамма, обработанные глутаровым альдегидом. Во всех вариантах эксперимента методом электрооптического анализа было установлено специфическое взаимодействие антител с клетками, что свидетельствует об отсутствии изменений в составе и структуре липополисахаридов.

Культивирование *A. brasilense* Sp245 в присутствии рутина (концентрация 100 мкМ, 200 мкМ), кверцетина (100 мкМ) и нарингенина (50 мкМ) привело к увеличению продукции экзополисахаридов на 62, 25, 34, 20 % соответственно (рис.). Присутствие в среде нарингенина в концентрациях 100 и 200 мкМ приводило к снижению продукции ЭПС.

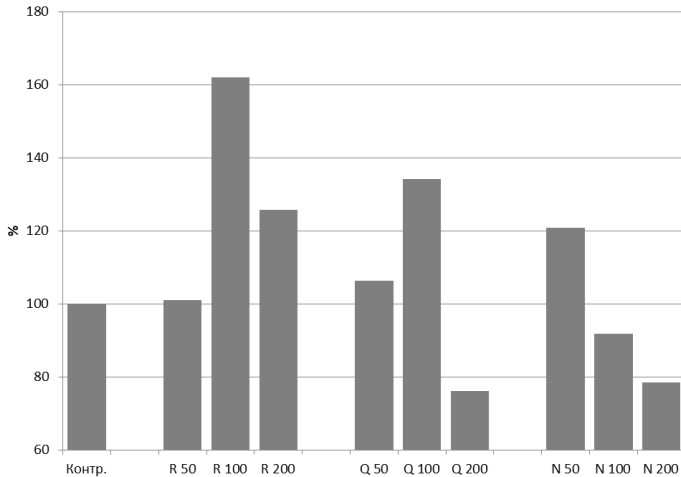


Рисунок - Соотношение ЭПС к сухой массе

**Контр - контрольный образец, R50 - рутин (50 мкМ) R100 - рутин (100 мкМ) R200 - рутин (200 мкМ)
Q50 - кверцетин (50 мкМ) Q100 - кверцетин (100 мкМ) Q200 - кверцетин (200 мкМ)
N50 - нарингенин (50 мкМ) N100 - нарингенин (100 мкМ) N200 - нарингенин (200 мкМ)**

Таким образом, было установлено, что под влиянием рутина и кверцетина происходят изменения физико-химических свойств поверхности клеток, не связанные с модификацией состава и структуры липополисахаридов.

Наличие флавоноидов в составе питательной среды влияет на способность *A. brasilense* Sp 245 к продукции экстраклеточных полисахаридов.

Полученные результаты позволяют сделать предположение о специфичности действия флавоноидов в отношении исследуемого штамма бактерий.

Список литературы

1. Symbiotic conditions induce structural modifications of *Sinorhizobium* sp. NGR234 surface polysaccharides / N. Fraysse [et al.] // *Glycobiology*. 2002. Vol. 12, № 11. P.741-748.
2. Гулий О.И., Антонюк Л.П., Игнатов В.В., Игнатов О.В. Динамика изменений электрофизических свойств клеток *Azospirillum brasilense* Sp7 при их связывании с агглютинином зародыша пшеницы // *Микробиология*. 2008. Т.77, №6. С.782-787.
3. Emnova E. et al. Свойства экзополисахаридов ризосферных флуоресцирующих бактерий рода *Pseudomonas* // *Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii*. – 2007. – Т. 303. – №. 3. – С. 122-128.

Некоторые аспекты пробоподготовки бактериальных образцов для ИК-фурье-спектроскопии

О. А. Кенжегулов, А. В. Тугарова, А. А. Камнев

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия
odyssey94.sid@mail.ruКлючевые слова: *Azospirillum brasilense*, ИК-фурье-спектроскопия, пробоподготовка.

Метод ИК-фурье-спектроскопии (ИКФС) широко используется в различных областях биологических исследований: бактериальном типировании [1], цитологии [2], клинических приложениях [3] и т.д. Однако его биоаналитическое применение в микробиологии во многом ограничено в связи со сложностью состава и структуры микроорганизмов. Исходя из этого интерпретация ИК-спектров микробиологических образцов была и остается одной из основных проблем, ограничивающих применение данного высокоинформативного метода. Корректная «расшифровка» ИК-спектров напрямую связана с пробоподготовкой микробиологических образцов. Недостаток стандартизированных протоколов и детализации методологических особенностей подготовки таких объектов к ИКФС-анализу является одной из важнейших задач на сегодняшний день [4].

Исходя из вышесказанного, целью данной работы было исследование влияния на ИК-спектры различных вариантов пробоподготовки, а именно: времени высушивания и механического измельчения бактериальных культур. В качестве объектов исследования были выбраны два бактериальных штамма: эндофит *A. baldaniorum* Sp245, ранее известный как *A. brasilense* Sp245 [5], и эпифит *A. brasilense* Sp7. Для достижения поставленной цели планктонные культуры бактерий обоих штаммов выращивали в течение 18 ч в аэробных условиях на стандартной жидкой синтетической малатной среде.

Для выявления влияния механического измельчения высушенные бактериальные культуры предварительно обрабатывали в 2-х вариантах: (1) образец тщательно измельчали в течение 5 мин в агатовой ступке, (2) исключали этот этап из пробоподготовки, сразу ресуспендируя высушенную биомассу в небольшом количестве воды (Milli-Q) для нанесения тонкого слоя на стекло из ZnSe (с последующим высушиванием и измерением ИК-фурье-спектров в режиме пропускания). Для оценки влияния времени высушивания образцы высушивали в течение 1,5 и 23 ч перед ИКФС-анализом.

Для обоих штаммов при изучении влияния измельчения бактериальной культуры (перед ресуспендированием для нанесения на стекло из ZnSe) на полученных ИК-спектрах наблюдались различия в областях: (1) при $\sim 1730\text{ см}^{-1}$, что соответствует валентным колебаниям функциональной группы C=O в составе поли-3-гидроксипутирата (ПГБ) – важнейшего запасного вещества бактерий, а также (2) при $\sim 1300\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания C–O–C/C–O в составе сложных полиэфиров, в данном случае – ПГБ). При измельчении биомассы на ИК-спектрах значения максимумов вышеуказанных полос смещались в область меньших частот, по сравнению с образцами без измельчения. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что измельчение приводит к частичному изменению межмолекулярных связей с увеличением упорядоченности в структуре ПГБ [6].

Для проверки влияния длительности высушивания биомассу из одного и того же образца бактериальной культуры наносили на 3 отдельных ZnSe-стекла. В качестве стандарта при анализе ИК-спектров во внимание принимали полосу амид-I ($\sim 1645\text{--}1655\text{ см}^{-1}$), вклад в которую вносят колебания различных связей в белках, в первую очередь валентные колебания C=O в пептидной связи. Для образцов, высушенных в течение 1,5 ч, мы наблюдали различия в интенсивностях: в области широкой полосы при $3700\text{--}2700\text{ см}^{-1}$ (область гидроксильных групп и N–H), а также в области при $1485\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ (C–O, C–C, C–O–N, C–O–C в полисахаридах и полиэфирах). В то же время на ИК-спектрах образцов, высушенных в течение 23 ч, интенсивность полос в указанных выше областях снижалась. Несмотря на то, что мы не

выявили изменения положения значений максимумов при различном времени высушивания, нам удалось выявить интересный факт, касающийся воспроизводимости измеряемых ИК-спектров. В случае высушивания в течение 23 ч положение максимумов всех полос и их интенсивности фактически совпадали для всех трех повторностей (в отличие от образцов, высушенных в течение меньшего времени) [6]. Таким образом, при пролонгировании высушивания наблюдался меньший разброс получаемых результатов.

Таким образом, изменения в изученных этапах предварительной обработки – механического измельчения и высушивания бактериальных образцов – могут приводить к изменениям в измеряемых ИК-спектрах при анализе методом ИКФС. Данный факт указывает на необходимость строгого контроля за этапом пробоподготовки как с целью увеличения воспроизводимости результатов, так и для снижения риска получения артефактов на ИК-спектрах (включая возможные изменения структуры и свойств образца в процессе пробоподготовки, отражающиеся в получаемых спектрах).

Список литературы

1. Fourier transform infrared spectroscopy: unlocking fundamentals and prospects for bacterial strain typing / A. Novais [et al.] // Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 2019. V. 38. No 3. P. 427–448.
2. Vibrational spectroscopic methods for cytology and cellular research / G. Clemens [et al.] // Analyst. 2014. V. 139. No 18. P. 4411–4444.
3. Finlayson D., Rinaldi C., Baker M. J. Is infrared spectroscopy ready for the clinic? // Anal. Chem. 2019. V. 91. No 19. P. 12117–12128.
4. Ojeda J. J., Dittrich M. Fourier transform infrared spectroscopy for molecular analysis of microbial cells // Methods Mol. Biol. 2012. V. 881. P. 187–211.
5. Genome-based reclassification of *Azospirillum brasilense* Sp245 as the type strain of *Azospirillum baldaniorum* sp. nov / N. D. S. Ferreira [et al.] // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2020. V. 70. No 12. P. 6203–6212.
6. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic analyses of microbiological samples and biogenic selenium nanoparticles of microbial origin: sample preparation effects / A. A. Kamnev [et al.] // Molecules. 2021. V. 26. No 4. Article 1146.

Применение информационных технологий на экологических тропах*А. П. Круглова*

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
kruglova504@gmail.com

Ключевые слова: экологические тропы, Кумысная поляна, Саратов.

Сейчас экологическое воспитание является приоритетным направлением в образовании подрастающего поколения и формирования у них устойчивой экологической культуры, это все достигается эколого-просветительской деятельностью учителя или преподавателя. Одной из форм познания окружающей среды является экологическая тропа, представляющая собой оборудованный маршрут, проходящий через природные экологические системы и другие природные объекты, архитектурные памятники, имеющие эстетическую, природоохранную и историческую ценность [1, 2]. В процессе общения с природой вырабатываются навыки «правильного» поведения – сознательного отношения к окружающей среде. Для территории природного парка «Кумысная поляна» в последнее время разработано несколько экологических троп [3, 4] для студентов и для школьников. Но всегда ли есть, возможность выйти на такую экскурсию с обучающимися и студентами? Например, в г. Саратове в связи с эпидемиологической ситуацией (covid-19 и ГЛПС) введены ограничения на посещения Кумысной поляны. Чтобы решить это проблему, можно использовать информационные технологии. С помощью компьютерных технологий можно сократить время экскурсии, можно не сокращать, но максимально вместить наглядный материал и необходимую информацию, сохраняя все те же цели и требования выше указанной тропы. Чтобы достичь этого, необходимы цифровые приборы: фотоаппараты, дроны и т.п. А в ряде случаев для воспроизведения цельной картинке или видео, нужны шлемы виртуальной реальности. Конечно, всей полноты картины виртуальная экскурсия не передаст, но в условиях невозможности проведения настоящей экскурсии по тропе, она прекрасная альтернатива. Определенный опыт создания виртуальных экскурсий по экологическим тропам в России уже есть. Например, уже разработан виртуальный тур по заповедным местам России, который называется «Идем в тайгу и в горы» [5].

Цель нашей работы – разработка виртуальной экологической тропы «Охраняемые растения рядом с нами». Тропа предназначена для учащихся 3-6 классов общеобразовательных школ г. Саратова. Маршрут тропы (реальный и виртуальный) проложен по территории природного парка «Кумысная поляна». Протяженность маршрута 2,5 км, время экскурсии на местности 1,5 часа, время виртуальной экскурсии – 30 минут. Расчет времени выполнен с учетом продолжительности урока и необходимости проведения в его начале организационного этапа с пояснениями. Таким образом, виртуальный формат экскурсии позволил соотносить ее с реальными временными затратами на освоение темы в рамках школьного урока. Разработанная нами тропа позволяет совместить в одной экскурсии объекты, которые в действительности удалены друг от друга не только пространственно, но и по времени предпочтительного наблюдения за ними. Маршрут предусматривает, в том числе, знакомство с раннецветущими (март-апрель) охраняемыми видами растений, которые в большинстве своем оказываются труднодоступными для непосредственного наблюдения в природе в это время из-за погодных условий. А позднее они из-за их экологических и биологических особенностей не могут быть замечены в составе сообществ. Виртуальная экскурсия позволяет немного «сжать» время и наглядно продемонстрировать ребятам основные стадии развития некоторых охраняемых видов растений от этапа проростка до вновь образовавшихся плодов. Ведь охране эти растения подлежат не только в стадии цветения, а на любом этапе их жизненного цикла.

Таким образом, виртуальные экскурсии позволят зрителю оказаться вовлеченным в обстановку, могут создать эффект его присутствия на объекте. Это гораздо лучше и нагляднее, чем простой просмотр фотографий, когда зритель остается как-бы сторонним наблюдателем. Профессиональный подбор фото, видео и сопутствующих пояснений по каждому объекту обеспечивают принцип научности, наглядности и последовательности подачи материала.

Виртуальная экскурсия в отличие от обычных фотографий - это настоящая экскурсия по объекту, которая может быть озвучена голосом за кадром, возможностью приблизиться к любому объекту, посмотреть или послушать дополнительную информацию о нем. Виртуальная экскурсия – это своего рода игра, квест. Позвольте зрителям поиграть в реалити-шоу, побродить по местности, рассмотреть все не торопясь и в мельчайших подробностях. Виртуальная экскурсия – это значительная экономия времени. Если объект находится за городом, в другом городе, то провести по нему виртуальную экскурсию гораздо проще, быстрее и дешевле, чем организовать. Технологии виртуальной реальности позволяют вам путешествовать.

Конечно, не одна виртуальная экскурсия не заменит живого общения человека с природой. Но ситуации, возникающие в современном мире, заставляют рассматривать такую форму как альтернативную.

Список литературы

1. Бакланова С.Л. Роль учебных экологических троп в региональном компоненте образования // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 165-166.
2. Тропа в гармонии с природой. Сборник российского и зарубежного опыта по созданию экологических троп. М.: «Р. Валент», 2007. 176 с.
3. Дегтева А.С., Подольский А.Л. Экологическое образование на базе ООПТ: закладка экологических троп на территории природного парка «Кумысная поляна» // Науч. труды национального парка «Хвалынский». Саратов-Хвалынский: Амрит, 2018. С. 222-228.
4. Иночкина Н.А., Торгашкова О.Н., Ермакова Е.В. Экологическая тропа как средство для развития экологического образования в школе // Научные разработки: евразийский регион: материалы Третьей международной научной конференции теоретических и прикладных разработок (г. Москва, 22 июля 2017 г.). / отв. ред. Д.Р. Хисматуллин. М: Издательство Инфинити, 2017. С. 125-127.
5. Электронный ресурс «Виртуальный тур по заповедным местам России «Идем в тайгу и в горы». Режим доступа: <https://www.culture.ru/materials/144047/idem-v-taigu-i-v-gory-virtualnyi-tur-po-zapovednym-mestam-rossi>

Расширение восточных границ ареала для щавелевой моли-малютки *Enteucha acetosae* (Lepidoptera: Nepticulidae)

С. Н. Крючков, Е. В. Якименко

Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова
Ульяновск, Россия
sergey-kryuchkov00@mail.ru

Ключевые слова: Lepidoptera, Nepticulidae, *Enteucha acetosae*, Российская Федерация, Поволжье, Ульяновская область, фауна.

29 июля 2020 г. в рамках проекта по инвентаризации лепидоптерофауны Сурского государственного природного заказника в окр. с. Лава Сурского р-на Ульяновской области на вырубке соснового леса С. Крючковым были собраны специфические улитковидные мины на *Rumex acetosa* (рис. 2). Там же эта находка была им повторена 27 августа, но собраны мины с живыми гусеницами внутри (рис. 1), а 11 августа 2020 г. в окр. с. Утёсовки Сурского р-на старые мины такого же облика были найдены Е. Якименко. Будучи крайне характерными, эти мины были сразу определены как принадлежащие гусеницам крайне локального вида *Enteucha acetosae* (Stainton, 1854).

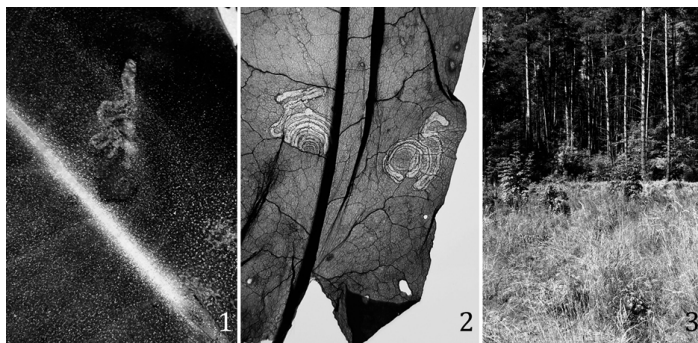


Рисунок - *Enteucha acetosae* в Ульяновской области (фото С. Крюčkова):

1 - листовая мина с гусеницей на живом листе щавеля; 2 - фото мин на просвет на гербарном образце; 3 - биотоп вида в окр. с. Лава.

Enteucha acetosae (щавелевая моль-малютка) является бабочкой семейства молей-малюток Nepticulidae. Она была описана в 1854 году английским энтомологом Генри Стэйнтеном из окрестностей Дублина. Хотя этот вид широко распространен в Европе, из Российской Федерации он до настоящего времени был известен только из Европейского центрального региона (Калужская область) [1, 5], наши находки, таким образом, отстоят от известных на 950 км восточнее.

Биология. *Enteucha acetosae* – узкий олигофаг; это единственный европейский вид нептикулид, питающийся щавелями. Согласно Йоханссону с соавторами [2], его гусеницы минируют листья *Rumex acetosa*, *R. acetosella* и *R. arifolius*. В Саксонии мины были найдены на *Rumex acetosa*, *R. acetosella* и *R. thyrsiflorus* [3]. Гусеница образует крайне характерную улитковидную мину со спиральным ходом; длина мины зависит от толщины листа – в тонких листьях *Rumex arifolius* мины могут быть в 3-4 раза длиннее, чем на толстолистных видах, и более диффузно распределяются по всему листу [3]. Листовая пластинка часто становится пурпурно-красной вокруг мины. На одном листе может встречаться от 1 до 15 мин, но их число может доходить до 26. Окукливание происходит вне мины, гусеница плетет белый кокон на

почве. В Северной Европе вид дает 2 генерации в год, возможно, три в Центральной Европе и Британии; альпийская форма имеет только одно поколение [3]. Можно отметить то, что в Ульяновской области бабочка развивается как минимум в 2 поколениях, так как в июле в окрестностях с. Лавы были собраны листья с пустыми минами, а в августе там же собраны минированные листья со взрослыми гусеницами.

Биотоп. *Enteucha acetosae* предпочитает селиться на растениях, произрастающих на песчаных почвах в тенистых местах [2, 3] и, в целом, придерживается незасушливых мест. В Калужской области вид собран по пойме реки Серёна [1]. В окр. с. Лава Ульяновской обл. мины собраны (рис. 3) на хорошо освещенной вырубке сосняка. В окр. с. Утёсовки они собраны с остепненной луговины с разреженной растительностью, переходящей в заросший пустырь.

Распространение. Данный вид обитает практически повсеместно в Северной и Центральной Европе, от Ирландии и Франции до Румынии и стран Балтии. Для территории России карликовая шавелевая моль ранее уже приводилась И.В. Шмытовой из Калужской области [1]. Таким образом, это вид новый для территории Ульяновской области, Поволжья и востока Европейской России.

Представляется совершенно необъяснимым, почему этот вид, развивающийся на повсеместно растущих, местами сорных, представителях лугово-лесной флоры и сразу диагностируемый по характерным минам, до настоящего времени на территории РФ собран лишь в 2 областях и крайне спорадично даже в них. Несмотря на постоянные поиски с 1985 г. в различных биотопах с произрастанием щавелей, он не был обнаружен на территории Ульяновской области. Об этом же феномене пишут и литовские специалисты [4]: "Интересно, что кормовой вид растения очень широко распространен в Литве, но *E. acetosae* обнаружен крайне локально, и причины такого локального распространения непонятны".

Мы предполагаем, что для нормального развития гусениц и куколок, скорее всего, важен определённый микроклимат, особенно влажность. Поэтому вид не встречается повсеместно с кормовым растением и сразу выпадает из биотопов осветляющих рубок, где солнце иссушает почву и перегревает листья кормового растения. Но при этом мы все же предполагаем более широкое распространение этой моли по всему ареалу кормового растения не только на территории европейской, но и азиатской России.

Авторы выражают искреннюю благодарность и признательность Золотухину Вадиму Викторовичу (Ульяновск) и Шмытовой Ирине Владимировне (Калуга) за ценные советы и помощь, оказанную ими в оформлении данной статьи и поиске дополнительных литературных источников, а также Недошивиной Светлане Викторовне (Ульяновск) за организацию экспедиции в Сурский район Ульяновской области. Определение вида было подтверждено др. Эриком ван Ньюкеркеном (Leiden, Netherlands).

Список литературы

1. Галчёнков Ю.Д., Есипов В.П., Крылов А.В., Новикова О.А., Решетникова Н.М., Телеганова В.В., Хохлов В.В., Шмытов А.А., Шмытова И.В. Ландшафт реки Серёна / Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области. Вып. 7. Калуга. 2020. С. 38-43.
2. Johansson R., Nielsen E.S., van Nieukerken E.J., Gustafsson B. The Nepticulidae and Opostegidae (Lepidoptera) of North West Europe / Fauna Entomologica Scandinavica. Pts. 1, 2. Leiden. 1990. 739 pp.
3. Sobczyk T. Der Ampfer-Zwergminierfalter *Enteucha acetosae* (Stainton, 1854) –Wiederfund der weltweit kleinsten Schmetterlingsart in Sachsen und Anmerkungen zu ihrer Lebensweise (Lepidoptera: Nepticulidae) //Sächsische Entomologische Zeitschrift. Vol. 9. 2016/2017. P. 11-18.
4. Diškus A., Stonis J.R. Lietuvos endobiontiniai vabzdžiai. Nepticulidae faunos taksonominė, chorologinė ir trofinė charakteristika. Lututė, Kaunas. 2012. 220 pp.
5. Синёв С.Ю., van Nieukerken E.J., Nepticulidae. Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / Ред. С. Ю. Синёв. Изд. 2-е. Санкт-Петербург: Зоологический ин-т РАН. 2019. С. 17-22.

Влияние длительности холодовой и тепловой ишемии трансплантата при пересадке почки на биохимические показатели крови*А. А. Левин¹, Е. В. Глинская², О. В. Нечаева³, Я. А. Цирулева⁴*¹ГУЗ «Перинатальный центр» г. Саратова²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского³Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина
Саратов, Россия⁴Кубанский государственный медицинский университет
Краснодар, Россия
levinalexy13@mail.ru

Ключевые слова: трансплантация, мочевина, креатинин, мочевая кислота, холестерин.

Одним из осложнений в отдаленном послеоперационном периоде остаются ишемические повреждения аллотрансплантированных почек [1 - 3]. Ишемическое повреждение донорских почек развивается в 2 этапа: 1) тепловая ишемия; 2) холодовая ишемия. Первичная тепловая ишемия начинается у трупных доноров в агональном периоде, когда в связи с нестабильной гемодинамикой нарушается кровообращение в почках. Степень повреждения почек на этом этапе зависит от качества реанимационных мероприятий. В дальнейшем при неэффективности реанимации и после констатации смерти донора на степень продолжающейся первичной тепловой ишемии влияет качество «кондиционирования донора» и длительность периода от пережатия сосудов почек у доноров со смертью мозга или остановки кровообращения у асистолических доноров до начала холодовой консервации [4]. Холодовая ишемия начинается с момента промывки сосудов почек охлажденным консервирующим раствором и продолжается весь период холодовой консервации. Несмотря на многолетние исследования в области консервации донорских органов [2, 3, 5], эта проблема полностью не решена.

В работе был проведен анализ биохимических показателей крови пациентов ГУЗ «Областная клиническая больница» (Саратов), перенесших пересадку почки с 2013 по 2020 гг. Оценивали влияние тепловой и холодовой ишемии трансплантата на такие показатели как мочевина, креатинин, мочевая кислота и общий холестерин.

Мочевина – это конечный продукт метаболизма белков. Ее содержание в крови показывает функциональную способность почек, помогая выявить их патологию. Нормальное содержание в крови у женщин и мужчин – 2,5-8,3 ммоль/л. Повышение уровня мочевины в крови может быть следствием острой и хронической почечной недостаточности, гломерулонефрита, нефроза, опухоли и поликистоза почек, мочекаменной болезни, рефлексорной анурии [6]. Креатинин – это конечный продукт реакции расщепления креатина, которая происходит в мышцах под воздействием фермента креатинкиназы. В результате этой реакции, помимо собственно креатинина, образуется фосфор, вода и энергия, необходимая мышечной ткани для поддержания сократительной функции. В норме у женщины креатинин содержится в концентрации 6,6-11,7 мг/л, у мужчины – 8,4-3,6 мг/л [7]. Мочевая кислота – главный продукт распада основного компонента нуклеиновых кислот – пуриновых оснований. Уровень мочевой кислоты напрямую зависит от ее продуцирования при пуриновом обмене, клубочковом фильтре и реабсорбции, а также канальцевой секреции. Норма в плазме крови составляет 0,16-0,44 ммоль/л. Повышение содержания мочевой кислоты в крови свидетельствует о: почечной недостаточности, заболеваниях почек, из-за которых они не могут полноценно выводить мочевую кислоту (поликистоз, нефропатии, гидронефроз), также может являться побочным эффектом при приеме некоторых иммуносупрессоров. Этот показатель напрямую указывает, насколько успешно донорский орган справляется со своими функциями [8]. Холестерин является основным стероидом в организме человека. Он участвует в синтезе гормонов, процессах пищеварения и входит в состав мембран клеток. Норма

холестерина < 5,2 ммоль/л. Гиперлипидемия (аномально повышенный уровень липидов в крови) является частым спутником заболеваний почек. У реципиентов трансплантата почки своей вклад вносит иммуносупрессивная терапия. Ингибиторы кальциневрина провоцируют гиперлипидемию, причем циклоспорин в большей степени, чем такролимус. Применение глюкокортикостероидов оказывает усугубляющее действие, особенно за счет холестерина и липопротеидов низкой плотности [9].

Повышение уровня исследуемых показателей в крови пациентов после трансплантации почки может свидетельствовать о почечной недостаточности, нарушениях работы донорского органа, возможного отторжения трансплантата [7].

Анализ биохимических показателей крови проводился на момент выписки пациента после трансплантации почки и спустя год после выписки (табл.).

Таблица - Значения биохимических показателей крови пациентов, перенесших трансплантацию почки на момент выписки и через год

На момент выписки				
Биохимические показатели	Патология (абс. кол-во пациентов)	Патология (%)	Норма (абс. кол-во пациентов)	Норма (%)
Мочевина	30	44,7	37	55,3
Креатинин	29	43,3	38	56,7
Мочевая к-та	10	14,9	57	85,1
Холестерин	35	52,2	32	47,8
Через год после выписки				
Мочевина	20	29,8	47	70,2
Креатинин	25	37,7	42	62,3
Мочевая к-та	7	10,4	60	89,6
Холестерин	21	31,3	46	68,7

На основании анализа данных было установлено, что длительность тепловой и холодовой ишемии трансплантата в отдаленном послеоперационном периоде не влияет на функцию трансплантата. Экспериментальные данные доказывают, что трансплантат за счет собственных резервов и медикаментозных средств способен адаптироваться в организме реципиента.

Список литературы

1. Биленко М. В. Ишемические и реперфузионные повреждения органов / М. В. Биленко. – М.: Медицина, 1989. – 386 с.
2. Онищенко Н. А. Консервация органов и тканей / Н. А. Онищенко, В. И. Шумаков, Е. Ш. Штенгольд. – М.: Медицина, 1975. 252 с.
3. Шумаков В. И. Фармакологическая защита трансплантата / В. И. Шумаков, Н. А. Онищенко, В. И. Кирпатовский. – М.: Медицина, 1983. – 149 с
4. Ильинский И. М. Патология почечных аллотрансплантатов / И. М. Ильинский, Р. Л. Розенталь. – Рига: Зинатне, 1990. – 151 с.
5. Goldberg L. C. Pretreatment of renal transplants with anti-CD45 antibodies: optimization of perfusion technique / L. C. Goldberg, T. Cook, D. Taube // *Transpl. Immunol.* – 1994. – Vol. 2, № 1. – P. 27 – 34.
6. Лифшиц В. М. Биохимические анализы в клинике / В. М. Лифшиц, В. И. Сидельникова. – М.: Триада-X, 2002. – 202 с.
7. Камышников В. С. Карманный справочник врача по лабораторной диагностике / В. С. Камышников. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 399 с.
8. Структурный подход при диагностике заболеваний почек по биохимическим данным / И. П. Лукашевич [и др.] // *Евразийский Союз Ученых. Медицинские науки.* – 2016. – Т. 30, №1. – С. 33 – 40.
9. Early steroid withdrawal therapy in renal transplant recipients: A steroid-free sirolimus and cellcept-based calcineurin inhibitor-minimization protocol / P. J. Feustel [et al.] // *Clinical Transplantation.* – 2007. – V. 21, № 1. – P. 101 – 109.

**Особенности культивирования бражника мёртвая голова
Acherontia atropos (Linnaeus, 1758) в лабораторных условиях**

И. С. Леонтьев

Пензенский государственный университет

Пенза, Россия

leontiev.ilya2015@yandex.ru

Ключевые слова: техническая энтомология, бражники, *Acherontia atropos*, искусственные питательные среды (ИПС).

Выращивание насекомых на искусственных питательных средах (ИПС) представляет собой большой практический интерес. Оно позволяет поддерживать лабораторные популяции насекомых-фитофагов круглогодично, в том числе вне вегетационного периода кормовых растений и в случае их отсутствия в регионе. Выращивание лабораторных культур на ИПС позволяет получить чистые (стерильные) культуры, необходимые для проведения различных экспериментов. Наиболее известными лабораторными насекомыми, для выращивания которых используется ИПС, являются плодовые мушки рода *Drosophila*. ИПС применяются при выращивании в лаборатории гусениц различных чешуекрылых, таких как *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758), *Manduca sexta* (Linnaeus, 1763), в том числе как среды для производства бактерицидов и вирусных препаратов. Мертвая голова является крупным, аттрактивным, несложным в выращивании видом, который легко можно культивировать круглогодично.

Передо мною была поставлена цель: отработать методику культивирования *Acherontia atropos* (Linnaeus, 1758) на ИПС, чтобы в дальнейшем применить её в лабораторных условиях для редких видов макрочешуекрылых. В ходе работы я столкнулся с рядом трудностей, которые следует специально разобрать.

Первое время для выращивания данного вида использовалась ИПС № 1, полученная от Загоринского А.А. [1]. Гусеницы первых возрастов вставляли на эту среду без проблем, но в ходе развития часть не смогла нормально перелинять и погибла; дожившие до 5 линьки благополучно окуклились и дали крепких, жизнеспособных бабочек. Последующие поколения были выращены на ИПС № 2, полученной от Евдошенко С.И. [2]. В связи с тем, что несколько поколений данный вид выращивали на среде №1, большая часть гусениц первых возрастов отказывалась питаться и гибла, однако те, кто начинали питаться, в дальнейшем росли без проблем. Из 100 посаженных на ИПС № 2 гусениц начинали питаться только 30-40. Чтобы повысить выживаемость, было решено добавить сухую бирючину (как одно из кормовых растений вида) из расчётов 15 г на 100 г сухой смеси ИПС. Результаты оказались хорошими, из 20 посаженных на рамку из ИПС гусениц выживало и начинало питаться 16-18 особей.

Для выращивания *Acherontia atropos* на ранних возрастах использовали закрытые пластиковые контейнеры размером 190 × 130 мм, с отверстиями по бокам. Дно контейнера прокладывалось бумажными полотенцами, поверх которых помещался вырезанный под размер контейнера прямоугольник из листа бумаги А4. Для того, чтобы гусеницы охотнее начинали питаться, из ИПС вырезались рамки размером 40 × 35 мм, облегчающие нахождение еды. В рамку помещали 20 особей, сверху рамку плотно накрывали увлажнённым кусочком из бумажных полотенец. Замену корма производили раз в 2-3 дня. Со 2 возраста гусениц пересаживали на пластиковую сетку с находящимися на ней кусочками ИПС, а с 4 возраста гусеницы перемещали в контейнер размером 390 × 290 мм, с сетчатой конструкцией на дне, на которую выкладывали куски ИПС. Плотность посадки составляла 35-40 гусениц на контейнер. По мере роста и подготовки гусениц к окукливанию их заворачивали в бумажные полотенца и помещали по одной в закрытый пластиковый контейнер размером 93 × 66 мм, после чего их перемещали в тёмное место до полного формирования и отвердения куколки. После этого, обычно на 4-5 день, её перемещали в сетчатый садок размером 400 × 400 × 600 мм, где хранили вплоть до выхода бабочки. Куколок хранили при комнатном освещении во влажном мхе, который раз в 3-4 дня увлажнялся. После выхода имаго пересаживали в

сетчатый садок размером 600 × 600 × 900 мм, где в дальнейшем жили и откладывали яйца. Для стимуляции откладки яиц в садок было поставлен паслён ложноперецный *Solanum pseudocapsicum* (Linnaeus, 1753), который был затянут тканью (органзой) для удобства сбора яиц. Кормление бабочек производилось раз в 2 дня 50 % раствором гречишного мёда. Яйца собирались каждый день. Все стадии развития проходили при температуре 23-26°C и влажности 30-60 %.

Основными проблемами при массовом культивировании следует считать болезни гусениц. В нашем случае как особо опасное выявлена одна, внешне похожая на ядерный полиэдроз, но с иной симптоматикой начальных стадий. Гусеницы как бы начинали готовиться к линьке, но в итоге они сжимались, выдавливая гемолимфу, тем самым захлёбываясь в собственных выделениях. При этом они цеплялись ложноножками к сетке, свисали и погибали; содержимое их тела разжижалось. Была выдвинута гипотеза, что закрытом контейнере повышена влажность и нехватка кислорода, а также из-за кормления гусениц ИПС с добавлением нестерилизованной бирючины возможно занесение в культуру бактериальной инфекции. В лаборатории микробиологии ПГАУ под руководством Ильина Дмитрия Юрьевича нами были проведены окрашивания образцов по Граму и их анализ. В пробе обнаружили палочковидные Грам+ бактерии. Исходя из того, что бактерии могли развиваться в процессе болезни, было решено на данном этапе пока не применять антибиотики, чтобы организм гусениц сам боролся с заболеванием и, возможно, появилась устойчивая к заболеванию лабораторная популяция.

Для предотвращения дальнейшего распространения этого заболевания крышки контейнеров приоткрывались, а начиная со 2 возраста гусеницам предлагалась ИПС без добавления бирючины. После этого были замечены улучшения: смертность на последующих возрастах была невелика и составляла 8-10 особей на 100 гусениц. В конечном итоге до окукливания доживало 80-90 особей.

В дальнейшей перспективе решено опробовать добавление в ИПС селенопирана и эргостерина как препаратов, уменьшающих патогенное действие бактерий на организм на стадии гусениц и улучшающих рост и сопротивляемость организма к инфекциям.

Работа подготовлена при финансовой поддержке конкурса исследовательских проектов «Ректорские гранты» 2021г.

Список литературы

1. Загоринский А.А., Горбунов О.Г., Сидоров А.В. Опыт использования искусственных питательных сред для разведения некоторых видов бражников (Lepidoptera, Sphingidae). // Зоологический журнал. Т. 92. Москва. 2013. С. 825-833.
2. Золотухин В.В., Евдошенко С.И. Бражники (Lepidoptera: Sphingidae) фауны России и сопредельных территорий. Корпорация технологий продвижения. Ульяновск. 2019. С. 478. ISBN 978-5-94655-372-8.

Скрининг продуцентов внеклеточных протеаз среди галофильных бактерий, выделенных из солёных озёр Эльтон (Россия) и Карун (Египет)

С. Г. Матевосян^{1,2}, Е. Н. Сигида², И. М. И. Ибрахим³, М. В. Каневский^{1,2},
Ю. П. Федоненко^{1,2}, С. А. Коннова^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия

³Фаюмский университет

Фаюм, Египет

sona.matevosyan12@gmail.com

Ключевые слова: галофильные микроорганизмы, протеолитические ферменты.

Галофильные бактерии – группа микроорганизмов, требующих для активной жизнедеятельности наличия высоких концентраций (5 % и более) соли в среде. Для выживания в засолённых средах, часто характеризующихся нехваткой питательных веществ и наличием сопутствующих антропогенных поллютантов, галофильные бактерии продуцируют широкий спектр внеклеточных биополимеров, в том числе экзополисахаридов и ферментов [1]. Протеазы галофильных бактерий, адаптированные к высоким концентрациям NaCl и широкому диапазону температуры и pH, находят широкое применение в различных биотехнологических процессах и используются в качестве детергентов, в пищевой промышленности, фармакологии, при производстве кожи и т.д. [1]. В связи с этим, поиск штаммов–продуцентов протеаз среди галофильных бактерий и оптимизация условий культивирования по их продукции является востребованным направлением микробиологии.

Объектами данного исследования являлись 16 штаммов грамположительных и грамотрицательных бактерий, ранее изолированных из образцов соли и воды озёр Карун и Эльтон, идентифицированных на основании данных культурально-морфологических и физиологических свойств и анализа нуклеотидных последовательностей генов 16S рПНК, и отличающихся по способности роста при различных концентрациях NaCl – погранично экстремальные, умеренные и слабые галофилы [2].

Скрининг штаммов, демонстрирующих протеолитическую активность, проводили чашечным методом с использованием дифференциально-диагностической плотной среды – молочного агара, содержащего 10 % NaCl и обезжиренное сухое молоко. Посев штаммов производили уколом, чашки Петри инкубировали при 30°C. Интенсивность синтеза фермента оценивали по величине радиуса зоны просветления среды вокруг колоний бактерий через 2, 3, 4 и 7 суток. Из 16-ти исследованных штаммов 8 штаммов являлись продуцентами внеклеточных протеаз: *Halobacillus dabanensis* EG1HP4QL, *Bacillus licheniformis* EG1QL30, *Bacillus halotolerans* RU2EL4, *Bacillus velezensis* EG5QL12, *Halomonas ventosae* RU5S2EL, *Halomonas* sp. EG27S8QL, *Halomonas* sp. EG24S8QL и *Halomonas* sp. EG30S8QL. Наибольшую протеолитическую активность (диаметр зоны просветления 40-45 мм к 7-му дню культивирования) проявляли штаммы *H. dabanensis* EG1HP4QL, *B. halotolerans* RU2EL4, *B. licheniformis* EG1QL30 и *B. velezensis* EG5QL12, которые были отобраны для дальнейшего изучения.

Для выявления оптимальных условий (содержание NaCl, температура, продолжительность выращивания) по продукции внеклеточных протеаз отобранные штаммы культивировали глубинным методом при 20, 30 и 40 °C в жидкой питательной среде, содержащей сухое молоко [3] и NaCl – 5, 10 и 15 %. Протеолитическую активность в культуральной жидкости определяли колориметрическим методом с реактивом Фолина-Чиокалтеу [3] на 2, 3, 4 и 7 день культивирования. Для построения калибровочной кривой использовали тирозин.

Продукция внеклеточных протеаз исследуемыми штаммами наблюдалась на протяжении всего рассматриваемого диапазона температур, содержания NaCl в среде культивирования и продолжительности выращивания, однако активность ферментов существенно различалась при изменении условий культивирования. Для всех штаммов в исследуемом диапазоне температуры 20-40 °С наибольшая продукция ферментов (ед/мл среды) в культуральной жидкости была выявлена при выращивании в средах, содержащих 5% NaCl (рис.). Максимум продукции внеклеточных ферментов у всех исследуемых штаммов достигался к 3 сут культивирования при температуре 30 °С, к 3-4 сут при 40 °С и лишь к 7 сут культивирования при 20 °С. После достижения максимума активность фермента в культуральной среде исследуемых штаммов практически не изменялась к 7 сут культивирования при 30 °С (кроме штамма *B. halotolerans* RU2EL4) и существенно снижалась при 40 °С. Штаммы *B. halotolerans* RU2EL4, *B. velezensis* EG5QL12 и *B. licheniformis* EG1QL30 демонстрировали сходную активность продукции протеаз при 20 °С в течение всего периода измерения и в течение 1-4 сут выращивания при 30 °С. Ферментативная активность штамма *H. dabanensis* EG1HP4QL в течение всего периода культивирования при 30 °С была существенно выше, чем у остальных исследуемых штаммов. Наибольшие показатели ферментативной активности были выявлены у штаммов *B. halotolerans* RU2EL4 и *B. velezensis* EG5QL12 на 3 сут культивирования при 40 °С.

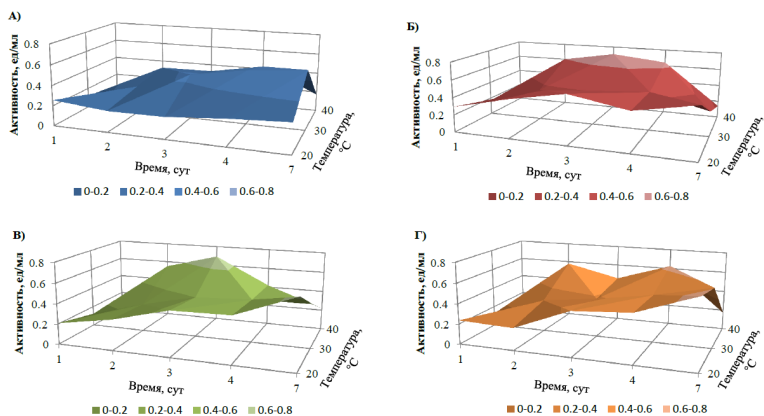


Рисунок - Активность внеклеточных протеаз в культурах бактерий, выращенных в среде с 5% NaCl, в зависимости от продолжительности и температуры культивирования А) EG1HP4QL; Б) RU2EL4; В) EG5QL12; Г) EG1QL30

Таким образом, данные штаммы являются перспективными для выделения внеклеточных протеаз, изучения их активности и свойств.

Список литературы

1. Screening and isolation of halophilic bacteria producing industrially important enzymes / S. Kumar [et al.] // Brazil. J. Microbiology. – 2012. – V. 43, N 4. – P. 1595-1603.
2. Галофильные и галотолерантные микроорганизмы – продуценты экзополисахаридов, выделенные из солёных озёр Карун (Египет) и Эльтон (Россия) / И. М. Ибрахим [и др.] // Изв. Сарат. Ун-та. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 345-353.
3. Purification and characterization of halo-alkali-thermophilic protease from *Halobacterium* sp. strain HP25 isolated from raw salt, Lake Qarun, Fayoum, Egypt / K. Elbanna [et al.] // Extremophiles. – 2015. – V. 19. P. 763-774.

Особенности проведения занятий по орнитологии в летних экологических школах*О. С. Мельникова, Е. Ю. Мельников*

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
olga.sembereva.99@yandex.ru

Ключевые слова: экологическое воспитание, летние школы, орнитология.

В современной школе цели нравственного, экологического и трудового воспитания невозможно реализовать в полной мере только на уроке. Важную роль в экологическом образовании играют занятия на природе. Они позволяют познакомиться с разнообразием организмов, изучить особенности их строения и функционирования в определенных условиях, а также сформировать определенные трудовые навыки и нравственные качества учащихся [1].

В Саратовской области реализация таких направлений осуществляется на базе однодневных и многодневных полевых экологических школ, в которых принимают участие ученики 6-11 классов Саратова и Саратовской области. Во время мероприятий дети проходят цикл занятий по дисциплинам, связанным с изучением природы. Одной из наиболее эффективно преподаваемых дисциплин является орнитология. Её привлекательность для школьников обусловлена многочисленностью птиц, их заметностью и доступностью для наблюдений.

В 2017-2019 гг. нами проводились занятия по орнитологии на базе стационара Саратовской региональной общественной организации «Союз юных экологов» в с. Лесная Нееловка Базарно-Карабулакского района как в условиях многодневных школ, так и однодневных выездов. В них приняли участие 75 школьников из г. Саратова и Саратовской области. С учащимися проводились теоретические занятия, экскурсии и работа с искусственными гнездовьями [2]. Итогом занятий был специальный экзамен, состоявший из двух частей: теоретической и практической. Первая включала в себя распознавание видов птиц по фотографиям и устный опрос. На практической части дети вместе с учителем проходили маршрут экскурсии и распознавали птиц по голосам и внешнему виду [3, 4].

Распределение результатов учащихся по сдаче орнитологического экзамена (в 10-балльной шкале) представлено в таблице. Результаты усвояемости полученных знаний школьниками значительно выше в многодневных школах ($\chi^2=11,4$, $p=0,01$). Дети, посещавшие однодневные школы показали более низкие результаты.

**Таблица - Успеваемость школьников на занятиях по орнитологии
в многодневных и однодневных школах**

Количество учащихся	Количество полученных баллов			
	1-4	5-7	8-9	10
многодневные школы	-	12	17	4
однодневные школы	5	20	13	2

Полученные данные объясняются несколькими причинами. Основной проблемой однодневных занятий является дальняя дорога до места проведения экскурсий. Часто поездка занимает большое количество времени, вследствие чего к началу ее проведения дети чувствуют легкую усталость и быстро утомляются.

В отличие от занятий в многодневной школе, в условиях однодневного выезда невозможно проведение ранних утренних экскурсий, когда активность птиц самая высокая. В результате экскурсии проводятся днем или ближе к вечеру, когда разнообразие птичьих

голосов минимально [5]. Также во время проведения однодневной школы практически не остаётся времени на проведение полноценного опроса или экзамена.

Таким образом, усвояемость материала в условиях многодневных летних школ значительно выше, чем при коротких экскурсиях. Этому способствует достаточное количество времени, которое необходимо при изучении и познании природы. Преимуществом однодневных выездов выступает их мобильность и большая доступность для школьников, которым по-прежнему необходимы знания об окружающем их мире.

Список литературы

1. Хуррамов И. А. Проблемы экологического образования и воспитания на примере мирового сообщества // Молодой ученый. – 2012. – №11. – С. 493-496.
2. Семберева О. С., Мельников Е. Ю, Сосновская Р. Л. К методике проведения занятий по орнитологии в условиях однодневных экскурсий на природе// Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность: сб. статей по материалам XV Междунар. науч.-практ. конференции. – Н. Новгород: Мининский университет. 2019. – С. 249-252.
3. Мальчевский А.С. Орнитологические экскурсии // Серия: Жизнь наших птиц и зверей. Вып.4. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 296 с.
4. Боголюбов А. С., Изучение гнездовой жизни птиц. – «Экосистема». 2002. <https://ecocenter.rkomi.ru/system/attachments/uploads/000/107/026/original/05гнезд.pdf>.
5. Чельцов Н. В., Марочкина Е. А., Талдыкина А. С., Тарасова Ю. А., Сеняева М. В. Методика проведения орнитологических экскурсий в окрестностях рязанского экологического центра // Экология, эволюция и систематика животных: сб. науч. тр. кафедры зоологии и методики обучения биологии. – Рязань: Изд-во Рязанского ун-та, 2007. – С. 144-148.

Изменение некоторых физико-химических и культуральных свойств бактерий *Azospirillum brasilense* Sp245 под влиянием некоторых синтетических кумаринов

В. О. Менухов¹, М. В. Каневский^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

Саратов, Россия

vladmen1609.ru@mail.ru

Ключевые слова: кумарины, 1-(2-оксо-2Н-хромен-3-ил)бутан-1,3-дион, 7-гидрокси-2-оксо-2Н-хромен-3-ил)бутан-1,3-дион, *Azospirillum*, ЭПС.

Кумарины – вещества, близкие по своей структуре к флавоноидам – представляют особый интерес для исследования процессов формирования микробного окружения корня. Кумарины обнаружены в корнях растений, вследствие чего возникает вопрос об их роли в данных процессах.

Нами было исследовано влияние некоторых синтетических кумаринов на бактерии, которые вступают в ассоциации с корнями растений. Для этого мы изучали действие 1-(2-оксо-2Н-хромен-3-ил)бутан-1,3-диона (кумарин 1) и 1-(7-гидрокси-2-оксо-2Н-хромен-3-ил)бутан-1,3-диона (кумарин 2) на представителя ассоциативных симбиотических микроорганизмов *Azospirillum brasilense* Sp245. Выращивание бактерий проводили в жидкой малатно-солевой среде без добавления железа в течение суток при постоянном перемешивании. Растворы кумаринов в ДМСО вносились перед инокуляцией до итоговой концентрации 50, 100 и 200 мкМ. Для оценки произошедших изменений нами был использован метод электрооптического (ЭО) анализа клеточных суспензий [1].

Нами было установлено, что присутствие кумарина 1 в среде культивирования приводило к незначительному достоверному изменению ЭО-спектров по сравнению с контролем. Снижение ЭО сигнала не превышало 25 % при самой высокой концентрации соединения в среде. При этом следует отметить, что более низкие концентрации приводили к большому изменению ЭО спектров в диапазоне низких и средних частот, а для концентрации 200 мкМ были показаны отличия суспензии в области средних и высоких частот. Достоверных изменений активности роста при добавлении кумарина 1 в среду не наблюдалось.

Для кумарина 2 показано, что в концентрации 50 и 100 мкМ снижение ЭО сигнала не превышало 15 %, а для концентрации 200 мкМ установлено возрастание данного параметра в диапазоне низких частот на 35 %. Но культивирование бактерий в присутствии кумарина 2 приводило к заметному снижению роста культуры, вплоть до его полного отсутствия для концентрации 200 мкМ.

При добавлении в суспензию клеток антители, полученных на клетки данного штамма, обработанные глутаровым альдегидом, наблюдались характерные изменения в спектрах во всех вариантах эксперимента. Это говорит о том, что изменений состава и структуры ЛПС данного штамма под влиянием кумаринов не произошло.

В ходе эксперимента было показано, что действие кумаринов проявляется в незначительном изменении физико-химических, но не антигенных свойств бактериальной поверхности *A. brasilense* Sp245.

Было также выявлено, что присутствие кумарина 1 в среде выращивания не приводило к достоверному изменению продукции экзополисахаридов бактериями в среду (рис.). Однако количество ЭПС резко возрастало в средах с добавлением кумарина 2, при концентрации 50 и 100 мкМ.

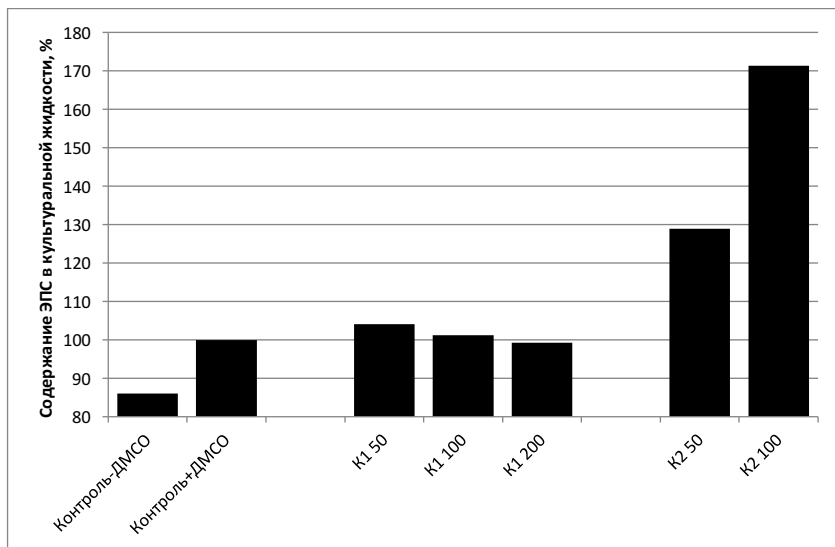


Рисунок - Изменение продукции экзополисахаридов под влиянием кумаринов

Относительное количество ЭПС измерялось в пересчёте на сухую биомассу.

Действие кумаринов в исследуемых концентрациях проявлялось в снижении активности формирования биоплёнок *A. brasilense* Sp245. Показатели опытных образцов были достоверно ниже контрольного образца.

Список литературы

1. Динамика изменений электрофизических свойств клеток *Azospirillum brasilense* Sp7 при их связывании с агглютинином зародыша пшеницы / Гулий О.И. [и др.] // Микробиология, 2008. – Т. 77. – N 6. – С. 782-787.

**Энтомокомплекс жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) плодового тела
ксилотрофного гриба *Fomes fomentarius* (Basidiomycetes)**

А. А. Миронова¹, А. С. Сажнев², В. В. Аникин¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

²Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН

Борок, Россия

maa9898@mail.ru

Ключевые слова: жуки, фауна, грибы, базидиомицеты, *Fomes fomentarius*, Саратовская область.

Трутовик настоящий является одним из самых часто встречаемых грибов в Саратовской области и за счет своей структуры имеет характерный для него состав мицетобионтов, заселяющих базидиомы. Исследования фауны мицетофильных жесткокрылых, связанных с *Fomes fomentarius*, проводились в период с 25.05.2017 по 26.08.2020 г. в пяти районах Саратовской области: Воскресенском, Хвалынском, Базарно-Карабулакском, Саратовском, Энгельском. Методика сбора материала опубликована в ряде статей [1-3]. В работе представлен состав энтомокомплекса *F. fomentarius* исследованного на протяжении нескольких лет на территории Саратовской области. Вид является эврибионтом, встречается повсеместно, не обладает субстратной избирательностью [5,6] и был встречен во всех исследуемых районах области. Трутовик настоящий имеет многолетнее плодовое тело с деревянисто-пробковой структурой и трубчатым гименофором. Плодовое тело одного вида гриба в зависимости от своей консистенции и состояния может быть заселен разным количеством экземпляров и видов жесткокрылых, что и характерно для данного гриба. Это является важным фактором при изучении фауны и консортивных связей мицетофильных жесткокрылых и базидиальных грибов. По данным Л. Беника с грибом связано около сотни видов жесткокрылых [4]. На территории Саратовской области на 86 экземплярах плодовых тел было найдено 21 вид жуков из 10 семейств, которые представлены в таблице.

Таблица - Энтомокомплекс гриба *F. Fomentarius* на разных стадиях развития плодового тела

Семейство	Вид	Стадия развития плодового тела	
		Растущее	Отмирающее
Bothrideridae	<i>Bothrideres contractus</i> (Geoffroy, 1785)	-	+
Ciidae	<i>Cis rugulosus</i> Mellie, 1848	-	+
	<i>Octotemnus glabriculus</i> (Gyllenhal, 1827)	-	+
	<i>Ropalodontus strandi</i> Lohse, 1969	-	+
	<i>Sulcacis nitidus</i> (Fabricius, 1792)	-	+
Corylophidae	<i>Arthrolips obscura</i> (Sahlberg, 1833)	-	+
Erotylidae	<i>Dacne (Dacne) pontica</i> (Bedel, 1868)	-	+
	<i>Dacne bipustulata</i> (Thunberg, 1781)	-	+
Latridiidae	<i>Enicmus testaceus</i> (Stephens, 1830)	-	+
Leiodidae	<i>Anisotoma humeralis</i> (Fabricius, 1792)	-	+
Mycetophagidae	<i>Mycetophagus quadripustulatus</i> (Linnaeus, 1760)	-	+
Scaphidiidae	<i>Scaphisoma boleti</i> (Panzer, 1793)	+	-
	<i>Scaphisoma boreale</i> Lundblad, 1952	-	+
Staphylinidae	<i>Gyrophaena jolyi</i> Wendeler, 1924	+	+
	<i>Sepedophilus bipustulatus</i> (Gravenhorst, 1802)	-	+
Tenebrionidae	<i>Bolitophagus reticulatus</i> (Linnaeus, 1767)	-	+
	<i>Diaperis boleti</i> (Linnaeus, 1758)	-	+
	<i>Eledona agricola</i> (Herbst, 1783)	-	+
	<i>Neomidia haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1787)	-	+
	<i>Orchesia micans</i> (Panzer, 1793)	-	+
	<i>Prionychus melanarius</i> (Germar, 1813)	-	+

За счет своей структуры молодые, растущие *F. fomentarius* редко заселяются жуками и их встречаемость крайне низка, что хорошо прослеживается в таблице. Такое плодовое тело активно может использоваться жуками в качестве укрытия и откладывания яиц [7,8]. На стадии роста и спороношения гриб посещают жуки семейства *Scaphisoma boleti*. Они питаются спорами и, совершая перемещения в пространстве в поисках других пищевых объектов, способствуют расселению грибов по новым подходящим субстратам.

Большинство видов мицетобионтов начинают своё развитие после отмирания плодовых тел гриба по завершении их роста и спороношения. Преобладающей группой становятся *Diaperis boleti* из семейства Tenebrionidae и *Dacne bipustulata*, *D. pontica* из семейства Erotylidae. Сопутствующими видами являются *M. quadripustulatus* из семейства Mucetophagidae – их личинки развиваются в мякоти грибов с момента отмирания базидиом [8]. В малых количествах экземпляров находки жуков из семейства Ciidae можно объяснить явным преобладанием *D. boleti* и *D. bipustulata*, играющих основную роль в деструкции грибов вплоть до полного их разрушения [9].

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. Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) в составе микоконсорций разных видов базидиомицетов на территории Саратовской области // Труды Мордовского государственного природного заповедника. 2019. Вып. 23. С. 135–144.
3. 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. 113
4. Benick L. Pilzkafer und Kaferpilz. Okologische und statistische Untersuchungen // Acta zool. Fenn. 1952. Vol. 70. P. 200–250.
5. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья. Система «Грибы–насекомые»: в 2 т. Челябинск: ОАО «Челябинский дом печати», 2005. Т. 2. 213 с.
6. Щигель Д. С. Жесткокрылые – обитатели трутовых грибов Европейской части России: дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2003. 154 с.
7. Красуцкий Б.В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья / Система «Грибы-насекомые». Челябинск, 2005. Т. 2. 213 с.
8. Красуцкий Б.В. Жесткокрылые-мицетобионты дереворазрушающих базидиальных грибов в подтаежных лесах Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. 1995. Т. 74. Вып.3. С. 542–550.
9. Компанцев А.В. Комплексы жесткокрылых, связанные с основными дереворазрушающими грибами в лесах Костромской области // Животный мир Южной тайги. – М.: Наука, 1984. С.191–196.

Исследование каротиноидов в системе галл – галлообразователь – паразитоид

М. И. Никельшпарг¹, Э. И. Никельшпарг², Д. Н. Браташов³, В. В. Аникин³

¹Гимназия № 3

Саратов, Россия

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Москва, Россия

³Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

matveynikel@yandex.ru

Ключевые слова: галлообразователи, орехотворка, каротиноиды, комбинационное рассеяние.

Каротиноиды играют большую роль в жизни насекомых, участвуя в окраске, защите, синтезе витаминов, регуляции генов [1]. За редким исключением, насекомые не способны синтезировать каротиноиды и получают их исключительно из пищи (растительной или животной). В ряде работ был показан перенос каротиноидов от растения в паразитоид-энтотофага через открыто живущих хозяев-фитофагов, питающихся на разных растениях [2,3]. Логично предположить, что в закрытой системе транспорт каротиноидов от растения к паразитоиду через травоядного хозяина будет особенно наглядным. Такой модельной системой может выступать закрытый галл на растении. Для того чтобы это проверить, мы исследовали галл на ястребинке могучей *Hieracium x robustum*, образованный орехотворкой *Aulacidea hieracii* (Hymenoptera: Cynipidae), которую атакует паразитоид *Eurytoma cynipsea* (Hymenoptera: Eurytomidae). Летом личинки орехотворки питаются тканями галла, а ее паразитоид – личинками орехотворки [4]. В августе личинки орехотворки прекращают питаться и испражняются, тогда как паразитоид может продолжать питаться личинками орехотворки до октября. Мы использовали метод спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) (лазер 532 нм), позволяющий измерять колебания определенных связей в каротиноидах и затем определять их концентрацию и состав [5]. Данный метод отличается неинвазивностью, что позволило нам изучать живых насекомых и не препятствовать их дальнейшему метаморфозу. Мы изучали следующие объекты: (1) ткани летнего галла; (2) летние личинки хозяина (орехотворки) последнего возраста непосредственно перед прекращением питания; (3) летние личинки паразитоида; (4) зимние личинки орехотворки в диапаузе; (5) зимние личинки паразитоида.

Спектры КР всех исследуемых объектов обладали схожим набором пиков от молекул каротиноидов, обозначаемых в зависимости от типа колебаний как ν_1 (C=C), ν_2 (C-C), ν_3 (-CH₃) (рис.). По интенсивности пиков можно судить о количестве каротиноидов, а по положению пиков на спектре КР – о молекулярном составе.

Положение всех пиков на спектрах КР личинок паразитоида совпадает с положениями пиков на спектрах КР орехотворки, а интенсивность спектров паразитоида не превышает интенсивность спектров орехотворки и летом, и зимой. Это свидетельствует о том, что состав каротиноидов паразитоида точно соответствует составу хозяина (орехотворки), что подтверждает ожидаемый транспорт каротиноидов от орехотворки к паразитоиду.

Однако для хозяина (орехотворки) положение пика ν_1 на спектрах в летней личинке и тканях галла не совпадает: в галле пик ν_1 сдвинут в высокочастотную область. Кроме того, спектр зимней личинки орехотворки более интенсивный, чем спектр летней личинки. Это значит, что в орехотворке состав каротиноидов отличается от состава в галле и количество каротиноидов увеличивается даже при полном отсутствии питания, что не соответствует первоначальной гипотезе о транслокации каротиноидов от растения к насекомому. Мы предполагаем, что полученные нами результаты могут быть первым свидетельством синтеза и модификации каротиноидов в орехотворке *A. hieracii*.

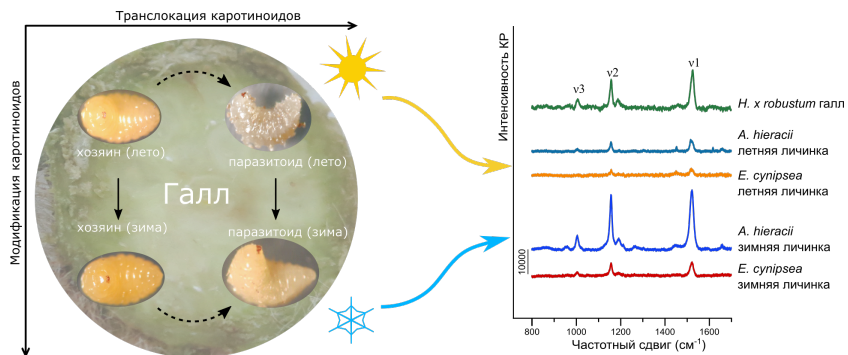


Рисунок - Слева: схема транслокации и модификации каротиноидов в течение жизни преимагинальных стадий хозяина-галлообразователя и его паразитоида. Справа: спектры КР исследуемых объектов. Шкала 10000 усл.ед.

В результате работы было обнаружено несоответствие состава каротиноидов в тканях галла и галлообразователя, при этом состав каротиноидов в паразитоиде соответствует составу каротиноидов в его хозяине. На рисунке мы предлагаем общую схему судьбы каротиноидов в преимагинальных стадиях исследуемых насекомых. Мы предполагаем, что галлообразователь *A. hieracii* обладает способностью синтезировать и модифицировать каротиноиды и передавать их по пищевой цепи своему паразитоиду *E. cynipsea*.

Список литературы:

1. Heath J.J., Cipollini D.F., Stireman III J.O. The role of carotenoids and their derivatives in mediating interactions between insects and their environment // *Arthropod. Plant. Interact.* 2013. Vol. 7, № 1. P. 1–20.
2. Тищенко В.П., Физиология насекомых. Москва: Высшая школа, 1986. 303 с.
3. Wang X.-G., Wallis C.M., Daane K.M. Tri-trophic movement of carotenoid pigments from host plant to the parasitoid of a caterpillar // *J. Insect Physiol.* Elsevier Ltd, 2014. Vol. 61, № 1. P. 58–65.
4. Аникин В.В. и др. Численность и фенология выхода орехотворки *Aulacidea hieraci* l., 1758 (Hymenoptera: Cynipidae) и ее паразитоидов из галлов на ястребинке могучей (*Hieracium × robustum* fr.) // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье.* 2018. № 15. с. 82–88.
5. Слатинская О.В. и др. Изменение конформации каротиноидов семян гибридов кукурузы при действии ультрафиолета и α -частиц // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2020. Т. 60, № 4. с. 371–377.

**Рыбоядные птицы водоёма-охладителя Балаковской АЭС:
видовой состав и сезонная динамика численности**
Е. С. Никишина, Е. Ю. Мельников, Е. Ю. Мосолова, М. Ю. Воронин
Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
nikishina.le@yandex.ru

Ключевые слова: техногенные водоёмы, охладитель, рыбоядные птицы.

Техногенные водоёмы - особые ландшафтные компоненты локального уровня, созданные человеком в результате хозяйственной деятельности и коренной перестройки природных комплексов. К ним относятся водоёмы, которые включены в технологический цикл предприятий энергетического, промышленного, бытового, сельскохозяйственного комплексов: отстойники, биопруды, поля орошения и фильтрации, шламонакопители предприятий, водоёмы-охладители, противопожарные водоёмы, золоотвалы [2,5]. В условиях малочисленности естественных водно-болотных местообитаний, в частности в лесостепной зоне Европейской России они приобретают особое значение для многих видов птиц [1, 2, 6].

В Саратовской области одним из перспективных для изучения водных и рыбоядных видов птиц является водоем-охладитель Балаковской атомной электростанции, которая размещена на левом берегу Саратовского водохранилища [4]. Протяженность береговой полосы тепловодной части охладителя составляет 24900 м, а холодноводной – 15200 м. Расстояние от АЭС до районного центра, города Балаково - 8 км, до областного, города Саратова - 150 км. Ближайшими населенными пунктами являются села Натальино (в 3 км юго-западнее) и Матвеевка (в 4,5 км северо-восточнее).

Учет рыбоядных птиц на охладителе проводился в 2018 - 2020 гг. При оценке численности птиц был использован маршрутный учет без ограничения ширины трансекта, проводившийся с берега, катера или резиновой лодки. Пересчет показателей осуществлялся по средней дальности обнаружения интервальным методом. Плотность оценивали на длину береговой полосы, в соответствии с распределением кормовых объектов [4, 6].

На водоеме-охладителе БАЭС обитает 12 видов птиц, являющиеся преимущественно ихтиофагами, относящихся к 6 отрядам: большой баклан (*Phalacrocorax carbo*), чомга (*Podiceps cristatus*), черншошейная поганка (*P. nigricollis*), серая (*Ardea cinerea*), большая белая (*A. alba*) и рыжая (*A. purpurea*) цапли, орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), черный коршун (*Milvus migrans*), чайка хохотунья (*Larus cachinnans*), речная крачка (*Sterna hirundo*), большой крохаль (*Mergus merganser*), луток (*M. albellus*). Последние два вида встречаются на охладителе только на миграционный и зимний периоды.

Зимой группа рыбоядных представлена небольшим количеством видов. По всей территории водоема встречаются небольшие группы больших крохалей (5-10 особей) или в составе смешанных с обыкновенными гоголями стаях, реже - лутки. В г. Балаково и его окрестностях на зимовку остается некоторое количество хохотуний и отдельные особи орлана-белохвоста (2-3 штуки), прилетающие к охладителю на кормежку.

В конце марта на охладителе появляются чомга, большой баклан и серая цапля. Увеличивается численность больших крохалей (до 20-30 особей в одной стае). В середине апреля появляются речные крачки, черношейные поганки, большая белая (5-10 пар) и рыжая цапли (2-5 пар), возрастает количество хохотуний (до 300-500 штук).

Летом наблюдается количество чомг, речных крачек и орланов-белохвостов значительно снижается в сравнении с зимой. В основном, на участке держатся единичные особи. Но в то же время, возрастает плотность большого баклана и хохотуни, образующих 4 крупных поливидовых колонии на островах охладителя. Первая колония располагается в центре одного из островов, в ней насчитывается около 100 гнезд баклана. На периферии гнездятся хохотуни,

количество гнёзд превышает 120 штук. Вторая колония на другом более крупном острове, насчитывает 112 бакланов, более 150 – хохотуны и около 35 гнезд серых и больших белых цапель. В третьей поливидовой колонии на небольшом острове редкими сухими тополями, насчитывается всего 20 гнезд бакланов. Однако, здесь же гнездятся большая белая и рыжая цапли (1 и 4 пары соответственно). Четвертая колония состоит только из гнезд чайки-хохотуны [4].

Таким образом, техногенные водоемы могут выступать в качестве орнитологических резерватов и играть важную роль в сохранении биологического разнообразия птиц. В Саратовской области водоём охладитель Балаковской АЭС является важным местом концентрации рыбоядных птиц. Наибольшее видовое разнообразие характерно для миграционного периода, однако в летний период существенно увеличивается плотность основных видов – большого баклана и хохотуны.

Список литературы

1. Авилова К.В., Пути управления уровнем биологического разнообразия техногенного водоема / Птицы техногенных водоемов центральной России. М.: Изд-во МГУ, 1997. С. 172 – 188.
2. Александров В. Н., Климов С. М. Орнитофауна отстойников промышленного комплекса и ее охрана / Изучение птиц в СССР, их охрана и рациональное использование. Л., 1986. № 1. С. 25.
3. Грищенко Н.С. Классификация антропогенных водоемов по уровню технического обустройства (технизированности). М.: Мелиорация и водное хозяйство, 1999. 61 с.
4. Мельников Е.Ю., Мосолова Е.Ю., Воронин М.Ю. Водоём-охладитель Балаковской АЭС как техногенная территория концентрации рыбоядных птиц в Саратовской области // Научные труды национального парка «Хвалынский». Сб. науч. статей V Междунар. науч.-практ. конф. Саратов-Хвалынский: Амирит, 2018. С. 5-10.
5. Мильков Ф.Н. Рукотворные ландшафты. Рассказ об антропогенных комплексах. М.: Мысль, 1978. 86 с. Спиридонов С.Н., Сарычев В.С., Околелов А.Ю., Исаков Г.Н., Сухарев Е.А. Структура сообществ птиц техногенных водоемов лесостепной зоны Европейской России // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1. С. 153-160.

Применение методов биотестирования для оценки загрязнения почв на территории Пырейного газоконденсатного месторождения ЯНАО

А. Р. Никулина, С. А. Лисенков, М. Г. Опекунова
Санкт-Петербургский государственный университет
Санкт-Петербург, Россия
anna.2001-nik@mail.ru

Ключевые слова: нефтегазодобыча, биотестирование, загрязнение почв, север Западной Сибири, мониторинг окружающей среды.

Согласно Стратегии экологической безопасности РФ до 2025 года важная роль в сфере обеспечения экологической безопасности нашей страны отводится контролю загрязнения окружающей среды, в том числе на территории газовых и нефтегазовых месторождений, а также обеспечению восстановления земель, если имели место процессы деградации [5]. В связи с этим особое значение имеет оценка состояния почв нефтегазовых месторождений севера Западной Сибири для своевременного обнаружения антропогенного воздействия на уязвимые экосистемы. Оптимальным методом мониторинга является биотестирование, которое позволяет дать оценку качества среды, её пригодности или непригодности для живого, зафиксировать малозаметные изменения состояния компонентов природной среды [1, 4].

На основе проведения экспериментов была проанализирована токсичность почв, отобранных в пределах Пырейного месторождения (ЯНАО) членами научно-исследовательской группы ИНЗ СПбГУ летом 2020 г. Изучены образцы почв из почвенных разрезов на фоновых (станции мониторинга СМ 203, 203-1, 203-2, 204) и техногенно загрязненных участках (СМ 208, 208-1 – разлив отработанного бурового раствора, СМ 221 – сброс пластовых вод на поверхность). Биотестирование проводили в лаборатории Геоэкологического мониторинга СПбГУ согласно методическим указаниям с использованием тест- объектов *Chlorella vulgaris* L. и *Daphnia magna* Straus. [2, 3].

По результатам 24-часовой экспозиции (рис.) смертность дафний не превышала 40 % (образец 208А). Минимальная токсичность, 5 и 10 % соответственно, зарегистрирована в образцах торфа 203-2Т и 204Т; 20% гибели дафний – в образцах 203А, 203ВС, 208-1ВН 221А; 25 % смертность дафний – 203В, 203С; 30 % гибели – образцы 208-1Т и 208-1ВС; 35 % - 208-1С. В течение 48-часовой экспозиции определено токсичное действие водных вытяжек на *D. magna* в образцах 208-1ВС, 221А (50 % гибели дафний); 208-1Т (80 % смертность), 208А (90 % смертность дафний). Наименее токсичен образец 203-2Т (20 %). Смертность *D. magna* в остальных образцах составила 30-40 %.

Следует отметить, что наиболее токсичным действием обладали пробы почв, собранные со станций 208, 208-1 и 221 (являющихся контрольными станциями мониторинга; в пределах станций отмечено поступление загрязняющих веществ – повышенное содержание Na и ТМ в нижележащих горизонтах почв). При анализе проб, собранных со станции 208-1, наибольшая смертность дафний (80 %) зарегистрирована в 208-1Т, отобранной из органогенного горизонта. Почвы станций 203, 203-2Т и 204Т (станции условно-фонового мониторинга) не обладали острой токсичностью.

В результате анализа отклонения оптической плотности (ОП) исследуемых проб почвенной вытяжки с *Chlorella vulgaris* от контрольного образца (дистиллированная вода) наибольшая токсичность была установлена у образцов 204Т, 203-2Т, 208А – в пределах от 135 до 75 %, 221А, 208-1ВС – отклонение составило более 50 %; у 208-1С, 208-1Т и 208-1ВН – отклонение в пределах 30-40 %. Не токсичны пробы почв 203 А, 203В, 203ВС, 203С, здесь отклонения величины оптической плотности не превышали 16 %. Следовательно, водные вытяжки данных проб почвы не оказывали острого токсического действия на *C. vulgaris*.



Рисунок - Результаты биотестирования проб почв с использованием *Daphnia magna* и *Chlorella vulgaris*

Результаты биотестирования с использованием *D. magna* и *C. vulgaris* сопоставимы между собой. Прослеживается общая тенденция: наиболее токсичным действием обладали образцы 208А, 208-1Т, 208-1ВС, 221 А. Однако в пробах 203-2Т и 204Т зафиксированы значения изменения ОП, существенно отклоняющиеся от данных, полученных при биотестировании с использованием дафний. Данный факт можно объяснить высокой кислотностью почвы (рН 5,77 и 6,3 соответственно) и высокой способностью торфяного горизонта аккумулировать различные загрязняющие вещества, что в совокупности повляло на итоговый результат, интерпретируемый как «острая токсичность». Коэффициент корреляции по остальным 10 исследуемым пробам составил 0,73, что соответствует высокой степени связи.

Таким образом, по результатам биотестирования наибольшей токсичностью характеризуются образцы из поверхностных горизонтов почв (208А, 208-1Т, 221 А), что подтверждает их техногенные загрязнение при эксплуатации газоконденсатного месторождения. Кроме того, токсичность образца почвы из иллювиального горизонта (208-1ВС) указывает на миграцию поллютантов вглубь почвенного профиля при сезонном оттаивании многолетнемерзлых грунтов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05081.

Список литературы

1. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2016. – 300 с.
2. Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. – Москва, 2014. – 39 с.
3. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. – Москва, 2014. – 38 с.
4. Чеснокова С.М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учеб. пособие. В 2 ч. Ч.2. Методы биотестирования / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.
5. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420396664> Дата обращения: 21.12.2020

Морские микроводоросли как основной инструмент в борьбе с бактериальными инфекциями

А. В. Огнистая

Дальневосточный федеральный университет
Владивосток, Россия
alya_lokshina@mail.ru

Ключевые слова: морские микроводоросли, условно-патогенные бактерии, экстракты, антимикробная активность.

На сегодняшний день препараты на основе антибиотиков используются в медицине, сельском хозяйстве, пищевой индустрии, при искусственном воспроизводстве гидробионтов и других сферах деятельности. Повсеместная практика бесконтрольного применения таких препаратов ведет к резистентности возбудителей заболеваний. Бактерии мутируют, разрабатывают новые стратегии защиты и становятся маловосприимчивы к антибиотикам. Вследствие этого эффективность лекарств снижается, что приводит к распространению бактериальных инфекций и формированию хронических заболеваний [1].

Морскую среду населяет множество организмов, имеющих в своем составе разнообразный набор биологически активных соединений [2]. Микроводоросли являются основной группой микроскопических объектов, обильно заселяющих океан. Они производят уникальные вещества - токсины, альгициды, полиненасыщенные жирные кислоты, фикобилипротеины, каротины и др [3].

Цель данной работы – оценить способность микроводорослей продуцировать вещества, обладающие антимикробными

Объектом исследования послужили культуры микроводорослей из коллекции ресурсного центра “Морской биобанк” ННЦМБ ДВО РАН (<http://marbank.dvo.ru>) - *Prorocentrum foraminosum* PrRUS_7, *Alexandrium tamarense* ATRU-16, *Alexandrium affine* AFRU-12, *Gymnodinium wulfii* GK-11, *Prorocentrum foraminosum* 15F2PL. Культивирование осуществляли в климатостате фирмы Binder KBW 400 (E5.1) при температуре 20°C, освещённости 3500 люкс, периодическом освещении 12 ч свет:12 ч темнота [4]. Исследования по выделению активных веществ из клеточной биомассы водорослей производили посредством экстрагирования [5].

В качестве модельных бактерий использовали штаммы из коллекции Дальневосточного федерального университета, выделенные из вод Японского моря - *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus sp*, *Escherichia fergusonii*, *Vibrio inhibens*, *Pseudomonas sp*. Культивирование бактерий производили в чашках Петри на твёрдой питательной среде для морских организмов СММ [6]. Чувствительность бактерий к экстрактам микроводорослей определяли двумя методами - диско-диффузионный (ДДМ) [7] и диффузии из лунок агара [8]. После окончания инкубации (2 суток) чашки ставили кверху дном на темную матовую поверхность так, чтобы свет падал на них под углом в 45°. Диаметр зон задержки роста измеряли с точностью до 1 мм. Влияние экстрактов микроводорослей и оценку жизнеспособности бактерий проводили измерением оптической плотности с помощью планшетного ридера LABSYSTEMS iEMSReaderMF, Biorad при длине волны 540 нм [7, 8].

В случае чувствительности бактерий к экстракту микроводорослей вокруг диска или лунки образовывались зоны отсутствия роста. Чем активнее противомикробное вещество диффундировало в среде, тем диаметр зоны задержки роста тест-культуры был больше. Проведенные исследования позволили выявить штаммы микроводорослей, обладающие активностью против морских бактериальных изолятов (таб.).

Наибольший эффект антимикробной активности зафиксирован при применении метода ДДМ. Способ диффузии лунок из агара вызвал трудности при визуализации и измерении зон антибиотической активности.

Таблица - Воздействие экстрактов микроводорослей на рост бактериальных изолятов

Наименование бактериального штамма		Наименование штамма микроводоросли					ДИАМЕТР ЗОН ПОДАВЛЕНИЯ РОСТА (ММ)
		PrRUS 7	ATRU-16	AFRU-12	GK-1	15F2PL	
<i>Staphylococcus xylosus</i>	Диско-диффузионный метод	≤2,2мм	-	-	≤1,3мм	≤3,4мм	
	Луночный метод	-	-	≤1,0мм	-	≤2,1мм	
<i>Escherichia fergusonii</i>	Диско-диффузионный метод	≤4,2мм	≤1,8мм	-	-	≤4,5мм	
	Луночный метод	-	≤1,5мм	-	≤2,2	≤2,9мм	
<i>Staphylococcus sp.</i>	Диско-диффузионный метод	≤5,3мм	≤1,7мм	-	-	-	
	Луночный метод	≤3,9мм	≤2,2мм	-	-	-	
<i>Vibrio inhibens</i>	Диско-диффузионный метод	-	-	-	-	≤5,7мм	
	Луночный метод	≤4,1мм	-	-	-	≤5,2мм	
<i>Pseudomonas sp.</i>	Диско-диффузионный метод	≤3,1мм	-	-	-	-	
	Луночный метод	≤4,5мм	-	-	≤2,5мм	≤4,9мм	

Примечание* Зона чувствительности бактерий к экстракту: ≤ 3мм чувствителен, ≥2 промежуточный, ≥1 устойчивый

Исходя из полученных данных частота случаев ингибирования при использовании ДДМ была выше, но следует выделить, что не во всех случаях этот метод демонстрировал лучший эффект.

В результате проведенных исследований штаммы микроводорослей *P. foraminosum* 15F2PL, *P. foraminosum* PrRUS_7 наиболее активно подавляли рост бактерий, что также подтверждают данные оптической плотности. Противомикробные свойства этих микроводорослей в дальнейшем будут изучены с помощью биохимических методов. Исходя из литературных данных антибактериальное действие вышеуказанных штаммов можно объяснить выработкой алготоксинов, так как эти организмы принадлежат к одному типу - Dinoflagellata [9]. Однако угнетение бактериальных штаммов также может быть связано с продукцией диностеролов, полисахаридов, жирных кислот [10], противомикробные свойства которых предстоит исследовать.

Список литературы

1. Hoiby N., Bjarsholt T., Givskov M., et al Antibiotic resistance of bacterial biofilms //Int. J. Antimicrob. Agents. 2010. №35. P. 322-332
2. Mhadhebi L. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of aqueous extracts of three mediterranean brown seaweeds of the genus cystoseira / L. Mhadhebi, A. Mhadhebi, J. Robert, A. Bouraoui // J. Pharm Res. 2014. №13 (1). P. 207 – 220.
3. Кубасов В. А. Изменение физиологической функции и продуктивности при включении в корм курам-несушкам биологически активных добавок / В. А. Кубасов, Б. Л. Белкин // Вестник Орел ГАУ. 2013. №1(13). С. 115 – 118.
4. Орлова Т. Ю. Лабораторное культивирование морских микроводорослей, включая продуцентов фитотоксинов: науч.-метод. пособие / Т. Ю. Орлова, Н. А. Айздайчер, И. В. Стоник. –Владивосток: Дальнаука, 2011. – 89 с.
5. Kleinegris DMM., Two-phase systems: potential for in situ extraction of microalgal products / DMM Kleinegris, M. Janssen, W.A. Brandenburg, R. H. Wijffels // Biotechnol Adv. 2011. №29. P. 502 – 507.

6. Youchimizu M., Kimura T. Study of intestinal microflora of Salmonids// *Fish Pathol.* 1976.V. 10. №2. P. 243-259.
7. Решедько Г.К. Стецюк О.У. Особенности определения чувствительности микроорганизмов диско-диффузионным методом//*Клиническая Микробиология и Антимикробная Химиотерапия.* Vol.3, №4., 2001. p.348-354.
8. Gribbs D.L. Antibiotic Potency Assay as Described in USP Chapter (81)// *Pharmaceutical Microbiology Forum Newsletter.* 2008. 14(7). P. 2–15
9. Вершинин А. О. Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России / А. О. Вершинин, Т. Ю. Орлова // *Океанология.* 2008. Т. 48. № 4. – С. 568 - 582.
10. Walter C. S. Antibacterial and antifungal activities of some marine diatoms in culture / C. S. Walter, R. Mahesh // *Indian J.Mar. Sci.* 2000. №29. P. 238 – 242.

Экологическая оценка влияния загрязнения атмосферы на состояние здоровья населения Куйбышевского района г. Самара

А. Ф. Павлов, Г. Н. Родионова

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

Ключевые слова: атмосферный воздух, приоритетные ксенобиотики, факторы риска.

В конце XX - начале XXI века человечество столкнулось с серьезными проблемами практически повсеместного загрязнения окружающей среды. В настоящее время в России в большинстве промышленных центров сложилась неблагоприятная экологическая обстановка.

Основная задача таких регионов заключается в реализации комплекса плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, направленного на улучшение экологической обстановки, обеспечение снижения выбросов промышленными производствами [1-4].

Куйбышевский район г.о. Самара относится к умеренно-континентальной климатической зоне. Особенностью ветрового режима является преобладание в холодный период года юго-западных и южных ветров, в теплый период – западных и северо-западных ветров. Наиболее сильные ветры бывают южного направления, средняя годовая скорость ветра составляет 3,2-4,4 м/с.

На экологическую обстановку Куйбышевского района оказывает влияние наличие предприятий химического и нефтехимического профиля, предприятий транспортного и строительного профиля, жилищно-коммунального хозяйства, а также интенсивные потоки грузового и легкового автотранспорта [3, 4].

С целью определения воздействия источников выбросов на прилегающие районы жилой застройки Куйбышевского района г.о. Самара наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся специализированными службами: ФГБУ «Приволжское УГМС», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Самарской области».

Для выявления и анализа основных источников выбросов загрязняющих веществ, оказывающих влияние на экологию Куйбышевского района, мы ранжировали выбросы загрязняющих веществ по 4 категориям: категория 1: виды деятельности крупных промышленных предприятий Куйбышевского района; категория 2: виды деятельности средних и малых промышленных предприятий; категория 3: виды деятельности микропредприятий; категория 4: все другие антропогенные источники загрязнения, например, транспортные, бытовые, коммерческие.

При анализе полученных результатов установлено, что 26 % общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу происходит из промышленных источников (категория 1). Большая часть выбросов (45 %) поступает из других антропогенных источников категории 4; выбросы от средних, малых и микропредприятий (категории 2,3) малозначительны и составляют от общей суммы 13, 9, 7 % соответственно.

Таким образом, рассмотрев основные загрязняющие вещества и категории предприятий, можно сделать вывод о значительном вкладе нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности Куйбышевского района г.о. Самара в загрязнение атмосферы диоксидом серы, оксидами азота, оксидом углерода, смесью углеводородов. Данный вклад составляет более 80 % общего количества выбросов предприятий. Кроме того, выбросы аммиака в основном осуществляются предприятиями по производству металлических конструкций, сэндвич-панелей, бетона и другими и составляют более 80 % от всех выбросов. Выбросы сероводорода в Куйбышевском районе г.о. Самара обусловлены деятельностью предприятий по очистке сточной воды, которые осуществляют выброс более 90 % данного соединения

В результате лабораторных исследований выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами атмосферного воздуха Куйбышевского района г.о. Самара являются сероводород, фенол, углеводороды C12-C19, формальдегид, аммиак.

В период с июня по декабрь 2020 года в районе жилой застройки зафиксировано превышение ПДК анализируемых веществ в 167 пробах, что составило 16,4 % от всех исследуемых проб. Причем превышение по сероводороду регистрировалось до 5,6 ПДК, по фенолу до 1,3 ПДК. Однако, в большинстве исследуемых проб атмосферного воздуха обнаружены концентрации на уровне 0,2-0,4 ПДК, их токсичность соответствует допустимому и, даже минимальному уровням, в соответствии с классификацией медико-социальных рисков. При этом в летний период года с преобладанием западных и северо-западных ветров значительно реже регистрируются случаи превышения концентрации загрязняющих веществ.

За исследуемый период они составили 15 % от всех анализируемых проб. В холодный период года при преобладании юго-западного и западного направлений ветра, постоянной смене атмосферного давления, чаще фиксируется превышение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, что составляет 23,3 % от исследуемых проб.

В настоящее время, имеются данные, что на территориях, примыкающих к нефтеперерабатывающим предприятиям, наиболее существенными являются только острые и хронические не канцерогенные риски для органов дыхания и центральной нервной системы [5]. Как показали расчеты острый и хронический не канцерогенный риск как для органов дыхания, так и для ЦНС имеет величины менее 1, поэтому его можно квалифицировать как приемлемое значение. С учетом того, что рассчитывался суммарный риск от вкладов нескольких загрязнителей, адекватным порогом приемлемости для этого считается риск, равный 3, который также оценивается, как приемлемый. Значения риска для органов дыхания и центральной нервной системы сопоставимы. Значительный вклад в риск развития заболеваний для органов дыхания вносит диоксид серы и серная кислота, для ЦНС – в основном предельные углеводороды C1-C5, предельные углеводороды C6-C10, предельные углеводороды C12-C19 [6, 7].

Таким образом, по результатам проведенной оценки аэрогенного риска здоровью населения экологически неблагоприятного района г.о. Самара полученные значения характеризуются как приемлемые. Однако, при одновременном присутствии в воздухе различных поллютантов создаётся неблагоприятный фон комбинированного воздействия на организм, который приводит к развитию экологически обусловленных заболеваний. Ориентирование на уровни по отдельным вредным примесям не отражает в полной мере реального их неблагоприятного воздействия с учётом возможной суммации или потенцирования. В связи с этим перспективным является проведение многосредовой оценки риска здоровью населения.

Автор благодарит научного руководителя – Родионову Галину Николаевну, а также кафедру биологии, экологии и методики обучения за возможность провести исследование.

Список литературы

1. Березин И.И., Сучков В.В. Риск здоровью населения промышленных городов, связанный с содержанием вредных примесей в атмосферном воздухе // Здоровье населения и среда обитания, №10 (247). – М.: Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения "Федеральный центр гигиены и эпидемиологии" Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2013. С. 39-42.
2. Виблая И.В., Захаренков В.В., Куркина Л.В. Эколого-гигиеническое состояние кемеровского района как проблема для сохранения здоровья населения // Фундаментальные и прикладные исследования по проблемам гигиены, медицины труда, экологии человека. Материалы 51-й научно-практической конференции с международным участием. - Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2016. – С.13-18.
3. Гурвич В.Б. Оценка и управление риском для здоровья населения в системе законодательного регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Управление риском для здоровья работающих и населения в связи с хозяйственной деятельностью предприятий медной промышленности / Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Екатеринбург: Федеральное бюджетное

учреждение науки "Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий" Роспотребнадзора, 2016. – С. 43-46.

4. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. 2019. №6. С.17-22.

5. Ляпкало А.А., Дементьев А.А., Цурган А.М. Мониторинг качества атмосферного воздуха областного центра // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова Том 21, №4. - Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2013. – С. 83-89.

6. Павлов А. Ф., Родионова Г. Н. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения Куйбышевского района г. о. Самара / Сборник тезисов XLVI Самарская областная студенческая научная конференция. 2020. С. 165-166.

7. Сергеев А.К. Оценка качества атмосферного воздуха в районах г.о. Самара с выраженной степенью антропогенной нагрузки // Современные аспекты профилактики заболеваний. Сборник материалов III Межрегиональной с международным участием научно-практической конференции. Под редакцией А.В. Колсанова, Г.П. Котельникова, И.И. Березина, С.В. Архиповой, Л.В. Чулахиной. – Самара СамГМУ: ООО «Офорт», 2019. – С.407-409.

**Расположение вида *Mesobuthus caucasicus* (Nordmann, 1840)
внутри рода *Mesobuthus* (Vachon, 1950)**

Н. М. Поверенный, В. В. Аникин

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

nikitapov64@yandex.ru

Ключевые слова: систематика, *Mesobuthus caucasicus*, распространение, Россия, Дагестан, анализ сиквенса, ген COI.

Установлены филогенетические связи вида *Mesobuthus caucasicus* с другими таксонами рода *Mesobuthus*, распространенных на территориях Нижнего Поволжья, Южного Казахстана, республики Дагестан и Армении. Всего для исследования были сделаны сборы из 13 разных локалитетов. Данная работа является продолжением исследований авторов по изучению филогении, морфологических, экологических особенностей и распространения скорпионов рода *Mesobuthus* в Прикаспийском, Северо-Туранском и Скифском регионах [1]. Впервые в комплексный анализ введены сиквенса ДНК по гену COI видов *Mesobuthus caucasicus* с территории республики Дагестан (Россия). Представлены морфологические характеристики особей с территории республики Дагестан и Саратовской области. Построена кладограмма на основе расшифрованных нуклеотидных последовательностей представителей популяций Саратовской, Астраханской областей, республики Дагестан, Армении и Южного Казахстана. Помимо исследуемых образцов, во множественный анализ были внесены сиквенса из базы GenBank. Анализ показал, что изученные популяции входят в состав двух больших кластеров (рис.).

Анализ сиквенса по гену COI образцов скорпионов (*M. caucasicus*) из республики Дагестан показал, что все «входят» в среднеазиатский комплекс видов рода *Mesobuthus*, куда относятся такие таксоны как *M. fuscus*, *M. intermedius* и *M. kreuzbergi*. Границы ареала этих видов протянулись от Кавказа до Китая [2]. Что касается скорпионов из популяций Саратовской и Астраханской областей, то на данный момент исследований они «относятся» к таксону *Mesobuthus eupeus*, но формируют отдельный кластер, что подтверждает их обособленность от видов *M. caucasicus* и *M. eupeus*.

Список литературы

1. Аникин В. В., Поверенный Н. М. Установление таксономического статуса скорпионов рода *Mesobuthus* (Arachnida: Scorpiones) с территории Нижнего Поволжья на основе данных сиквенса гена COI мтДНК // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2017. Вып. 14 С. 20–24
2. Fet V., Kovařík F., Gantenbein B., Kaiser R., Stewart A., Graham M. Revision of the *Mesobuthus caucasicus* Complex from Central Asia, with Descriptions of Six New Species (Scorpiones: Buthidae) // *Euscorpium*. Huntington, 2018. № 255. P. 1-77.

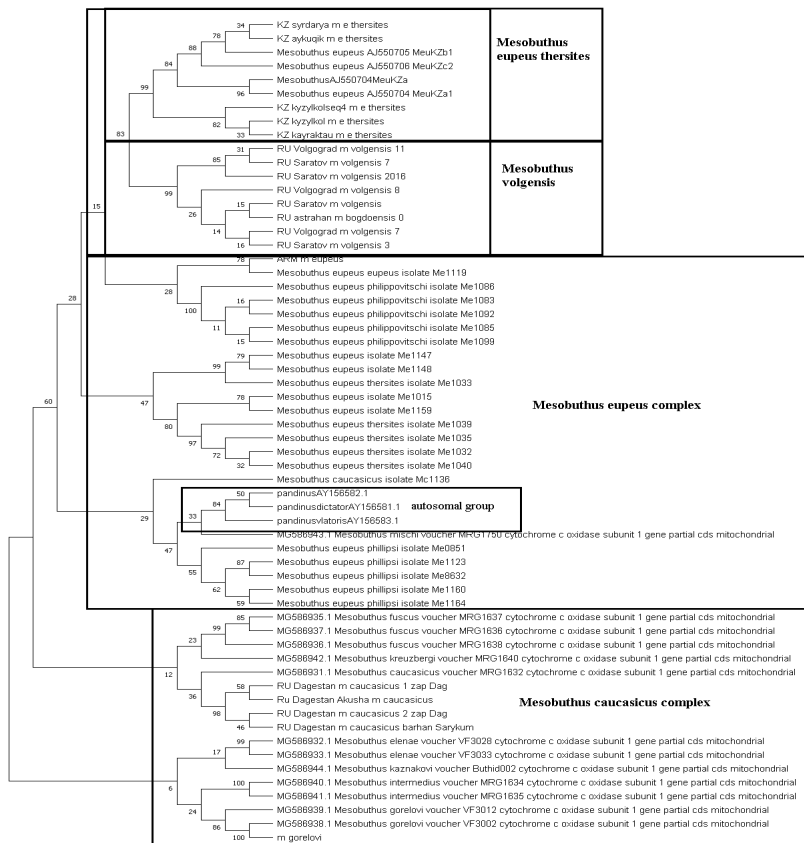


Рисунок - Кладограмма на основе расшифрованных последовательностей представителей рода *Mesobuthus* на основе гена COIх

Роль лектина бацилл в регуляции белкового спектра крови крыс при антибиотико - ассоциированном дисбактериозе

М. В. Проскурякова¹, Л. В. Карпунина²

¹Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова

Саратов, Россия

prota89@mail.ru

Ключевые слова: лектины, дисбактериоз, белковый спектр крови.

По современным представлениям нормальная микрофлора кишечника, являясь важным звеном в системе сохранения внутренней среды организма, играет важную роль в его защите от внешних воздействий и повреждающих факторов. В норме все представители микрофлоры образуют биоценоз. Нарушения соотношения между биотическими компонентами в кишечнике отражают микрорегулогические изменения, которые в свою очередь способствуют развитию метаболических, регуляторных, обменных и иммунологических расстройств в организме и обозначаются термином дисбактериоз, при котором происходят количественные и качественные изменения нормальной микрофлоры [1, 2]. На сегодняшний день факторы, приводящие к нарушению микробного состава кишечника, достаточно многочисленны. Значительные нарушения микробиоты с увеличением количества антибиотикоустойчивых патогенных микроорганизмов возникают при длительном и бесконтрольном приеме антибиотиков, что является серьезной проблемой. В последние годы значительное внимание уделяется лектинам бактериального происхождения и изучению их функциональной роли в организме человека и животных. В связи с этим изучение влияния лектина (ЛП) *Paenibacillus polymyxa* 1460 является актуальной задачей. Известно, что белковый спектр крови в норме находится в определенном качественном и количественном соотношении. Вместе с тем установлено, что в результате некоторых негативных воздействий на организм могут происходить изменения данного показателя, что может дать информацию о течении многих заболеваний [3]. В связи с этим изучение воздействия лектина на качественный и количественный состав белков плазмы крови крыс в норме и при нарушениях представляло значительный интерес.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния лектина (ЛП) *Paenibacillus polymyxa* 1460 на белковый спектр крови самцов крыс при антибиотико – ассоциированном дисбактериозе.

В работе использовали лектин ЛП, 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: 12-часовой период освещения, температура 20°C, корм и вода ad libitum.

Препарат лектина ЛП 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.

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.).

Для определения концентрации общего белка использовали метод М. Bradford [5]. Концентрацию альбумина определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS 3000 P Sinnova (КНР). Концентрацию глобулина рассчитывали по разнице концентраций

общего белка и альбумина. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием t – критерия Стьюдента [6].

В процессе исследования было обнаружено, что введение лектина ЛП самцам белых крыс способствовало снижению белкового спектра крови, а именно: содержание общего белка снижалось на 16,7 %, альбуминов – 5,9 %, глобулинов – 19,9 %. Наряду с этими изменениями альфа-глобулиновое соотношение оставалось в пределах контроля (табл.). В ходе дальнейших экспериментов было замечено, что при антибиотико – ассоциированном дисбактериозе, вызванном введением животным антибиотика линкомицина, происходило резкое изменение белкового спектра крови самцов белых крыс, выражающееся в значительном снижении общего белка за счет фракции альбуминов. Так, у крыс уменьшалось количество общего белка на 40,46 %, альбуминов на 46,56 %, что, в свою очередь, является ответной реакцией организма на длительное применение антибиотика. Альфа-глобулиновое соотношение также снижалось по сравнению с контрольными значениями (табл.). Введение лектина ЛП самцам белых крыс на фоне антибиотико – ассоциированного дисбактериоза, вызванным приемом антибиотика линкомицина, способствовало нормализации белкового спектра крови животных. Содержание данных показателей достигали значений контрольной группы.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что бактериальный лектин ЛП *Paenibacillus polymyxa* 1460 способствует регуляции метаболических процессов в организме животных и восстановлению белкового спектра крови при антибиотико – ассоциированном дисбактериозе.

Таблица - Влияние лектина ЛП *Paenibacillus polymyxa* 1460 на белковый спектр крови самцов белых крыс при антибиотико – ассоциированном дисбактериозе

Характер воздействия	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Альфа-глобулиновое соотношение
Контроль	75,37±3,821	53,41±0,444	15,1±0,223	3,54±0,379
Лектин	62,74±1,483*	50,24±0,541*	12,1±0,323*	4,15±0,062
Линкомицин	44,87±1,380*	28,54±2,30*	16,33±1,901*	2,13±0,141*
Линкомицин+лектин	65,19±3,377*	51,37±0,844*	14,0±0,637	3,67±0,348

Примечание - * p < 0,05 относительно контрольной группы.

Список литературы

1. Дисбактериозы – актуальная проблема медицины / А.А. Воробьев [и др.] // Вестник РАМН. – 1997. – № 3. – С. 4–7.
2. Сравнительная оценка клиничко-лабораторной эффективности современных про – и пребиотических препаратов в коррекции дисбиотических нарушений желудочно-кишечного тракта: отчет о клиничко-лабораторном исследовании / Н.М. Грачева [и др.] – М.: Московский НИИЭМ им. Г.Н. Габричевского, 2010. – 23 с.
3. Попыкина А.М. Взаимосвязь между показателями функциональной активности щитовидной железы и метаболизма белков при тиреотоксикозе и гипотиреозе у детей: Автореф. дис. канд. мед. наук. М., 1980. – 42 с.
4. Лектины *Bacillus polymyxa*: локализация, участие во взаимодействии с корнями пшеницы / Л.В. Карпунина [и др.] // Микробиология. – 1993. – Т. 62, №2. – С. 307–313.
5. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. – 1976. – V. 72. – P. 248 – 254.
6. Зайцев, Т.И. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 268 с.

Использование игровых методов при обучении основам химической токсикологии в рамках экологического воспитания школьников

В. С. Растегаева, Е. В. Плевакова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

viktoraiyes97@gmail.com

Ключевые слова: экологическое воспитание школьников, химическая токсикология, занимательная фитотоксикология, фитотоксины.

На сегодняшний день экологическое воспитание подрастающего поколения является насущной проблемой общества, у детей нередко отсутствует верное экологическое воспитание и мышление в области химической токсикологии. Школьники должны обладать базовыми химическими и биологическими знаниями о токсинах биологического происхождения, о различных промышленных ядах, в том числе, наркотических и психотропных веществах, канцерогенных и мутагенных соединениях, в целях профилактики и сохранения здоровья и состояния окружающей среды [1]. Именно поэтому, в общеобразовательных и внешкольных учебных заведениях стоит уделять больше внимания формированию экологического сознания, пониманию окружающего мира и себя. Для этого учителю необходимо осуществлять экологическое воспитание учащихся посредством уроков, экспериментов, практических работ, занимательных опытов, изучения дополнительной литературы и проведения внеклассных мероприятий на различные темы, связанные с химическими проблемами экологии и токсикологии. Использование игровых методов обучения, являющихся наиболее эффективными активными методами, характеризующимися высокой мотивацией и эмоциональной насыщенностью процесса обучения, активизирует мышление учащихся, повышает их самостоятельность, формирует знания и умения [2, 3].

Цель настоящей работы состояла в разработке и применении игровых методов при обучении основам химической токсикологии в рамках экологического воспитания школьников. Нами было разработано обучающее занятие для школьников «Занимательная фитотоксикология». В ходе этого занятия на первом этапе школьники получают с помощью демонстрации презентации и устного рассказа учителя теоретические знания о предметах «токсикология» и «фитотоксикология», о фитотоксинах и их классификации. Учитель подробно останавливается на описании алкалоидов, их биологической роли, свойствах, применении в медицине, перечисляет растения, в которых содержатся алкалоиды, выделяя особо опасные (ядовитые) растения и демонстрируя фотографии таких растений (например: белена, дурман, белладонна, аконит). Обращает внимание школьников на опасное для человека вещество соланин, который содержится в позеленевших клубнях картофеля, а также на алкалоид никотин, содержащийся в табаке и алкалоиды мака группы морфина, обладающие наркотическими свойствами. Останавливаясь на этом материале, учитель рассказывает о вреде наркотиков и наркотической зависимости, о способах лечения и профилактики. Среди ядовитых растений семейства зонтичных учитель выделяет и показывает на слайде вех ядовитый, содержащий яд цикутотоксин, и борщевик, содержащий токсин фуранокумарин; среди растений, содержащих сердечные гликозиды, учитель подробно рассказывает о ландыше майском и волчьем лыке. В ходе первого этапа обучающего занятия школьники получают знания, которые смогут применить при оценке реальных ситуаций и проблем, возникающих в случае контактирования с фитотоксинами и вызванных ими отравлений.

На втором этапе обучающего занятия «Занимательная фитотоксикология» школьникам в игровой форме предлагается применить полученные знания. Учитель, в свою очередь, получает возможность оценить уровень знаний, приобретенных учащимися, и их применение. Школьникам предлагается несколько игровых заданий: 1) среди десятка изображений различных растений выбрать фото с ядовитыми растениями; 2) отгадать перечень загадок по

теме «Занимательная фитотоксикология»; 3) решить ряд ситуационных задач по теме «Занимательная фитотоксикология». В таблице приведено несколько примеров сочиненных нами загадок о фитотоксинах.

Таблица – Примеры загадок по теме «Занимательная фитотоксикология»

Загадки		
Он горький и токсичен, Он «лошадь убивает». Но людям он привычен, Они его вдыхают, Все стрессы прогоняют. (никотин)	Из углевода состоит И агликона тоже. Сердечный это гликозид Он быстро вам поможет. Проблемы с сердцем разрешит, И сердце ровно застучит. (корликон)	В честь бога древнегреческого Был алкалоид назван. С его приемом человечество Спит крепким сном и славным. (морфин)

Один из примеров, разработанных нами по теме «Занимательная фитотоксикология» ситуационных задач: «Варя и Оля гостили у бабушки в деревне, как-то они радостные вернулись с прогулки домой. В руках у них был большой букет полевых и лесных цветов. Увидев этот букет, бабушка ахнула: «Выбросите сейчас же эти цветы из букета, они очень ядовитые». В букете были цветы: васильки, ромашки, иван-чай, аконит, зверобой и клевер. Какое растение надо убрать из букета? (**аконит**)».

Решая ситуационные задачи, школьники учатся применять полученные знания. Ещё один пример смоделированной нами ситуационной задачи: «Ранней весной Дарья Степановна достала из погреба картофель. Погреб у хозяйки был влажный, и картофель был зеленоватого цвета, да, к тому же, проросший. Но Дарья Степановна сварила этот картофель «в мундире» и съела прямо с кожурой. Через некоторое время она почувствовала признаки отравления. Объясните, почему? Назовите яд, которым могла отравиться Дарья Степановна (**соланин**)».

В ходе реализации данной игровой методики обучения проявляется заинтересованность школьников и стремление к познавательной активности. Игра позволяет активизировать творческое мышление, вырабатывать навыки самостоятельного принятия решений, что чрезвычайно важно в процессе воспитания развитой личности. Опрос школьников после проведения обучающего занятия «Занимательная фитотоксикология» выявил высокую эффективность восприятия и усвоения материала по данной теме.

Таким образом, использование игровых методов в процессе обучения основам химической токсикологии позволяет активизировать мышление школьников, сделать процесс изучения материала более наглядным, доступным и интересным, сформировать у школьников экологические знания и экологическую ответственность.

Список литературы

1. Хабриев Р.У. Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 752 с.
2. Николаева С.Н. Теория и методика экологического образования детей: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 336 с.
3. Филиппова С.В. Игровые технологии в дополнительном экологобиологическом образовании детей. М.: Экспресс, 2013. 88 с.

Фенологические наблюдения за вегетативным и генеративным развитием ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) на территории Воронежской области

С. Г. Ржевский, Е. Ю. Аминова, Л. М. Стародубцева

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии

Воронеж, Россия

slavaosin@yandex.ru

Ключевые слова: *Fraxinus excelsior* L., фенологические наблюдения.

В России леса занимают более 45 % всей территории. На долю ясеня приходится свыше 700 тыс. га, в Воронежской области – около 16 тыс. га, что составляет примерно 4 % общей площади лесного фонда. Ясень встречается в Теллермановском, Бутурлиновском, Воронцовском, Воронежском и других лесничествах в основном в качестве спутника дуба. Ясень – дерево первой величины, обладает мощными защитными свойствами, хорошо адаптируется к загрязнению атмосферы и достаточно устойчив к условиям городской среды, что позволяет использовать его в качестве озеленителя, также ясень широко применяется при создании лесополос [1]. В последние годы исследователи уделяют ясеню особенное внимание в связи с появлением и стремительным распространением его вредителя – ясеневой изумрудной узкотелой златки и патогенного аскомицета – *Hymenoscyphus fraxineus*, вызывающего некроз ветвей [2]. Массовая гибель ясеневых насаждений во всем мире наглядно демонстрирует необходимость проведения исследований по сохранению данного представителя.

В связи со всем вышесказанным ежегодные фенологические наблюдения за вегетативным и генеративным развитием ясеня особенно актуальны в настоящее время. Они позволяют выявить не только влияние метеорологических условий на рост и развитие вегетативных и генеративных органов растений в вегетационный период, но и оценить сроки появления вредителей и инфекций, что, в свою очередь, даст возможность своевременно воздействовать на них соответствующими пестицидами, препятствуя распространению.

Фенологические наблюдения за ясенем проводили на территории Воронежской нагорной дубравы по методике Н.Е. Булыгина [3]. Регистрировались следующие фенофазы: развитие ростовых почек, развитие листьев, начало и окончание цветения, созревание и опадение плодов, рост побегов. Оценка интенсивности цветения и плодоношения проводилась по шестибальной шкале А.А. Корчагина [4]. Отмечался температурный режим, при котором протекали эти процессы, фиксировались все неблагоприятные факторы, отрицательно влияющие на рост и развитие растений.

Характеристика метеорологических условий приводится по данным Воронежской гидрометеорологической службы. Потребность растений в тепле выражается суммой эффективных температур (ЭТ) выше +5 °С.

В 2020 г. зима была теплая и малоснежная, весна – ранняя, но затяжная. Высокие температуры в марте способствовали раннему началу вегетации. В апреле удерживалась холодная погода, недостаток тепла задержал развитие растений. Много дождей было в мае и июне. Во второй половине лета стояла очень сухая и жаркая погода, максимальная температура в августе доходила до 34 °С. В сентябре была теплая и сухая погода.

Даты наступления фенологических фаз развития вегетативных и генеративных органов приведены в таблице.

Набухание почек ясеня обыкновенного началось 8 апреля при среднесуточной температуре воздуха 9,9°С и сумме ЭТ 76,1°С. Развержение листовых почек наблюдалось с 17 апреля при среднесуточной температуре воздуха 6,5°С и сумме ЭТ 102,4°С.

Одновременно начали раскрываться и цветочные почки на мужских и женских деревьях ясеня обыкновенного. Появление пыльцы у ясеня отмечено 26 апреля при среднесуточной температуре воздуха 14,3°С и накоплении суммы ЭТ 128,8°С. Пыление продолжалось 3-4 дня в сухую благоприятную погоду.

Таблица – Даты наступления фенологических фаз развития ясеня обыкновенного в Воронежской нагорной дубраве в 2020 г.

Фенологическая фаза		Дата наступления
Набухание почек		8.04
Развержение почек		17.04
Начало роста побегов		30.04
Окончание роста побегов		5.06
Появление листьев		30.04
Опадение листьев		25.10
Цветение	начало	26.04
	конец	30.04
Начало роста плодов		8.05
Начало созревания плодов		15.08

Появление листьев началось с 30 апреля при температуре 17,3 °С и теплообеспеченности 154,9 °С. Побеги начали расти одновременно с распусканием листьев. Листья опали к середине октября.

Созревание семян ясеня обыкновенного началось во второй декаде августа при среднесуточной температуре воздуха 15,3 °С и сумме ЭТ 1646,5 °С. Семена долго держатся на дереве.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. В текущем году развитие вегетативных органов ясеня проходило с I декады апреля до II декады октября; развитие генеративных органов – с III декады апреля до II декады сентября при благоприятных погодных условиях.

2. Установлено, что каждая фаза развития требует определенного уровня теплообеспеченности.

3. На деревьях ясеня обыкновенного мужского и женского типа отмечено обильное цветение и хорошее плодоношение.

Список литературы

1. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Минск: Наука и техника, 1979. 215с.
2. Мусолин Д.Л., Селиховкин А.В., Баранчиков Ю.Н., Звягинцев В.Б., Шабунин Д.А. Меж двух огней: ясеневая изумрудная златка и халаровый некроз ясеня в Российской Федерации // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы научно-технической конференции. Том 2. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С. 44-46.
3. Булыгин Н.Е. Дендрология. Фенологические наблюдения над лиственными древесными растениями. Учебное пособие для студентов лесохозяйственного факультета. Ленинград. 1976. 70с.
4. Корчагин А.А. Методы учета семеношения древесных пород и лесных сообществ. // Полевая геоботаника. М. Л.: Изд. АН СССР. 1960. С. 11-25.

Акустические особенности водных жесткокрылых *Berosus frontifoveatus* Kuwert, 1888 и *Berosus spinosus* Steven, 1808 (Coleoptera: Hydrophilidae).Е. Ю. Родионова¹, С. Ю. Кустов¹, А. С. Сажнев²¹Кубанский государственный университет

Краснодар, Россия

²Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН

Борок, Россия

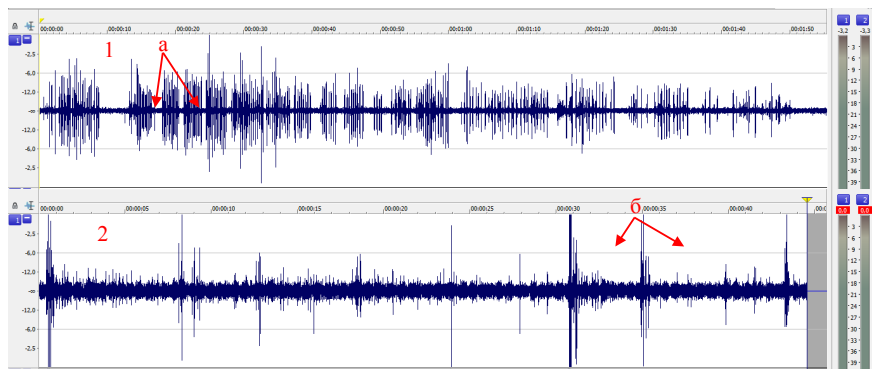
rigaey@gmail.com

Ключевые слова: Hydrophilidae, *Berosus*, биоакустические исследования.

Изучение акустической коммуникации внутри семейства Hydrophilidae началось с середины XX века [1, 2]. Данные исследования помогают изучить биологию поведения видов [3]. В исследованиях по биоакустике всё больше внимания уделяется взаимоотношению между полами. Это обусловлено тем, что многие виды ведут скрытый образ жизни, и в естественных условиях проследить взаимодействие между особями достаточно сложно [4, 5]. Целью нашего исследования было изучить стрессовые сигналы видов *Berosus frontifoveatus* Kuwert, 1888 и *Berosus spinosus* Steven, 1808.

Водные жесткокрылые были собраны на реке Кубань в районе Всероссийского научно-исследовательского института биологической защиты растений (45°02'56.5 "N 38°52'22.1"E) в период с июня по сентябрь 2020 г. Взрослые жуки были собраны общепринятыми энтомологическими методами сбора насекомых. Самцов и самок хранили в пластиковых контейнерах с влажной почвой и водой при температуре 24–26°C в камере постоянного климата (модель KBF720; Binder; Германия). Звуки насекомых записывались в условиях стресса с помощью измерительного конденсаторного микрофона (модель ECM8000; Behringer, Германия), микрофонно-линейного лампового предусилителя с лимитером, Германия) [6]. Данные сохранялись в виде файлов .wav на ноутбуке (модель HP Pavilion g series, США). Для записи звука использовалась программа Sony Sound Forge Pro 10.0, для очистки звуков от фонового шума использовалась программа Adobe Audition CC 12.1. Все испытания проводились в Лаборатории химической коммуникации и массового разведения насекомых при температуре 22–24°C. Стрессовые сигналы для *B. frontifoveatus* и *B. spinosus* моделировались в соответствии с процедурой, использованной для создания стрессовых сигналов для данного рода [2]. Каждого взрослого удерживали за голову в воде, и звуки записывались на расстоянии 1 см от конденсаторного микрофона Behringer. Сигналы стресса регистрировались у 25 взрослых в каждом эксперименте.

Осциллограммы для самцов *B. frontifoveatus* и *B. spinosus* представлены на рисунке. В целом, на рисунке можно заметить различия в характеристиках звука. Так, главные паузы у *B. spinosus* являются более выраженными, так же отрывки каждого звука более выражены. У *B. frontifoveatus* главные паузы не столь заметны, и звук больше похож на постоянное пощёлкивание, с отдельными пиками. Доминантная частота для *B. frontifoveatus* составила 4793±233,05 Гц. Доминантная частота для *B. spinosus* составила 3893±205,45 Гц.



**Рисунок - Осциллограммы *B. frontifoveatus* и *B. spinosus* с их амплитудными значениями
1 - Осциллограмма *B. spinosus*, 2 – осциллограмма *B. frontifoveatus*, а – главные паузы, б - пики**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-34-90022.

Список литературы

1. Van Tassell E. R. An audiospectrographic study of stridulation as an isolating mechanism in the Genus *Berosus* (Coleoptera: Hydrophilidae) // *Annals of the Entomological society of America*. 1965. Vol. 58. P. 407-413.
2. Ryker L. C. 1972. Acoustic behavior of four sympatric species of water scavenger beetles (Coleoptera: Hydrophilidae, *Tropisternus*). *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*. 666: 1-19.
3. Aiken R.B. Sound production by aquatic insects // *Biological Reviews*. 1985. Vol. 65. P. 163–211.
4. Rydh N.E., Flinn M.B, West B., Hereford J., Identification of Sound-Producing Hydrophilid Beetles (Coleoptera: Hydrophilidae) in Underwater Recordings Using Digital Signal Processing // *The Coleopterists Bulletin*. 2015. Vol. 68. №2. P. 305-315.
5. Watanabe N. The fine structure of the stridulatory apparatus of the water scavenger beetle *Regimbartia attenuate* (Fabricius) (Coleoptera, Hydrophilidae) // *Elytra*. 2000. Vol. 28. P.275-284.
6. Rodionova E.Yu., Sazhnev A.S., the use of a condenser microphone for the stude of stridulation of aquatic and semi-aquatic // 63rd International Scientific Conference for Students of Physics and Natural Sciences, Vilnius, Lithuania. 17-20 March, 2020. P. 547.

Особенности исследования повреждений ДНК иммуноферментным методом*А. Б. Рустамли, С. Р. Худавердиева*

Институт молекулярной биологии и биотехнологий НАН

Баку, Азербайджан

rustemli.ayten123@gmail.com

Ключевые слова: пиримидиновые димеры, ДНК, моноклональные антитела.

Живые организмы обитают в среде, где они адаптированы к определенным показателям различных физических, химических и биологических факторов [1, 2]. Отклонения этих факторов от значений, характерных для оптимального диапазона, создают стрессовые условия для конкретных видов. В зависимости от приобретенных в ходе эволюции механизмов и степени приспособленности, у различных организмов проявляются различные эффекты [3]. Как избыток, так и недостаток тех или иных факторов вызывают различные изменения, как в организме в целом, так и в его отдельных подсистемах. Плазматическая мембрана, меж- и внутриклеточные структуры, различные молекулы чувствительны к таким воздействиям [4].

Одним из наиболее чувствительных к действию как физических, так и химических факторов, являются молекулы ДНК. В этой молекуле, составляющей основу генома большинства организмов, в результате прямого и опосредованного воздействия возникают различные повреждения. Спектр таких повреждений очень широк: «мисматч» ошибки, модификации и делеция азотистых оснований, одно- и двуцепочечные разрывы, образование циклобутановых димеров (CPD) и 6-4 фотопродуктов, внутри- и межцепочечные сшивки и др. [5]. К тому же, частота возникновения повреждений также велика. В литературе приводится такой пример: в результате действия различных факторов в одной клетке млекопитающих в течение одного дня теряется несколько тысяч азотистых оснований [6].

Анализ специальной литературы показывает, что, несмотря на всеобъемлющие исследования различных повреждений ДНК, четкого ответа на вопрос о том, какое из них наиболее цитотоксично, не существует [7, 8]. Для выяснения этого вопроса требуется точная идентификация самих повреждений. Некоторые методы и подходы успешно используются для определения широкого круга повреждений, и при этом добиться идентификации их конкретного типа невозможно. Например, для определения общего масштаба повреждения ДНК на уровне клетки применение метода Comet Assay является наиболее подходящим [9].

Не существует также определенности в принципе выбора метода для идентификации того или иного повреждения.

При воздействии какого-то экологического фактора в молекуле ДНК возникают различные повреждения, но при этом какие-то из них преобладают. Например, при облучении интактных тканей и организмов коротковолновыми УФ-лучами, наряду с другими повреждениями, наиболее вероятно образование как CPD, так и 6-4 фотопродуктов. Присутствие последних в препаратах ДНК, выделенной из тканей УФ-С облученных растений, мы показали в своей работе по появлению полосы абсорбции при $\lambda=325$ нм. Интактная ДНК и ДНК с CPD не поглощают лучи с такой длиной. Специфическое определение CPD и 6-4 фотопродуктов стало возможным благодаря применению моноклональных антител к этим модификациям ДНК. Так использование ИФА, разработанного на основе моноклональных антител к CPD (TDM-2), позволяет специфически определить именно этот тип повреждений ДНК.

Мы в своей работе для определения CPD в ДНК использовали ИФА-набор производства Японии (Cosmo BioCo LTD). Данный ИФА-набор обладает высокой чувствительностью.

Проведение твердофазного ИФА для идентификации CPD в цепочках ДНК подчиняется некоторым принципам, которые и определяют основные особенности иммуноферментного анализа:

- опытные ДНК, позитивный и негативный ДНК-стандарты должны быть в одноцепочечном состоянии и фиксированы к подложке, что позволяет полностью

освободиться от несвязанных с твердой поверхностью молекул, что в свою очередь снижает неспецифическое связывание;

- добавление к препаратам ДНК анти-CPD моноклональных антител приводит к образованию иммунных комплексов, многократная промывка поверхности подложки исключает неспецифическое связывание антител;

- использование конъюгата вторичных антител (антител против анти-CPD антител) с биотином, а также промывки способствуют тому, что и при этом исключается неспецифическое связывание;

- специфическое связывание биотина с стрептавидином в комплексе с пероксидазой и катализ ферментом хромогенной реакции своего субстрата, в итоге приводит к специфическому определению ДНК с циклобутановыми димерами;

- одним из важных вопросов при проведении ИФА, является снижение фонового поглощения. Эту цель можно достичь уменьшением количества первичных антител, а также увеличением числа промывок после каждого этапа процедуры.

Следует отметить, что использованный нами ИФА-набор позволяет определить только относительное содержание CPD в образцах, а не абсолютные их значения. Результаты наших исследований показали, что по сравнению с контрольными ДНК препаратами, а также с негативным ДНК-стандартом, относительное содержание CPD в препаратах ДНК, выделенных из корней и листьев УФ-С ($\lambda=254\text{nm}$) облученных растений (24 Дж/м^2) увеличилось в 3,3-3,7 раза. В настоящее время мы проводим исследования репарации поврежденных ДНК с использованием ИФА для определения CPD.

Список литературы

1. Braga G.U., Rangel, D.E., Fernandes and et al. Molecular and physiological effects of environmental UV radiation on fungal conidia //Curr. Genet. 2015. Vol. 61. P.405–425.
2. Rodríguez M., Canales E., Borrás-Hidalgo O. Abiotic stress in plants// Biotecnología Aplicada. 2005.Vol.22(1). P.1-10.
3. Takashi H. and Shinozaki K. Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future // The Plant Journal. 2010. Vol. 61. P.1041–1052.
4. Jian-Kang Zhu. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants //Cell. 2016. Vol.167(2). P. 289-582.
5. Khudaverdiyeva S.R., Mammadov A.Ch., Huseynova I.M. Damage and Repair of the Genome: Universal and Plant specific Mechanisms//Transact. of the Institute of Molecular Biology & Biotechnologies, ANAS. 2017. Vol.1. P.153-166.
6. Britt A.B. DNA Damage and Repair in Plants//Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.1996. Vol.47. P.75-100.
7. Taylor R., Kado O., Jordan B.R. and et al. UV-B induced DNA lesions and their removal in wheat (*T.aestivum* L.) leaves // Plant, Cell and Environment. 1996. Vol. 19. P.171-181.
8. Duque S. et al.; Abiotic Stress Responses in Plants. //Unraveling the Complexity of Genes and Networks to Survive. Ch. 3. 2013. <http://dx.doi.org/10.5772/52779>.
9. 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) // НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ. 2014. №2. С.72-78.

Золотые наночастицы: влияние количества зародышей и цитотоксичностьА. В. Симоненко^{1,2}, В. А. Ханадеев², А. С. Фомин², Н. Г. Хлебцов^{1,2}¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

Саратов, Россия

av_simonenko@mail.ru

Ключевые слова: золотые наночастицы, наночастицы, плазмонный резонанс, цитотоксичность.

Золотые наночастицы представляют собой новый тип наночастиц с более длинными шипами и меньшим размером ядра с возможностью настройки локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР) в диапазонах 600–900 и 1100–1600 нм за счёт изменения формы и размеров наночастиц. В данной работе исследованы морфометрические и оптические свойства золотых наночастиц в зависимости от концентрации золотых зародышей. С помощью метода электронной микроскопии (ЭМ) обнаружено, что увеличение числа добавляемых зародышей от 1 до 24 мкл в расчёте на 10 мл коллоида приводит к снижению длины шипов наночастиц. С использованием спектроскопии экстинкции обнаружено, что увеличение числа добавляемых зародышей приводит к смещению плазмонного резонанса в сторону более коротких длин волн. Также была проведена оценка цитотоксичности наночастиц на двух клеточных линиях *in vitro*.

В последнее время наночастицы привлекают к себе большое внимание, благодаря возможности настройки их плазмонного резонанса в видимой, ближней инфракрасной и коротковолновой инфракрасной области. Такая широкая настройка плазмонного резонанса обусловлена морфологическими свойствами наночастиц, которые регулируются в процессе синтеза. Целью данной работы было исследование морфометрических и спектральных свойств наночастиц в зависимости от количества золотых зародышей, добавляемых в процессе синтеза, а также исследование цитотоксичности наночастиц для последующего потенциального использования в биомедицинских приложениях.

Золотые наночастицы были получены методом зародышевого синтеза на основе Triton X-100, впервые описанным в [1] и модифицированным в [2]. Тест на токсичность золотых наночастиц был основан на измерении метаболической активности клеток. Эту активность проверяли с помощью флуориметрического теста на основе аламарового синего (Alamar blue; Thermofisher, США) [3] на двух клеточных линиях, предоставленных центром коллективного пользования «Симбиоз» ИБФРМ РАН.

На рисунке (а-в) представлены ЭМ изображения трех образцов золотых наночастиц после добавления разного количества зародышей: 1 (а), 6 (б) и 24 мкл (в) на 10 мл коллоида. При увеличении количества добавленных зародышей от 1 до 24 мкл длина шипов уменьшается от $79,6 \pm 14$ до $35,8 \pm 10$ нм. Увеличение числа добавляемых зародышей также приводит к смещению плазмонного резонанса в сторону более коротких длин волн (рис., г).

На рисунке представлены также количественные оценки метаболической активности клеточных линий: опухолевых – глиомы крысы С6 (д) и здоровых клеток – фибробластов кожи крысы (е) после инкубации 24 ч с образцами золотых наночастиц *in vitro*. Метаболическая активность клеток была выше порогового значения 70 %. Таким образом, данные образцы золотых наночастиц не являются токсичными для обеих клеточных линий.

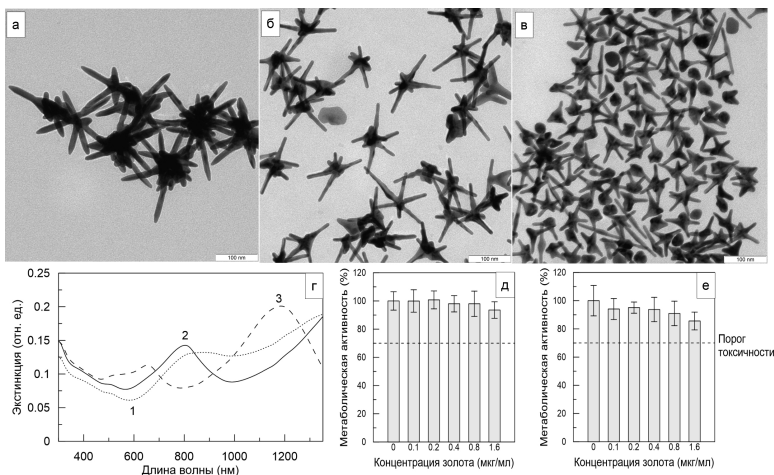


Рисунок - ЭМ изображения золотых наностар после добавления 1 (а), 6 (б) и 24 мкл (в) зародышей на 10 мл коллоида; (г) – спектры экстинкции коллоида наностар после добавления 1 (1), 6 (2) и 24 мкл (3) зародышей. Флуориметрическая количественная оценка метаболической активности клеточных линий: глиомы крысы С6 (д) и фибробластов кожи крысы (е) после инкубации 24 ч с наностарнами

В данной работе было проведено исследование зависимости морфологических и оптических свойств золотых наностар от количества добавленных зародышей. Обнаружено, что увеличение количества зародышей приводит к уменьшению длины шипов, а также к спектральному смещению плазмонного резонанса в сторону более коротких длин волн. Также была исследована цитотоксичность наностар на двух клеточных линиях и обнаружено, что данные наночастицы не проявляют цитотоксических эффектов в диапазоне концентраций от 0,1 до 1,6 мкг/мл.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 19-72-00120.

Список литературы

1. Pallavicini P., Donà A., Casu A., Chirico G., Collini M., Dacarro G., Falqui A., Milanese C., Sironic L., Taglietta A. Triton X-100 for three-plasmon gold nanostars with two photothermally active NIR (near IR) and SWIR (short-wavelength IR) channels // Chem. Commun. 2013. Vol. 49. P. 6265-6267.
2. Atta S., Beetz M., Fabris L. Understanding the role of AgNO₃ concentration and seed morphology to achieve tunable shape control in gold nanostars // Nanoscale. 2019. Vol. 11. P. 2946-2958.
3. 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. Vol. 267. P. 5421-5426.

Антибактериальные свойства наночастиц магнетита (Fe_3O_4) при фотовоздействии

С. Ф. И. Салем, М. В. Корченова, Е. С. Тучина, В. В. Тучин

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
samiafarouk66@yahoo.com

Ключевые слова: магнитосомы, магнетит, магнитная гипертермия, магнитотактические бактерии, *Staphylococcus aureus*, фототерапия.

Магнитотактические бактерии относятся к группе бактерий, синтезирующих наночастицы оксида железа Fe_3O_4 (магнетита), покрытые биологическим материалом, которые называются магнитосомами. Магнитосомы - это внутриклеточные структуры, содержащие магнитные наночастицы, окруженные липидной бислоевой мембраной. Они привлекли большое внимание к биотехнологическим приложениям [1-11]. Магнитосомы обычно представляют собой крупные наночастицы с одним магнитным доменом. Магнитосомы также являются хорошими кандидатами для лечения рака с помощью магнитной гипертермии. Магнитная гипертермия исследовалась как на животных моделях, так и на людях для лечения ряда видов рака, включая рак молочной железы [1,2], рак предстательной железы [3], глиобластоме [4] и рак головы и шеи [5].

Так, Alphandéry с соавторами [7, 8] использовали суспензию цепей магнитосом, выделенных из бактерий штамма *Magnetospirillum magneticum* AMB-1, в опухоли молочной железы, ксенотрансплантированные под кожу мышей. После трех применений переменного магнитного поля в течение 20 мин опухоли были полностью уничтожены у нескольких мышей. Эти результаты свидетельствуют о том, что цепочки магнитосом, выделенных из магнитотактических бактерий AMB-1, высокоэффективны для лечения солидных опухолей с помощью магнитной гипертермии.

Для ряда применений можно использовать вместо или в дополнение к магнитному воздействию также фотовоздействие, которое для наноразмерного магнетита (Fe_3O_4) сводится к генерации активных форм кислорода (АФК) за счет поверхностного плазмонного резонанса и фотокаталитического эффекта, которые могут сопровождаться локальным нагревом наночастиц. Искусственно синтезированные наночастицы магнетита могут служить в качестве хорошей модели воздействия света на магнитосомы магнитных бактерий. Такие частицы являются доступным и перспективным материалом, что обусловлено их низкой токсичностью и стабильностью магнитных характеристик. Данные наночастицы активно внедряются в такие области биомедицины как: детекция и фракционирование биомолекул (магнитно-резонансная томография, биосенсоры, биосепарация и пробоподготовка); адресное терапевтическое воздействие (целевая доставка терапевтических молекул, управляемая локальная гипертермия опухолей, фототерапия раковых и инфекционных заболеваний); биоинженерия (конструирование биологических тканей, молекулярно-генетическое моделирование) [3-13].

В связи с вышесказанным представляло интерес оценить возможность использования наночастиц Fe_3O_4 в качестве антимикробных агентов при фотовоздействии светодиодного фиолетового (405 нм) излучения, близкого к плазмонному резонансу наночастиц магнетита. Например, для наночастиц размером 8-20 нм плазмонный резонанс находится в диапазоне 360-370 нм [11]. Можно ожидать, что для более крупных наночастиц плазмонный резонанс будет сдвигаться в видимую область.

Постановка эксперимента проходила по методу, описанному ранее [14]. Использовали светодиодный источник света с максимумом испускания 405 нм и плотностью мощности 70 мВт/см². Клетки метициллин-чувствительного (MS) и метициллин-устойчивого (MR) штаммов *Staphylococcus aureus* инкубировали вместе с наночастицами магнетита (Micromod, Германия) со средним диаметром 100 нм в концентрации 0,01 %.

Фиолетовое излучение оказывало незначительное подавляющее действие на рост метициллин-чувствительного штамма *S. aureus*: снижение числа КОЕ отмечено на 38 % после 30 мин воздействия (рис., А). Метициллин-устойчивый штамм *S. aureus* был более подвержен действию излучения: увеличение экспозиции от 10 до 30 мин приводило к снижению числа КОЕ на 35-59 % относительно контроля (рис., Б).

Инкубирование клеток *S. aureus* MS с наночастицами магнетита усиливало угнетающее действие светодиодного фиолетового излучения. Увеличение времени облучения от 5 до 15 мин приводило к сокращению числа КОЕ от 34 до 44 % относительно контроля соответственно. После 30 мин воздействия снижение численности популяции метициллин-чувствительного штамма золотистого стафилококка отмечено на 57 % (рис., А).

Изменение численности бактериальной популяции в течение первых 10 мин действия излучения на клетки *S. aureus* MR с наночастицами магнетита, носили аналогичный предыдущему случаю характер. Затем, последующее увеличение времени облучения вызывало более выраженное сокращение числа КОЕ: на 55 % после 15 мин воздействия, на 69 % - после 30 мин (рис. Б).

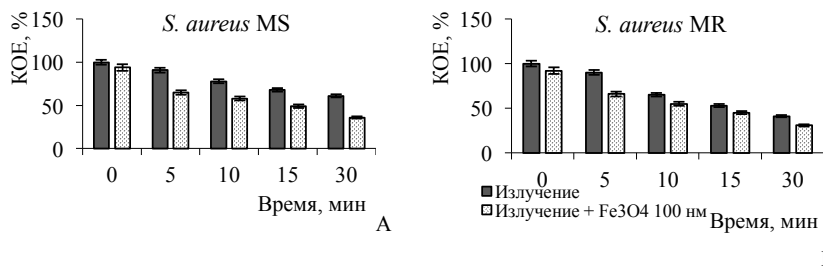


Рисунок - Влияние наночастиц магнетита и фиолетового (405 нм) светодиодного излучения на: А – *S. aureus* MS; Б – *S. aureus* MR

В ходе данного исследования было установлено, что использование наночастиц магнетита в сочетании со светодиодным фиолетовым (405 нм) излучением вызывает снижение численности как метициллин-чувствительного, так и метициллин-устойчивого штамма *S. aureus*.

Список литературы

1. DeNardo S.J., DeNardo G.L., Natarajan A., Miers L.A., Foreman A.R., Gruettner C., Adamson G.N., Ivkov R. Thermal dosimetry predictive of efficacy of ¹¹¹In-ChL6 nanoparticle AMF-induced thermoablative therapy for human breast cancer in mice // J. Nucl. Med. 2007. Vol. 48. P.437–444.
2. Timko M., Dzarova A., Skumiel A., Jozefcak A., Hornowski T., Gojzewski H. Magnetic properties and heating effect in bacterial magnetic nanoparticles // J. Magn. Magn. Mater. 2009. Vol. 321. P. 1521–1524.
3. Johanssen M., Gnevokow U., Eckelt L., Feussner A., Waldöfner N., Scholz R., Deger S., Wust P., Loening S.A., Jordan A. Clinical hyperthermia of prostate cancer using magnetic nanoparticles: presentation of a new interstitial technique // Int. J. Hyperthermia. 2005. Vol. 21. P. 637–647.
4. Maier-Hauff K., Ulrich F., Nestler D., Niehoff H., Wust P., Thiesen B., Orawa H., Brudach V., Jordan A. Efficacy and safety of intratumoral thermotherapy using magnetic iron-oxide nanoparticles combined with external beam radiotherapy on patients with recurrent glioblastoma multiforme // J. Neurooncol. 2011. Vol. 103. P.317–324
5. Zhao Q., Wang L., Cheng R., Mao L., Arnold R.D., Howerth E.W., Chen Z.G., Platt S. Magnetic nanoparticle-based hyperthermia for head and neck cancer in mouse models // Theranostics. 2012. Vol. 2. P. 113–121.
6. Dutz S., Hergt R., Mürbe J., Müller R., Zeisberger M., Andrä W. Hysteresis losses of magnetic nanoparticle powders in the single domain size range // J. Magn. Magn. Mater. 2007. Vol. 308. P. 305–312.
7. Alphanđery E., Faure S., Chebbi I. Treatment of cancer or tumor induced by the release of heat generated by various chains of magnetosomes extracted from magnetotactic bacteria and submitted to an alternative magnetic field // Int. Patent. 2011. No. PCT/EP2010/067765.

8. Alphanđery E., Carvallo C., Menguy N., Chebbi I. Chains of cobalt doped magnetosomes extracted from AMB-1 magnetotactic bacteria for application in alternative magnetic field cancer therapy // *J. Phys. Chem.* 2011. Vol. 115. P.11920–11924.
9. Liu G., Ma J., Liu J. Photothermal effect for Fe₃O₄ nanoparticles contained in micelles induced by near-infrared light // *J. Shanghai Jiaotong Univ. (Sci.)* 2012. Vol. 17. P. 730–733.
10. Kafayati M., Raheb J., Torabi Angazi M., Alizadeh S., Bardania H. The Effect of Magnetic Fe₃O₄ Nanoparticles on the Growth of Genetically Manipulated Bacterium *Pseudomonas aeruginosa* (PTSOX4) // *Iranian Journal of Biotechnology*. 2013. Vol. 11. P. 41-46.
11. Arakha M., Pal S., Samantarrai D. Antimicrobial activity of iron oxide nanoparticle upon modulation of nanoparticle-bacteria interface // *Sci. Rep.* 2015. Vol. 5. P. 14813.
12. Sikora P., Augustyniak A., Cendrowski K., Nawrotek P., Mijowska E. Antimicrobial Activity of Al₂O₃, CuO, Fe₃O₄, and ZnO Nanoparticles in Scope of Their Further Application in Cement-Based Building Materials // *Nanomaterials*. 2018. Vol. 8. P. 212.
13. Gabrielyan L., Hakobyan L., Hovhannisyan A., Trchounian A. Effects of iron oxide (Fe₃O₄) nanoparticles on *Escherichia coli* antibiotic-resistant strains // *J. App. Microbiol.* 2019. Vol. 126. P. 1108-1116.
14. Sarkar A., Shchukarev A., Leino A.-R., Kordas K., Mikkola J.-P., Petrov P. O., Tuchina E.S., Popov A.P., Darvin M.E., Meinke M., Lademann J., Tuchin V.V. Photocatalytic activity of TiO₂ nanoparticles: effect of thermal annealing under various gaseous atmospheres // *Nanotechnology*. 2012. Vol. 23. P. 1-8.

Допирование наночастиц оксидов металлов как способ повышения их антимикробной фотокаталитической активности

А. В. Светлакова, Е. С. Тучина

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

anna5vetlakova@yandex.ru

Ключевые слова: фотокаталитическое воздействие, наночастицы, нанокompозиты, Al_2O_3 , TiO_2 .

В настоящее время наноматериалы (НМ) применяются повсеместно: в пищевой промышленности, строительстве, медицине. Одним из наиболее актуальных направлений их применения является фотокаталитическое антимикробное воздействие, которое является современным способом решения проблемы устойчивости к антибиотикам. В качестве фотокатализаторов чаще всего применяются полупроводниковые металлы, образование активных радикалов на поверхности которых связано с окислительно-восстановительными реакциями, индуцированными электронами (e^-) и дырками (h^+). Для усиления каталитических свойств полупроводниковые металлы допируют различными материалами, что обеспечивает сужение проводящей зоны и достижение оптимальной рекомбинации электронов [1].

Титан и его оксиды (TiO_2) – стабильные, биосовместимые и недорогостоящие материалы, чем можно объяснить их повсеместное использование. Несмотря на это, продолжается поиск способов повышения фотодинамической и фотокаталитической активности данных НМ [2].

В отличие от TiO_2 свойства оксида алюминия Al_2O_3 менее изучены и представляют большой интерес для науки. Известно, что Al_2O_3 практически не обладают цитотоксичностью и почти безвредны даже при длительном воздействии как на клетки микроорганизмов, так и на животные клетки [3].

Целью нашего исследования стало изучение антимикробных фотокаталитических свойств НМ $G-TiO_2.N$ и $\gamma-Al_2O_3-TiO_2$ и сравнение их эффективности с чистыми НМ.

Новые нанокompозиты $G-TiO_2.N$ были приготовлены смешением коммерчески доступного обожженного гипса (Arde A828) с дистиллированной водой и нанопроволоками. Нанопроволоки диоксида титана были получены гидротермальным методом из диоксида титана. Допирование азотом было проведено путем отжига волокон диоксида титана при $600\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 4 ч в 2 % NH_3 [4]. Композитные 3D-наноструктуры γ -модификаций Al_2O_3 с содержанием TiO_2 0,15 моль/л (средняя длина нановолокон ~ 150 нм, удельная площадь материала $115\text{ м}^2/\text{г}$) были произведены Институте физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина по оригинальной технологии [5]. Образцы были помещены в лунки коммерческого 24-луночного полистирольного планшета. Антимикробное воздействие образцов исследовалось на музейном штамме *S. aureus* 209 P.

Для тестирования антимикробных свойств НК суспензию микроорганизмов объемом 1 мл (10^3 м.к./мл) добавляли в лунку, содержащую образец НК, оставляли в темноте на 30 минут для оценки темновой токсичности. Затем суспензию подвергали действию излучения. Контрольные образцы оставляли вне действия света на все время эксперимента. Облученные и необлученные суспензии высевали на поверхность плотной питательной среды в чашки Петри.

Учет результатов осуществляли путем подсчета КОЕ через 24-48 ч после инкубации при $37\text{ }^\circ\text{C}$. В качестве контроля принимали значения колониеобразующей способности бактериальных клеток, не подвергавшихся облучению и не обработанных нанокompозитами. Эксперименты проводились в десятикратной повторности.

Наше исследование показало, что допирование полупроводниковых материалов приводит к повышению антимикробных свойств композитов. Добавление азота приводит к повышению фотокаталитической активности: при 30 минутах воздействия $G-Ti$ снижает рост

бактерий на 43 %, добавление азота увеличивает этот показатель до 58 % (рис., А). Легирование Al_2O_3 диоксидом титана значительно увеличивает его антимикробные свойства, снижая рост бактерий при максимальном времени воздействия с 89 до 99% (рис., Б). Также эксперимент показал, что добавление азота и диоксида титана увеличивают и цитотоксические эффекты образцов. Токсическое действие TiO_2 увеличилось незначительно, лишь на 1 %, тогда как допирование Al_2O_3 снизило рост бактерий на 18 %.

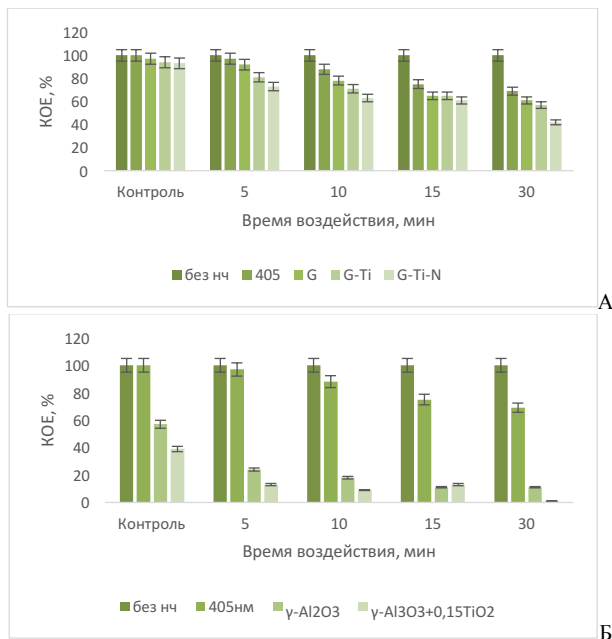


Рисунок - Влияние фиолетового светодиодного излучения (405 нм, 70 мВт/см²) на выживаемость *S. aureus* А – при воздействии TiO_2 ; Б – при воздействии Al_2O_3

При использовании НМ в качестве фотоактивных веществ при антимикробном воздействии важно иметь возможность регулировать их эффективность. В данном исследовании было показано, что введение в состав НМ дополнительных компонентов существенно усиливает фотокаталитическую активность.

Список литературы

1. Priyanka G., Ciara B., Ailish B., Suresh C. P. Antimicrobial activity of photocatalysts: Fundamentals, mechanisms, kinetics and recent advances // Applied Catalysis B: Environmental. 2018. Vol. 225. P. 51–75.
2. Hashimoto K., Hiroshi I., Fujishima A. TiO₂ Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospect // AAPS Bulletin. 2007. Vol. 17, №6. P. 12–28.
3. Kim I.-S., Baek M., Choi S.-J. Comparative Cytotoxicity of Al₂O₃, CeO₂, TiO₂ and ZnO Nanoparticles to Human Lung Cells // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2010. Vol. 10. №5. P. 3453–3458.
4. Mohl M., Dombovari A., Tuchina E.S., Petrov P.O., Bibikova O.A., Skovorodkin I., Popov A.P., Rautio A.-R., Sarkar A., Mikkola J.-P., Huuhtanen M., Vainio S., Keiski R.L., Prilepsky A., Kukovec A., Konya Z., Tuchin V.V., Kordas K. Titania nanofibers in gypsum composites: an antibacterial and cytotoxicology study // Journal of Materials Chemistry B. 2014. Vol. 2. P. 1307-1316.
5. Khodan A. N., Nguyen T.H.N., Esaulkov M., Kiselev R., Amamra M., Vignes J.-L., Kanaev A. Porous monoliths consisting of aluminum oxyhydroxide nanofibrils: 3D structure, chemical composition, and phase transformations in the temperature range 25–1700 °C // J Nanopart Res. 2018. Vol 2 (7). doi: 10.1007/s11051-018-4285-4.

Цитотоксичность наночастиц золота, стабилизированных различными полимерными соединениями*И. О. Стебелев¹, Р. А. Верховский¹, Е. В. Глинская¹, Т. А. Шульгина², О. В. Нечаева³*¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского²Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии³Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. ГагаринаСаратов, Россия
istebelev@bk.ru

Ключевые слова: цитотоксичность, наночастицы золота, клеточные линии фибробластов, клеточные линии нейробластомы.

Наночастицы золота (НЧ Au), благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, широко используются для решения ряда биомедицинских задач. Так, например, способность эффективно конвертировать световое излучение в тепло позволяет использовать НЧ Au в качестве агентов для плазмонной фототермической терапии [1]. НЧ Au способны усиливать сигнал гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) от молекул веществ, находящихся вблизи их поверхности, что делает перспективным их применение в ГКР спектроскопии [2]. НЧ Au могут найти применение для доставки лекарственных средств [3] и молекул нуклеиновых кислот внутрь клетки [4]. В клинике НЧ Au применяются для лазерной абляции тканей, терапии рака, атеросклероза [5, 6].

Использование НЧ Au в терапии требует всестороннего исследования возможных побочных эффектов, вызванных их применением, в том числе и цитотоксического воздействия. Ранее было установлено, что ряд физико-химических свойств НЧ Au, и, как следствие, эффективность их применения в медико-биологической практике, а также их цитотоксичность напрямую зависит от поверхностных свойств, формы, размера и степени агрегации наночастиц [7, 8]. Таким образом предотвращение агрегации НЧ Au является необходимым условием, обеспечивающим сохранение их биологической активности.

На сегодняшний день ряд полимерных соединений, таких как альгинат натрия, хитозан, поливиниловый спирт, полиэтиленгликоль и др. используются для стабилизации НЧ Au. Однако поиск новых стабилизаторов НЧ Au и оценка их биосовместимости остается актуальной задачей.

В ходе исследования нами был оценен цитотоксический эффект ряда полимерных соединений, а также стабилизированных ими наночастиц золота в отношении клеточных линий фибробластов (L929) и нейробластомы (N2a) мыши. В качестве стабилизаторов были использованы поливиниловый спирт (PVA), карбоксиметилцеллюлоза (СМС), додецилсульфат натрия (SDS), полиазолидинаммоний, модифицированный гидрат-ионами йода (PG-m). Оценку выживаемости клеточных линий осуществляли спустя 24 часа после добавления токсиканта путем их окрашивания флуоресцентным красителем AlamarBlue.

В ходе исследования было установлено, что PG-m при всех концентрациях и SDS при концентрации более 5 % приводят к снижению выживаемости культур клеток более чем на 95 %, что говорит о их высокой цитотоксичности. Снижение выживаемости культур клеток при добавлении стабилизаторов PVA и СМС не превышало более 25 %, что указывает на их низкую цитотоксичность (рис. 1). Полученные результаты согласуются с данными литературы о цитотоксичности вышеупомянутых полимерных соединений в отношении дермальных фибробластов человека (NHDF) [9].

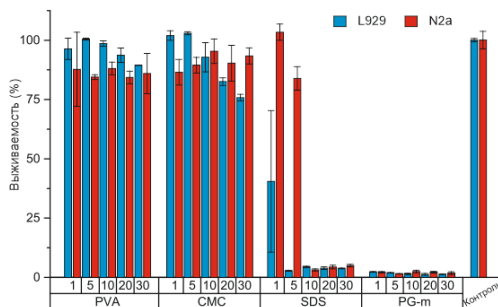


Рисунок 1 - Выживаемость клеточных линий L929 и N2a спустя 24 часа после добавления стабилизаторов в объеме 1, 5, 10, 20, и 30 % от общего объема питательной среды

Далее нами оценивалась цитотоксичность НЧ Au, стабилизированных PVA и CMC, поскольку данные полимерные соединения продемонстрировали наименьший токсический эффект. Было установлено, что при добавлении стабилизированных НЧ Au в количестве до 9 мкг на лунку (10^4 клеток) наблюдалось снижение выживаемости клеточных линий не более чем на 15 % (рис. 2).

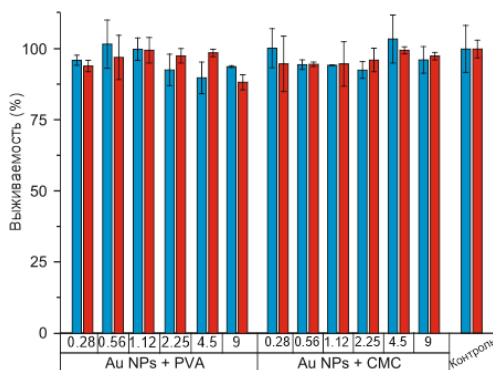


Рисунок 2 - Выживаемость клеточных линий L929 и N2a спустя 24 часа после добавления стабилизированных PVA и CMC наночастиц золота в количестве 0,28, 0,56, 1,12, 2,25, 4,5, и 9 мкг на лунку (10^4 клеток) и 30 % от общего объема питательной среды

Согласно полученным данным, стабилизаторы SDS и PG-m проявили выраженное цитотоксическое воздействие на клеточные линии L929 и N2a, что ограничивает их использование в качестве стабилизаторов НЧ Au. PVA и CMC, а также стабилизированные ими НЧ Au, напротив, демонстрируют низкую цитотоксичность в отношении исследуемых культур клеток, что открывает перспективы их применения в медико-биологической практике.

Список литературы

1. Gold nanoparticle based photothermal therapy: Development and application for effective cancer treatment / W. Yang [et al.] // Sustainable Materials and Technologies. – 2019. – №22. – С. 2–11.
2. Kircher, M. F. A Brain Tumor Molecular Imaging Strategy Using A New Triple-Modality MRI-Photoacoustic-Raman Nanoparticle / M.F.Kircher // Nature Medicine. – 2012. – №18. – С. 829–834.
3. Pearson, S. Micelles based on gold-glycopolymers as new chemotherapy drug delivery agents / S.Pearson, W.Scarano, M.H.Stenzel // Chemical Communications. – 2012. – №48. – С. 4695–4697.
4. Gene delivery using dendrimer-entrapped gold nanoparticles as nonviral vectors / Y.Shan [et al.] // Biomaterials. – 2012. – №33. – С. 3025–3035.

5. Lu, Z.H., Sakuma, S. *Nanomaterials in Pharmacology* / Z.H.Lu, S.Sakuma. New York: Humana, 2016. – 496 c.
6. Aderibigbe, B.A. *Metal-Based Nanoparticles for the Treatment of Infectious Diseases* / B.A.Aderibigbe // *Molecules*. – 2017. – №22. – C. 1–37.
7. Effects of aggregation and the surface properties of gold nanoparticles on cytotoxicity and cell growth / W.Cui [et al.] // *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. – 2011. – №8. – C. 46–53.
8. Size-dependent cytotoxicity of gold nanoparticles / Y.Pan [et al.] // *Small*. – 2007. – №3. – C. 1941–1949.
9. Physical properties and cytotoxicity of silver nanoparticles under different polymeric stabilizers / R.A.Verkhovskii [et al.] // *Heliyon*. – 2019. – №5. – C. 1–13.

Влияние пероксида водорода на накопление митохондриальных прохибитинов в зеленых листьях *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.

Е. В. Стукова^{1,2}, Н. Е. Коротаева²

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН

Иркутск, Россия

k_stukova@inbox.ru

Ключевые слова: прохибитины, *Arabidopsis thaliana*, пероксид водорода.

В живой клетке активные формы кислорода (АФК) служат модуляторами и передатчиками сигналов мобилизации восстановительных программ, а также являются маркерами стрессового воздействия. Пероксид водорода (H_2O_2) по сравнению с остальными формами АФК имеет среднюю активность и более длительный срок жизни [1]. Благодаря высокой способности проникать через мембраны, H_2O_2 играет роль вторичного мессенджера в развитии и передаче внутриклеточных сигналов [2]. В период окислительного стресса H_2O_2 в низких концентрациях участвует в сигналинге, активирующем программы устойчивости и адаптации к биотическим и абиотическим воздействиям [2]. Прохибитины (Phb) - небольшие (Mг около 30 кД) высококонсервативные структурные и фолдинг-белки, относящиеся к семейству мембранных белков «band-7» [3] и обнаруженные на сегодняшний день в различных мембранных структурах всех изученных эукариот [4]. Для растений, в отличие от животных, показано участие Phb в процессах роста [4]. На экспрессию генов Phb оказывают влияние высокая освещенность [5], температура [6] или УФ (AtGenExpress Visualization Tool). Phb являются частью программ регуляции протеома растительных митохондрий как в нормальных, так и в стрессовых условиях, в том числе, в условиях окислительного стресса. Накопление Phb в митохондриях также может активироваться при развитии внутриклеточного окисления [7]. Однако может ли рост содержания прохибитинов напрямую активироваться с помощью АФК, т.е. тем же путем, что и накопление других стресс-индуцированных факторов защиты и адаптации, остается неизвестным. Целью данной работы стало выявление влияния H_2O_2 на накопление Phb в листьях *Arabidopsis thaliana*.

В работе использовали 25-суточные растения *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh (экотип Columbia), выращенные на грунте в климатической камере МКТ-240 («Binder», Германия; 22–24°C, 16/8 ч день/ночь). Для создания окислительного стресса надземную часть растений помещали в чашки Петри с растворами H_2O_2 (ЗАО «Реактив», Россия) различных концентраций. Накопление H_2O_2 в листьях определяли окрашиванием с раствором 3,3-диаминобензидина (ДАВ). Phb3/4 определяли во фракции общего белка из листьев после электрофоретического фракционирования и Western Blot с помощью специфических антител (любезно предоставлены д-р Hillel Fromm, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel). Относительное содержание Phb3/4 определяли денситометрически относительно контроля (грунт), принятого за 1.

Как следует из рисунка, чем выше концентрация H_2O_2 в инкубационном растворе, тем интенсивней окрашивание листьев арабидопсиса. Наиболее интенсивным оказалось окрашивание при воздействии 40 мМ H_2O_2 в течение одного часа. Возможно, этого времени недостаточно для активации антиоксидантных систем клетки, что приводит к интенсивному накоплению H_2O_2 в листьях.

При инкубировании в течение 2-х часов интенсивность окрашивания снизилась, что указывает на вероятную активацию антиоксидантных систем. Снижение содержания Phb3/4 при часовом инкубировании говорит в пользу подавляющего действия накопления H_2O_2 на содержание прохибитинов.

Известно, что H_2O_2 ингибирует ростовые процессы, с которыми накопление прохибитинов тесно связано. Возможно, сокращение темпов роста в результате действия H_2O_2

является причиной снижения содержания прохИБИТИНОВ. Т.о, накопление H_2O_2 в листьях приводит к снижению содержания Phb3/4.

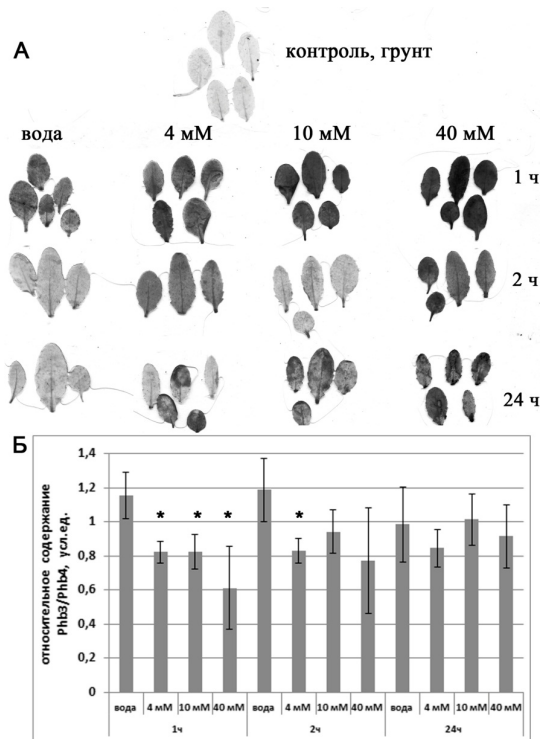


Рисунок - Влияние пероксида водорода на содержание Phb3/4 в листьях арабидопсиса. А – окрашивание листьев с помощью ДАБ после инкубирования с H_2O_2 ; Б – содержание Phb3/4 в общем белке из листьев арабидопсиса после инкубирования с H_2O_2 , n=3-5, m±S.D. * - различия достоверны при $p \leq 0,05$

Список литературы

1. Bhattacharjee S. Reactive oxygen species and oxidative burst: roles in stress, senescence and signal transduction in plant // Curr. Sci. 2005 № 89. P. 1113- 1121.
2. Quan L.-J., Zhang B., Shi W.-W., Li H.-Y. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network, J. Integrat // Plant Biol. 2008 50. P. 2-18.
3. Gehl B., Sweetlove L.J. Mitochondrial Band-7 family proteins: scaffolds for respiratory chain assembly? // Front. Plant Sci. 2014 №5. P. 141-147.
4. Artal-Sanz M., Tavernarakis N. Prohibitin and mitochondrial biology // Trends Endocrinol. Metab. 2009 № 20. P. 394-401
5. Vandenabeele S. Van Der Kelen K., Dat J., Gadjev I., Boonefaes T., Morsa S., Rottiers P., Slooten L., Van Montagu M., Zabeau M., Inzé D., Van Breusegem F. A comprehensive analysis of hydrogen peroxide-induced gene expression in tobacco // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 2003 № 100. P. 16113-16118.
6. Ahn C.S., Lee J.H., Reum Hwang A., Kim W.T., Pai H.S. Prohibitin is involved in mitochondrial biogenesis in plants // Plant J. 2006 № 46. P. 658-667.
7. Sieger S.M., Kristensen B.K., Robson C.A., Amirsadeghi S., Eng E.W., Abdel-Mesih A., Møller I.M., Vanlerberghe G.C. The role of alternative oxidase in modulating carbon use efficiency and growth during macronutrient stress in tobacco cells // J. Exp. Bot. 2005 № 56. P. 1499-1515.

Определение способности гриба *Alternaria alternata* к смене экологических ниш в пределах растения-хозяина при паразитировании на яблонях

О. О. Султанова, А. М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

olesya.sultanova.98@mail.ru

Ключевые слова: *Alternaria alternata*, яблони, альтернариоз.

Альтернариоз яблонь, вызываемый грибами *Alternaria alternata*, с каждым годом всё шире распространяется на территории Российской Федерации [1]. Наиболее изученными являются плодовая и листовая форма этого заболевания. На территории Саратовской области в последние годы данный вид является основным возбудителем усыхания скелетных частей побегов [2], в связи с чем можно говорить и о появлении стволовой формы альтернариоза яблонь. При всех вышеперечисленных видах патологий выделяются очень схожие по морфологическим и культуральным свойствам штаммы рода *Alternaria*, которые большинством исследователей идентифицируются как *A. alternata*. Однако возникает вопрос, могут ли одни и те же штаммы вызывать разные формы альтернариоза яблонь? В ходе наших предыдущих исследований установлено, что штаммы *A. alternata*, изолированные с усыхающих скелетных частей яблонь, потенциально способны вызывать характерные поражения тканей плодов и листовых пластинок растений этого вида в условиях *in vitro* [3]. Целью данной работы стало выявление способности штаммов, изолированных с листьев, поражённых альтернариозом, вызывать какие-либо патологические изменения скелетных частей яблонь в условиях *in vitro*.

Материалом для исследований послужили 4 штамма, которые были выделены с поражённых листьев яблонь сортов Уэлси (штамм 1), Жигулёвское (штамм 2), Чудное (штамм 3) и Симиренко (штамм 4) в Энгельском районе Саратовской области в 2020 г. Грибы выделяли и культивировали на среде PDA (картофель – 20 г, агар-агар – 1,5 г, глюкоза – 2 г, вода – 100 мл). Идентификацию изолятов проводили по фенотипическим свойствам [4].

В экспериментах *in vitro* были использованы скелетные части побегов яблонь без признаков поражения какой-либо формой альтернариоза 2-3-х-летнего возраста шести сортов яблонь с разными сроками созревания (летние сорта: Грушовка Московская, Белый налив, осенние сорта: Уэлси, Жигулёвское, зимние сорта: Симиренко, Чудное). Перед началом эксперимента побеги не стерилизовались, и на них сохранялась их естественная микрофлора. На поверхность голодного агара в чашках Петри помещали фрагменты побегов длиной 2 см, на которые петлёй наносили 5-суточную культуру исследуемого штамма гриба. Посевы культивировали при +28 °С во влажных камерах. Учёт проводили на 7, 14, 21 сутки. Для сравнения полученных результатов нами была разработана шкала, позволяющая оценить степень поражения тканей яблонь *in vitro*: 0 баллов — отсутствие поражений, 1 балл — поражено не более 50 %, 2 балла — поражено 50-80 %, 3 балла — поражено более 80 % площади тест-объекта.

В ходе проведённых исследований было установлено, что штаммы *A. alternata*, изолированные с листьев яблонь, могут вызывать поражения и скелетных частей растений этого вида.

Поражения скелетных частей побегов развивались постепенно. На 7-е сутки на инфицированных поверхностях отмечался незначительный рост (1 балл) штаммов 1, 2, 3. Причём штамм 1 давал рост только на побегах Грушовки, а штаммы 2 и 3 использовали для роста побеги нескольких сортов яблонь. К 14-м суткам рост тех или иных штаммов альтернариоз был отмечен уже на всех тестируемых сортах яблонь, хотя степень поражения в большинстве случаев не превышала 1 балла. Наиболее широкий спектр поражаемых сортов был по-прежнему характерен для штаммов 2 и 3. К 21-м суткам эксперимента наиболее

сильные поражения побегов вызывал штамм 3 (табл.). У четырёх сортов интенсивность поражения этим штаммом составила 2 балла, на побегах сорта Чудное степень поражения достигала 3-х баллов. Интенсивность поражения тестируемых побегов штаммом 2 практически не изменилась и по-прежнему не превышала 1 балла. Штаммы 1 и 4 поражали побеги лишь двух и трёх сортов соответственно, хотя степень поражения в некоторых случаях составляла 2 балла.

Таблица - Развитие поражений (в баллах) скелетных частей яблонь разных сортов на 21-е сутки после инфицирования штаммами *A. alternata* – возбудителями листовой формы альтернариоза

Штаммы <i>A. alternata</i>	Сорта яблонь					
	Грушовка московская	Белый налив	Уэлси	Жигулёвское	Чудное	Смиренко
1	1	0	0	0	2	0
2	1	1	1	1	1	1
3	2	2	1	2	3	2
4	2	1	0	0	1	0
Контроль	0	0	0	0	0	0

Таким образом, наблюдалось постепенное увеличение поражений тканей побегов яблонь, и к 21-м суткам 74 % проб имели поражения в 1-2 балла. Это говорит о том, что штаммы альтернарий, вызывающие плодовую и листовую форму альтернариоза яблонь, потенциально способны вызывать и поражения скелетных частей побегов. Какой-либо явной сортоспецифичности в устойчивости к *A. alternata* нами выявлено не было. С тех побегов, которые до конца эксперимента не поражались альтернариями, нами было выделено большое количество других плесневых грибов: *Microascus trigonosporus* (Emmons es Doage, 1931), *Aspergillus flavus* (Link, 1809), *Penicillium chrysogenum* (Thom, 1910), *Aphanocladium album* (Preuss, 1848), *Sporidiobolus salmonicolor* (Fell et Tallman, 1981), *Trichoderma* sp. (Pensoon, 1801), *Aureobasidium pullulans* (Arnaud, 1918), *Fusarium equiseti* (Corda, 1886). Представители этих видов изначально присутствовали на использованных фрагментах побегов, а в дальнейшем, вероятно, оказались более конкурентоспособными по сравнению с интродуцированными штаммами альтернарий.

Следовательно, штаммы *A. alternata* могут переходить в пределах растения-хозяина из одной экониши в другую. Успешность их адаптации к новым условиям обитания зависят не столько от сорта растения, сколько от качественного и количественного состава его нормальной микрофлоры, которая в большей или меньшей степени обеспечивает его колонизационную резистентность.

Список литературы

1. Ганнибал Ф.Б., Бильдер И.В., Ули-Маттила Т. Виды рода *Alternaria* на яблоне // Микология и фитопатология, 2008. Т. 42, вып.1. С.18-25.
2. Султанова О. О., Петерсон А.М. Фитопатогенные свойства грибов *Alternaria alternata*, паразитирующих на яблонях на территории Саратовской области // Исследования молодых ученых в биологии и экологии. Саратов. 2020. С.125-128.
3. Мохамед, Х.А. Особенности микробных ассоциаций скелетных частей яблонь (*Malus domestica* Borkh., 1803) при микозных усыханиях на территории Саратовской области: автореф. дис...канд. биол. наук: 03.02.03, Саратов. 2017. 22 с.
4. Simmons E. G. *Alternaria*. An Identification Manual. Utrecht: CBS. 2007. P. 775

Моли-чехлоноски (Lepidoptera: Coleophoridae) Белорусского ПоозерьяЕ. В. Татун¹, Е. А. Держинский²¹Национальный парк «Браславские озера»
Браслав, Беларусь²Витебский государственный университет имени П. М. Машерова
Витебск, Беларусь
evgeniy.tatun@mail.ru

Ключевые слова: моли-чехлоноски, Coleophoridae, фауна, Поозерье, Витебская область, Беларусь.

Моли-чехлоноски (Lepidoptera, Coleophoridae) являются одним из крупнейших семейств в отряде чешуекрылых и составляют вторую по численности группу в гелехиоидном комплексе. Гусеницы живут в переносных чехликах из листовых и плодовых частиц кормового растения и/или шелковой нити. Олигофаги и монофаги травянистых и древесно-кустарниковых растений. Развиваются обычно в 1–2 поколениях. Распространены на всех континентах, но отсутствуют в тропиках [1].

Для Беларуси данное семейство до последнего времени оставалось малоизученной группой микрочешуекрылых. Все имеющиеся сведения содержатся буквально в нескольких основных работах, где это семейство отражено для фауны чешуекрылых страны. Сопоставление этих сведений с фаунами стран региона подчеркивает крайне низкую степень изученности семейства для республики на момент начала авторских исследований. В настоящее время фауна семейства для республики насчитывает 66 видов [2].

Белорусское Поозерье представляет собой особый природный регион на севере страны. Для него характерны озерно-ледниковые, моренно-и холмисто-моренно-озерные ландшафты. Наиболее распространены еловые, сосновые, часто вторичные мелколиственные леса на дерново-подзолистых или заболоченных почвах, верховые болота. Публикуемый список видов молей-чехлоносок представляет собой предварительный результат планомерных исследований фауны семейства страны на основе авторских научных изысканий.

В списке видов родовые названия размещены в последовательности, принятой во втором издании «Каталога чешуекрылых (Lepidoptera) России» [3]. Все определения сделаны на основании изучения строения генитальных структур видов по стандартной методике [4], с использованием специальной литературы по семейству Coleophoridae, определенный материал был проверены проф. В.В. Аникиным (Россия, Саратовский государственный университет), за что авторы выражают ему благодарность. Определенный материал хранится в зоологическом музее Витебского университета и зоологическом музее Саратовского университета. Весь материал собран вторым автором (ЕД) и коллегой Пискуновым В.И. (ВП) в следующих локалитетах Витебской области: № 1 – Городокский р-н, 0,6 км ЮВ д. Ерохи; № 2 – Полоцкий р-н, 7 км В д. Полота; № 3 – Шумилинский р-н, 4 км СВ д. Залесье; № 4 – Городокский р-н, 5–8 км С г. Городка, ст. Прудок; № 5 – Витебский р-н, 25 км З г. Витебска, ст. Краева; № 6 – Витебский р-н, 18 км З г. Витебска, окр. д. Придвинье; № 7 – Витебский р-н, окр. д. Малые Лётцы; № 8 – 9 км СЗ Витебска, д. Дымовщина; № 9 – 4 км С г. Витебска, пос. Улановичи; № 10 – окр. г. Витебска, д. Тулово; № 11 – г. Витебск; № 12 – окр. г. Витебска, д. Шпили; № 13 – 6 км ЮВ г. Витебска, ст. Лучеса; № 14 – Витебский р-н, 1,2 км С д. Старинки; № 15 – 31 км Ю г. Витебска, ст. Лычковского; № 16 – Сенненский р-н, 1,3 км В д. Колпино; № 17 – Сенненский р-н, 1 км С д. Щитовка.

*Список видов*1. *Augasma aeratella* (Zeller, 1839).Материал: № 11, 1 ♀, 19.06.1980 (ВП); № 11, 1 ♂, 9.06.2007 (ВП).2. *Metriotes lutarea* (Haworth, 1828).Материал: № 7, 1 ♂, 6.05.2018 (ЕД).3. *Frederickoenigia flavipennella* (Duponchel, 1843).

Материал: № 17, 1 ♀, 28-30.06.2017 (ЕД).

4. *H. prunifoliae* (Doets, 1944).

Материал: № 11, 1 ♀, 2.08.1974 (ВП).

5. *H. serratella* (Linnaeus, 1761).

Материал: № 10, 1 ♀, 15.07.2012 (ВП); № 9, 1 ♂, 12.08.2012 (ЕД); № 15, 1 ♀, 21.06.2015 (ВП); № 16, 1 ♀, 28-30.06.2017 (ЕД); № 13, 1 ♀, 6.06.2018 (ВП).

6. *Agapalsa idaeella* (O.Hofmann, 1869).

Материал: № 3, 2 ♂, 6.06.2015 (ЕД).

7. *A. luscintiaepennella* (Treitschke, 1833).

Материал: № 8, 1 ♂, 28.05.1995 (ВП); № 17, 1 ♀, 28-30.06.2017 (ЕД).

8. *A. vacciniella* (Herrich-Schäffer, 1861).

Материал: № 3, 1 ♂, 6.06.2015 (ЕД).

9. *Phylloschema glitzella* (O.Hofmann, 1869).

Материал: № 8, 1 ♂, 4.06.2013 (ВП).

10. *Systrophoeca siccifolia* (Stainton, 1856).

Материал: № 8, 1 ♂, 27.05.2013 (ВП).

11. *Suireia alnifoliae* (Barasch, 1934).

Материал: № 12, 1 ♀, 7.06.1995 (ВП).

12. *Bourgogneja pennella* ([Denis & Schiffermuller], 1775).

Материал: № 2, 1 ♀, 2.06.2018 (ЕД).

13. *Helvalbia lineolea* (Haworth, 1828).

Материал: № 11, 3 ♂, 1.06.1977 (ВП).

14. *Coleophora betulella* Heinemann, 1876.

Материал: № 11, 1 ♀, 14.07.1978 (ВП).

15. *C. zelleriella* Heinemann, 1854.

Материал: № 10, 1 ♂, 10.06.1995 (ВП); № 16, 1 ♂, 28-30.06.2017 (ЕД).

16. *Damophila alcyonipennella* (Kollar, 1832).

Материал: № 10, 1 ♀, 29.06.1977 (ВП); № 10, 1 ♂, 15.07.1990 (ВП); № 10, 1 ♀, 13.06.1995 (ВП); № 10, 1 ♀, 29.05.1999 (ВП); № 17, 1 ♀, 6.07.2003 (ЕД);

17. *D. deauratella* (Lienig & Zeller, 1846).

Материал: № 11, 3 ♀, 26.06.1977 (ВП); № 10, 1 ♀, 29.06.1977; № 13, 1 ♂, 30.06.1977 (ВП); № 10, 1 ♀, 3.07.1977; № 11, 1 ♀, 19.07.1977 (ВП); № 13, 1 ♂, 28.06.1978 (ВП); № 10, 2 ♂, 1 ♀, 14.06.1995 (ВП); № 10, 1 ♀, 19.06.1999 (ВП); № 17, 2 ♂, 2 ♀, 8.07.2003 (ИС); № 11, 1 ♂, 15.06.2007 (ВП); № 4, 1 ♀, 1.07.2014 (ЕД).

18. *D. frischella* (Linnaeus, 1758).

Материал: № 11, 1 ♂, 2.06.1980 (ВП).

19. + *D. trifolii* Curtis, 1832.

Материал: № 11, 1 ♂, 21.06.1977 (ВП); № 11, 1 ♀, 8.07.2015 (ВП).

20. *Eupista lixella* (Zeller, 1849).

Материал: № 10, 1 ♀, 14.07.2015 (ВП).

21. *E. ornatipennella* (Hübner, 1796).

Материал: № 10, 1 ♀, 4.07.1978 (ВП).

22. *Multicoloria caelebipennella* (Zeller, 1839).

Материал: № 6, 1 ♂, 26.05.2018 (ЕД).

23. *M. partitella* (Zeller, 1849).

Материал: № 4, 1 ♂, 24.06.2003 (ЕД).

23. *M. vibicigerella* (Zeller, 1839).

Материал: № 6, 1 ♂, 26.05.2018 (ЕД); № 2, 1 ♂, 3.06.2018 (ЕД).

25. *Perygra alticolella* (Zeller, 1849).

Материал: № 12, 2 ♀, 7.06.1995 (ВП).

26. *P. caespitiella* (Zeller, 1839).

Материал: № 12, 1 ♂, 17.07.2013 (ВП); № 14, 1 ♂, 14.06.2015 (ЕД); № 17, 3 ♀, 15.06.2017 (ЕД); № 17, 2 ♂, 28-30.06.2017 (ЕД).

27. *P. glaucicolella* (Wood, 1892).

Материал: № 14, 1 ♂, 14.06.2015 (ЕД); № 16, 28-30.06.2017 (ЕД).

28. *P. otidipennella* (Hübner, [1817]).

Материал: № 11, 1 ♂, 28.05.1969 (ВП).

29. *Ecebalia sternipennella* (Zetterstedt, 1839).

Материал: № 10, 1 ♀, 3.07.1977 (ВП); 1 ♂, 12.07.1977 (ВП); № 11, 1 ♀, 5.08.2017 (ВП).

30. *E. vestianella* (Linnaeus, 1758).

Материал: № 11, 1 ♀, 25.07.1977 (ВП); № 11, 1 ♂, 4.07.2004 (ВП); № 11, 1 ♀, 5.08.2017 (ВП).

31. *E. virgaureae* (Stainton, 1857).

Материал: № 15, 1 ♂, 16.08.2002 (ВП).

32. *C. artemisicolella* (Bruand, [1855]).

Материал: № 5, 1 ♂, 25.07.2004 (ЕД).

33. *C. nutantella* (Mühlig & Frey, 1857).

Материал: № 6, 1 ♂, 26.05.2018 (ЕД).

34. *C. striatipennella* (Nylander, 1848).

Материал: № 11, 1 ♀, 8.06.1977 (ВП); № 1, 1 ♂, 30.06.2014 (ЕД).

35. *C. trochilella* (Duponchel, 1843).

Материал: № 10, 1 ♂, 1.07.1977 (ВП); № 10, 1 ♂, 23.06.1999 (ВП).

Относительно «большое» число видов, установленных для региона Белорусского Поозерья, которое составляет чуть более половины фауны республики, отражает актуальный состав семейства в районе исследований. Дальнейшие исследования этого семейства позволят отразить «полноту» фауны семейства на территории республики.

Список литературы

1. Аникин, В.В., Синичкина, О.В. Хетотаксия преимагинальных стадий молей-чехлоносок (Lepidoptera: Coleophoridae) / Отв. ред. В. В. Золотухин. Ульяновск: Издательство «Корпорация технологий продвижения», 2018. 144 с.
2. Аникин, В.В., Держинский, Е.А. К фауне молей-чехлоносок (Lepidoptera: Coleophoridae) Беларуси // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2020. Вып. 17. С. 75–83.
3. Аникин, В.В. Coleophoridae / В кн.: С.Ю. Синёв (ред.). Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Издание 2-е. Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2019. С. 70–85.
4. Robinson, G. The preparation of slides of Lepidoptera genitalia with special reference to the Microlepidoptera // Entomologist's Gazette. 1976. Vol. 27. P. 127–132.

Процессы функционирования почвенного банка семян пойменных лесных сообществ долины реки Волги

Е. О. Татьяна, О. Н. Торгайкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

katya.tatyanins@mail.ru

Ключевые слова: запас семян, ценопопуляция, покой семян, жизнеспособность семян.

Семенной банк - это обязательный компонент популяций у многих видов растений в широком ряду растительных формаций [1], который служит своеобразным резервом ответных реакций сообществ на различные изменения условий внешней среды и антропогенные нарушения [2]. Изучение почвенного банка семян является одним из перспективных подходов к оценке состояния растительного покрова [3]. Банк семян можно определить как подсистему биогеоэкологического уровня, элементы которой – семена – находятся в почве и сохраняют жизнеспособность в течение ряда лет, обеспечивая самоподдержание ценопопуляции и сообществ. Процессы функционирования банка семян происходят при тесном взаимодействии с остальными компонентами биогеоценоза: экотопом и биоценозом. Для каждого лесного фитоценоза содержание всхожих семян в почве лимитируется сочетанием ряда факторов, определяющих их жизнеспособность и возможность прорастания: особенностями биологии семян (наличие или отсутствие периода органического покоя, характер их прорастания), масштабами семенной продуктивности растений, а также соотношением способов их размножения, близостью источников поступления заносных семян, а также историей формирования фитоценоза.

Исследование банка семян в лесных сообществах проводилось в лесных сообществах островной поймы долины реки Волги у Гусельского залива. Были исследованы сообщества, сформировавшиеся на аллювиальных почвах, которые характеризуются затоплением паводковыми водами: дубравы, вязовники и белотопольники. Изучение функционирования банка семян проводилось методом лабораторного проращивания [2].

Термины, говорящие о происхождении семян (реликтовые, инвазионные или заносные, автохтонные или местные) используются в понимании В. В. Петрова [2]. Названия видов проводятся по П. Ф. Маевскому [4].

Функционирование банка семян, реализация его потенциальных возможностей, определяется во многом биологией семян и выражается в 3-х аспектах: в характере и длительности покоя семян, уровне и длительности сохранения жизнеспособности и особенностях прорастания [5].

Морфофизиологический анализ семенного банка включает классификацию семян по типам покоя и распределению запасных питательных веществ. В банке семян изученных фитоценозов преобладают семена с эндоспермом из семейств *Composita* и *Gramineae* (около 60-65 %). Вероятно, такие семена более приспособлены для сохранения в почве и выполнения функции резервной части популяции. Менее многочисленны в почвенном запасе семена с запасными веществами в зародыше (семейства *Compositae* и *Cruciferae*) и семена с периспермом (семейства *Chenopodiaceae* и *Caryophyllaceae*).

Преобладающее большинство семян рассмотренных видов характеризуются наличием эндогенного неглубокого физиологического покоя (*Achillea millefolium*, *Oenothera biennis*, *Dactylis glomerata*, *Galium mollugo*, *Plantago major* и т.д.), который может быть снят действием многих факторов, чаще всего – влиянием переменной температуры, что характерно для пойменных фитоценозов. Немногочисленны семена с экзогенным покоем (*Rubus caesius*).

При анализе типов зародышей семян установлено, что в семенном банке преобладающее большинство семян характеризуется прямым зародышем, семена с другими типами зародышей немногочисленны.

Наблюдения за процессами прорастания семян в лабораторных условиях показали, что основная масса семян из почвенного банка всех исследованных лесных фитоценозов прорастает в 2-4 неделю после начала эксперимента. За это время из состояния покоя выходит от 67 % до 91 % всхожих семян. Максимальное видовое разнообразие прорастающих семян также зарегистрировано в первые недели наблюдения, которое постепенно снижается к концу эксперимента, когда прорастают единичные семена. Большое разнообразие темпов прорастания, что может быть обусловлено спецификой формирования семян на материнском растении в зависимости от метеоусловий, напряженностью аллелопатического фона, воздействием антропогенного фактора. Поэтому можно говорить лишь об общих тенденциях прорастания семян и выделить три группы видов: виды I группы характеризуются прорастанием в течение всего времени эксперимента с максимум появления всходов на 2-4 неделе (*Ranunculus repens*, *Stellaria holostea* и др.); виды II группы прорастают в основном в первые 5 недель эксперимента (*Chenopodium album*); для III группы свойственна неравномерность прорастания семян (*Plantago major*).

У многих растений видовая специфика в отношении прорастания семян по сезонам оказалась не выраженной или слабо выраженной. Однако некоторые виды довольно специфичны. Так, в основной массе на второй сезон эксперимента прорастают семена *Barbarea vulgaris*, *Chenopodium album*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Deschampsia caespitosa*, *Glechoma hederacea*, *Phleum pratense*, *Ranunculus repens*, *Stellaria media*.

Таким образом, специфика функционирования банка семян пойменных лесных сообществ, характеризующихся разным периодом затопления, определяется постоянным присутствием семян видов, характеризующихся неглубоким эндогенным покоем с разной локализацией запасных веществ при значительном преобладании семян с эндоспермом и сочетанием семян с быстрым (1-4 недели) и медленным (в течение всего сезона) прорастанием.

Список литературы

1. Марков М. В. Популяционная биология растений. / М. В. Марков. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1986. 109 с.
2. Петров В. В. Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР/ В. В. Петров. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 176 с.
3. Веселкин Д. В. Разнообразие растений в зарослях инвазивного *Sorbaria sorbifolia*: разный эффект для травяно-кустарничкового яруса и банка семян / Д. В. Веселкин, Н. В. Золотарева, Ю. А. Липихина, Е. Н. Подгаевская, О. А. Киселева // Экология. 2020. № 6, С. 417-426
4. Маевский П. Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР / П. Ф. Маевский. Л.: Колос, 1964. 880 с.
5. Николаева М. Г. Физиология глубокого покоя семян / М. Г. Николаева. Л.: Наука, 1967. 203 с.

Распространение, активность и выделение растительных лакказоподобных оксидазЕ. А. Тертышник¹, Е. В. Дубровская², А. А. Галицкая^{1,2}¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия

katerina.tertyshnik@yandex.ru

Ключевые слова: лакказы, растения, подсолнечник, сорго.

Лакказа (ЕС 1.10.3.2, пара-бензендиол: кислород оксидоредуктаза, п-дифенол оксидаза) представляет собой медьсодержащий фермент, который катализирует окисление широкого спектра органических и неорганических соединений, связывая его с превращением кислорода в воду. Действию фермента доступен широкий спектр соединений, таких как моно-, ди-, поли- и метоксифенолы, ароматические и алифатические амины, гидроксиндолы, бензолтиолы, углеводы и соединения металлов (неорганических и/или органических) [1].

Несмотря на то, что растительные лакказы известны с 1883 года [2], исследованы они до сих пор недостаточно. Лакказы присутствуют повсеместно в бактериях, грибах, животных и растениях [1]. Они являются одними из самых ранних идентифицированных ферментов. Лакказы участвуют в защите растений от биотических и абиотических стрессов путем лигнификации клеточных стенок, создавая механическую преграду, участвуют в регенерации тканей, поддержании структуры и целостности клеточной стенки, образуют из эндогенных фенольных соединений хиноны, токсичные для фитопатогенов [3, 4]. Лакказам в растениях принадлежит важная роль в метаболизме ксенобиотиков [1]. Активность растительных лакказ может меняться под влиянием ионов Mn^{2+} , Cd^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Co^{2+} и Cu^{2+} [5].

Очистка лакказ очень сложна из-за локализации фермента на клеточной стенке и низкой экспрессии. Несмотря на то, что растительные лакказы известны с 19 века, до сих пор очень мало работ по их выделению и характеристике ферментов растительного происхождения, что обусловлено сложностью этих процедур.

Целью работы являлось получение и характеристика растительных лакказ, подбор эффекторов для максимальной продукции лакказ в растениях сорго веничного и подсолнечника однолетнего.

Мы провели предварительный скрининг ряда растений на наличие лакказоподобной активности, при этом в качестве субстратов использовали 2,6-диметоксифенол (ДМФ) и 4-гидроксиндол. Из всех исследуемых растений лишь сорго веничное (*Sorghum bicolor* L.) и подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.) проявили заметную оксидазную активность по отношению к ДМФ (66,25 и $151,67 \times 10^{-5}$ ΔА/ мин / мг сырой биомассы соответственно). Далее мы использовали их для исследования активности и выделения лакказоподобных ферментов.

Лакказы в растениях содержатся в небольших количествах, при этом извлечение их растительных тканей достаточно сложно. Для получения фермента в количестве, достаточном для его очистки и изучения необходимо подобрать условия, обеспечивающие его максимальную продукцию. По литературным данным ионы металлов стимулировали активность лакказ в растениях [5, 6], нефтяные и полиароматические (Phe) углеводороды – часто встречаемые органические загрязнители, в детоксикации которых могут участвовать растительные лакказы, поэтому эти поллютанты были использованы в качестве эффекторов лакказ выбранных растений.

При определении оксидазной активности в тканях 5-суточных проростков сорго веничного было установлено, что в присутствии ионов Mn^{2+} активность фермента увеличивалась примерно на 16 %, Cu^{2+} и Na^+ практически не влияли на него, а Cd^{2+} и Phe снижали этот показатель на 21 и 18 % соответственно. При проведении неденатурирующего электрофореза в ПААГ было установлено, что при окрашивании геля ДМФ выявляются две

зоны активности – с Rf 0,36 и 0,65. Оксидазная активность сорго по отношению к ДМФ определяли в диапазоне рН от 4,5 до 7,7, при этом максимальная скорость окисления субстрата наблюдалась при рН 5,0.

Активность оксидаз подсолнечника стимулировалась в той или иной степени в присутствии всех использованных эффекторов (ионы металлов, полиароматические углеводороды), за исключением кадмия, который практически не оказывал влияния на этот показатель, максимальная активность фермента наблюдалась в присутствии марганца – почти в 5 раз выше контрольных значений. Таким образом, в отличие от сорго, активность оксидаз подсолнечника стимулировалась в присутствии различных эффекторов. Возможность получения растений с достаточно высокой лакказоподобной активностью делает подсолнечник перспективным объектом для отработки методов выделения и очистки фермента. Для этой цели был использован метод ионообменной хроматографии. По результатам было выяснено, что фермент не связывался с анионообменным носителем, а оксидазная активность обнаруживалась только в промывке. Оптимум рН для окисления ДМФ ферментной вытяжкой из проростков подсолнечника составлял 4,5.

По итогам исследования нам удалось добиться увеличения активности получаемого препарата при помощи добавления солей некоторых металлов и органических соединений. Но несмотря на это, проблема подбора условий остается открытой и проведенные исследования являются только начальным этапом в изучении активности лакказоподобных оксидаз растений.

Список литературы

1. Laccases: production, expression, regulation, and applications in pharmaceutical biodegradation / J.Yang [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. Article 832. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5432550/>). Дата обращения 15.02.2021).
2. Yoshida H. Chemistry of lacquer (Urushi). Part I. Communication from the Chemical Society of Tokio: article // *J. Chem. Soc. Trans. The Royal Society of Chemistry*. 1883. Vol. 43. P. 472–486.
3. Laccase – new roles for an old enzyme / P.H.Ferrar [et al.] // *New Zealand Bioscience*. 1995. Vol. 3. P. 7–13.
4. Mayer A.M., Harel E. Polyphenol oxidases in plants // *Phytochemistry*. 1979. Vol. 18. P. 193-215.
5. Jaiswal N., Pandey V.P., Dwivedi U.N. Purification of a thermostable alkaline laccase from papaya (*Carica papaya*) using affinity chromatography // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015. Vol. 72. P. 326–332.
6. Lignin engineering through laccase modification: a promising field for energy plant improvement / J.Wang [et al.] // *Biotechnol Biofuels*. 2015. Vol. 8. Article 145. (<https://link.springer.com/article/10.1186/s13068-015-0331-y>). Дата обращения 15.02.2021).

Элементный состав растительного сырья некоторых представителей рода *Dianthus* L.

Л. Х. Узьянбаева, А. А. Ревт

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение
Уфимского федерального исследовательского центра РАН
Уфа, Россия
cvetok.79@mail.ru

Ключевые слова: *Dianthus*, интродукция, тяжелые металлы, элементный состав.

Влияние тяжелых металлов весьма разнообразно и зависит от содержания в окружающей среде и степени нуждаемости в них растений. Это обусловлено, во-первых, их химическими особенностями, во-вторых, отношением к ним организмов, в-третьих, условиями окружающей среды [1].

Цель данной работы - определение содержания тяжелых металлов (мышьяка, свинца, кадмия, хрома, меди и др.) в составе некоторых представителей рода *Dianthus* L., интродуцированных на территории Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН.

Объектами исследования были представители рода *Dianthus* L. (*D. anatolicus*, *D. andrzejowskianus*, *D. gratianopolitanus*, *D. japonicus*, *D. knappii*, *D. plumarius*, *D. seguieri*), находящиеся в коллекциях Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Отбор растительных образцов (листья, стебли, цветки и корни) производили во время фазы цветения. Пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и затем измельчали механическим способом. Для изучения содержания тяжелых металлов в растениях применяли атомно-абсорбционный метод анализа [2] на спектрофотометре «Shimadzu AA-6300» на базе аналитической лаборатории научно-исследовательского института сельского хозяйства.

По данным В.Б. Ильина [3] среднее содержание свинца в растениях на незагрязненных почвах составляет 4,1 мг/кг сухой массы, средняя величина для надземной массы части трав составляет 1,5 мг/кг. Во всех образцах содержание металла находилось в пределах нормы (0,45-0,99 мг/кг).

Накопление кадмия в органах растений на территории ботанического сада не превышала следовых количеств (от 0,01 мг/кг до 0,09 мг/кг). Наибольшее количество тяжелого металла содержится в стеблях *D. seguieri*. Согласно данным исследователей [4], фоновое содержание кадмия в надземной части растений составляет 0,05-0,06 мг/кг, а токсичное 1,0-70 мг/кг.

Фоновая концентрация мышьяка в гвоздиках различных видов колеблется от 0,20 до 0,55 мг/кг. Среднее содержание мышьяка в растениях, произрастающих на незагрязненных почвах, составляет 0,01-5 мг/кг сухой массы [4].

По данным Н.А. Черных нормальная концентрация хрома в растениях составляет 0,1...0,5 мг/кг, а токсичная – 3...5 мг/кг [5]. Самое высокое содержание хрома (0,28 мг/кг), но не превышающее избыточных значений было обнаружено в цветках *D. anatolicus*.

Для большинства видов растений нормальное содержание никеля в надземной части составляет 0,1-5,0 мг/кг сухого вещества, токсичное – 10,0-100,0 мг/кг [4]. Превышение уровней предельно допустимой концентрации никеля в гвоздиках не установлено (1,43 мг/кг и ниже).

Анализ распределения марганца в растительном сырье было приблизительно на одном уровне – 0,83-1,01 мг/кг. Содержание марганца в растениях составляет 0,001-0,01 % (по массе) или 10 мг/кг [6]. Самые высокие концентрации наблюдаются в надземных органах (стебли) *D. knappii* (рис).

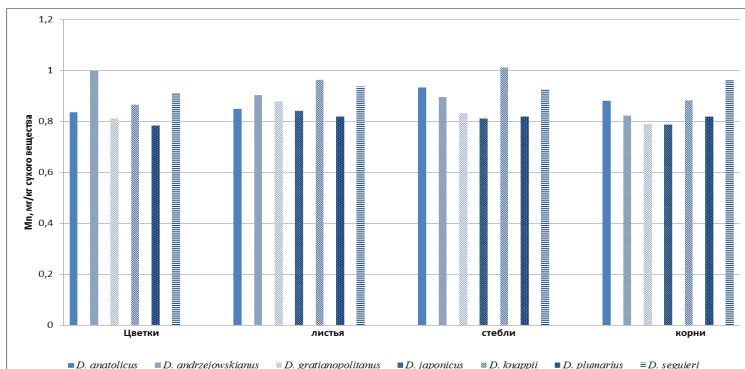


Рисунок - Содержание марганца (Mn) в надземных и подземных органах гвоздик

Изучение содержания железа в различных органах видов гвоздики, позволило установить, что все образцы характеризуются низкими показателями (0,31-0,62 мг/кг). Среднее содержание железа в растениях составляет 0,02-0,08 % (20-80 мг/кг сухой массы) [7].

Среднее содержание меди в надземной части трав по данным В.Б. Ильина [3] находится на уровне 8,6 мг/кг, избыточная или токсичная по 20-100 мг/кг [4]. Высокие концентрации меди наблюдаются в стеблях у *D. anatolicus*, *D. knappii*, *D. seguieri*, *D. plumarius* (12,46-12,94 мг/кг), которые не превышают порогового значения предельно допустимой концентрации.

Таким образом, определено содержание тяжелых металлов (мышьяка, свинца, кадмия, хрома, меди и др.) в надземных и подземных органах 7 видов рода *Dianthus* L. Выявлено, что их концентрация у большинства видов находится в диапазоне минимальных значений, этот факт свидетельствует о низкой загрязненности территории произрастания. Наибольшая концентрация тяжелых металлов накапливается в надземных органах, особенно в стеблях. Исключение составляет свинец, находящийся в максимальном количестве в корнях *D. knappii*.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме АААА-А18-118011990151-7.

Список литературы

1. Реут А.А., Миронова Л.Н. Изучение аминокислотного и элементного состава представителей семейства *Raeoniaceae* Rudolphii // Известия Уфимского научного центра РАН. 2013. № 3. С. 61-63.
2. Методика количественного химического анализа. Определение As, Pb, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-адсорбционным методом с электротермической атомизацией. № М-02-1009-08. Аттестовано ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» свидетельство № 242/43-09 от 08.07.2009. Санкт-Петербург, 2009. С. 1-20.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. 151 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
5. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. М.: Агроконсалт, 1999. 176 с.
6. Болгова И., Фандо Р., Шапошникова А. // Таблица Менделеева в живых организмах. № 08 (855), 16-30.04.2008.
7. Копылова Л.В. Оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами и интенсивность поглощения их древесными растениями // Ученые записки ЗабГГПУ. 2012. № 1. С. 70-75.

**Особенности функционального состояния учащихся 7 класса
в динамике школьного обучения**

Е. С. Учаева, Е. Ю. Лыкова

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия
ekaterina27041999@mail.ru

Ключевые слова: подростки, умственная работоспособность, умственное утомление.

Одной из актуальных проблем обучения в современной школе является проблема гигиены умственного труда школьников, особенно подросткового возраста. Правильно организованный и построенный здоровьесберегающий режим учебного процесса должен обеспечить учащимся адаптацию к системе образования и создание в школе соответствующих условий, необходимых для формирования, сохранения и укрепления здоровья подрастающего поколения [1].

Под умственной работоспособностью понимается способность человека развивать максимум энергии, при этом экономно расходуя ее, достигать поставленной цели при качественном выполнении работы, обеспечивая оптимальное состояние функций различных физиологических систем организма. На умственную работоспособность учащихся оказывают влияние как личностные (возраст, пол, состояние здоровья, тип нервной деятельности и др.), так и организационные факторы (условия обучения, организация рабочего места и рабочей позы, соответствие средств обучения гигиеническим требованиям и др.) [2].

Обучение в школе связано с напряжённой и сложной умственной работой, требующей дифференцированного внимания, напряжения памяти, высокой подвижности процессов возбуждения и торможения. Поэтому большое значение имеет изыскание путей сохранения и упрочения высокой работоспособности учащихся и одновременное совершенствование физиологических систем растущего организма [3].

В связи с этим целью работы было изучение функционального состояния подростков с разной подвижностью нервных процессов.

Исследования были проведены в МОУ СОШ № 2 рабочего поселка Дергачи. Всего было обследовано 30 учащихся 7-х классов.

Для изучения функционального состояния организма подростков использовали корректурное тестирование умственной работоспособности. Анализ полученных результатов производили на основании изменений основных параметров умственной работоспособности (объема, точности корректурной работы, силы активного внутреннего торможения (САВТ), коэффициента продуктивности (КП), показателя суточной адаптации (ПАд)) в динамике учебного дня в начале (понедельник), середине (среда) и конце (пятница) недели. Подвижность нервных процессов учащихся определяли с помощью теппинг-теста.

Проведенная оценка подвижности нервных процессов позволила выделить среди обследованных две группы: 1 группа — подростки с подвижными нервными процессами (52 %), 2 группа — с малоподвижными нервными процессами (48 %).

В процессе учебной деятельности от начала уроков к их окончанию количественные и качественные параметры умственной работоспособности подростков обеих групп претерпели изменения (табл.). Существенное снижение параметров точности выполнения работы, коэффициента продуктивности, САВТ ($p < 0,05$) свидетельствует о нарастании напряжения функционального состояния ЦНС от начала к концу уроков у большинства обследованных школьников. Сходная картина наблюдалась как в начале, так и в середине и конце учебной недели. Следует отметить, что более выраженные негативные изменения были зафиксированы в начале и конце недели у школьников 2 группы.

Таблица - Показатели умственной работоспособности учащихся с разной подвижностью нервных процессов

Дни недели	Показатели	1 группа	2 группа
Понедельник	САВТ, усл. ед	$\frac{41,7 \pm 2,8}{28,5 \pm 3,9}$	$\frac{38,6 \pm 2,8}{25,9 \pm 1,9}$
	КП, усл. ед.	$\frac{46,6 \pm 1,3}{43,1 \pm 1,3}$	$\frac{46,4 \pm 2,2}{43,9 \pm 2,5}$
	ПАд, %	-14,2	-85,5
Среда	САВТ, усл. ед	$\frac{42,0 \pm 2,8}{35,3 \pm 3,4}$	$\frac{42,1 \pm 3,1}{16,0 \pm 2,6}^{\bullet}$
	КП, усл. ед.	$\frac{42,9 \pm 2,1}{40,8 \pm 1,5}$	$\frac{41,5 \pm 1,1}{44,7 \pm 2,3}$
	ПАд, %	-72,2	-43,0
Пятница	САВТ, усл. ед	$\frac{46,0 \pm 2,8}{35,8 \pm 3,8}$	$\frac{56,6 \pm 3,7}^{\bullet}}{35,0 \pm 4,1}$
	КП, усл. ед.	$\frac{38,3 \pm 2,4^{\Delta}}{35,2 \pm 2,2}$	$\frac{34,5 \pm 1,2^{\Delta}}{34,2 \pm 1,1}$
	ПАд, %	-90,8	-101,6

Примечание: в числителе показатели до уроков, в знаменателе — после уроков; различия достоверны ($p < 0,05$) относительно показателей $^{\bullet}$ – в начале 1 урока, $^{\Delta}$ - понедельника, $^{\bullet}$ – 1 группы

Низкий и очень низкий ПАд выявлен в понедельник у 33 % школьников из 1 группы и 5 3% из 2 группы, в среду — у 42 % и 33 %, в пятницу — у 42 % и 46 % соответственно, причем явное и выраженное утомление было зафиксировано в начале недели у 13 % подростков с подвижными нервными процессами и у 35% с малоподвижными, в середине — у 27 % и 7 %, в конце недели — у 20 % и 20 % соответственно. Большое количество ребят, входящих в «группу риска», по-видимому, связано не только с их возрастными особенностями, но и с нерационально составленным расписанием, не учитывающим физиологическую кривую изменения работоспособности в течение дня и недели, и с неправильным распределением предметов по степени сложности. Следовательно, при организации учебной деятельности необходимо учитывать индивидуальных психофизиологических особенностей подростков.

Таким образом, вероятность развития у подростков в течение учебного дня выраженного утомления значительно возрастает при нерационально составленном расписании. Напряженное функционирование ЦНС, возникающее при утомлении, может стать причиной нарушений в деятельности различных систем организма и способствовать развитию школьно-обусловленных заболеваний.

Список литературы

1. Кучма В.Р. Возрастно-половые особенности психофизиологического развития школьников /В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, Д.С. Надежин // Российский педиатрический журнал. 2016. №19(6). С. 367-373.
2. Антропова М.В. Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности / М.В. Антропова. - М.: Просвещение, 1967. 251 с.
3. Лапонова Е.Д. Характеристика функционального состояния организма школьников 5-9-х классов разного пола при обучении в условиях здоровьесберегающей образовательной среды / Е.Д. Лапонова // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018. № 1. С. 13-23.

**Психофизиологические особенности школьников 7 класса
с разными сенсорно-перцептивными типами**

Ю. А. Фаева, Е. Ю. Лыкова

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

faeva.yulya@bk.ru

Ключевые слова: подростки, каналы восприятия, память, мышление.

Сохранение здоровья детей в период их школьного обучения и обеспечение их полноценного развития является приоритетным направлением государственной политики в области охраны здоровья населения. Основным фактором, наиболее взаимосвязанным со школьной жизнью ребёнка и ведущим к ухудшению здоровья детей школьного возраста, является образовательная среда, а именно нарастающий информационный поток, перегрузка, переутомление, обездвиженность в процессе обучения [1].

Любой учащийся – это личность с индивидуальными особенностями характера, памяти, темперамента, мышления и др. При отсутствии в преподавании индивидуального подхода к обучению повышается объем информационной нагрузки на обучающихся. Чтобы усвоить необходимые знания и оптимально применять их в учебной деятельности, школьникам приходится сверхактивно использовать все свои психофизиологические ресурсы, и особенно мышление и память [2].

В связи с этим целью работы было изучение продуктивности кратковременной памяти и логического мышления у школьников с разными ведущими типами перцептивной модальности.

Исследование было проведено на базе МОУ «СОШ № 67 им. О.И. Янковского» г. Саратова. В работе участвовали 12-13-летние учащиеся 7-х классов в составе 46 человек. Для определения доминирующей перцептивной модальности личности использовался тест С. Ефремцева. Далее у выделенных групп изучались разные виды памяти: словесно-логическая, слуховая, зрительная, моторно-слуховая и комбинированная. Для изучения логического мышления применялись методики «Исключение понятий» и «Количественные отношения» [3].

В ходе исследования было выявлено, что наиболее распространенный среди обследуемых тип доминирующей перцептивной модальности – это аудиальный. К этой группе относятся 20 человек, что составляет 43 %. Из них 9 девочек и 11 мальчиков. Чуть меньшее количество человек среди кинестетиков и визуалов, 15 человек (33 %) и 11 человек (24 %) соответственно. В группе обследуемых с кинестетическим типом восприятия оказалось 4 девочки и 11 мальчиков, а в группе учащихся с ведущим визуальным каналом восприятия – 5 девочек и 6 мальчиков.

Исследование объемных характеристик кратковременной памяти и логического мышления у школьников 7-х классов визуального, аудиального и кинестетического каналов восприятия выявило ряд особенностей (табл.). Так, у ребят с ведущим визуальным каналом восприятия объем зрительной памяти значительно больше ($p < 0,05$), чем у других групп обследуемых. Продуктивность слуховой памяти у аудиалов превышает таковой у испытуемых с визуальным и кинестетическим ведущими типами перцептивной модальности ($p < 0,05$), а продуктивность моторно-слуховой памяти у кинестетиков намного больше ($p < 0,05$), чем у остальных групп. Существенных различий по уровню мышления у подростков не обнаружено. Также у представителей трех групп не было зафиксировано значимых различий по объемам словесно-логической и комбинированной памяти.

Учитывая в каждой группе различия по полу, важно отметить, что объем словесно-логической памяти у девочек с ведущим визуальным типом перцептивной модальности значительно больше, чем у мальчиков из той же группы ($p < 0,05$). Однако, у мальчиков-

визуалов, в отличие от девочек, гораздо выше уровень логического мышления ($p < 0,05$). Продуктивность моторно-слуховой памяти у девочек с аудиальным каналом восприятия существенно выше, чем у их одноклассников ($p < 0,05$). Объем зрительной памяти у девочек-кинестетиков значительно превышает таковой у мальчиков с ведущим кинестетическим типом перцептивной модальности ($p < 0,05$). Также у девочек с кинестетическим каналом восприятия важно отметить более высокую способность к классификации и анализу, в отличие от мальчиков этой же группы ($p < 0,05$).

Таблица - Объемные характеристики разных типов кратковременной памяти и логического мышления учащихся 7-х классов

Параметры		Каналы восприятия					
		Визуальный		Аудиальный		Кинестетический	
		Девочки	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки	Мальчики
Память, %	Словесно-логическая	93,0 ± 2,88	79,2 ± 3,22*	86,7 ± 2,25	81,8 ± 2,86	90,0 ± 3,64	84,5 ± 1,90
	Слуховая	72,0 ± 3,85	68,3 ± 4,83	84,4 ± 2,25	80,0 ± 1,90	75,0 ± 2,43	80,9 ± 1,90
	Зрительная	84,0 ± 1,92	83,3 ± 4,83	80,0 ± 2,25	73,6 ± 3,80	88,8 ± 3,64	68,2 ± 0,95 [■]
	Моторно-слуховая	64,0 ± 3,85	60,0 ± 3,22	71,1 ± 3,37	56,4 ± 2,86 [•]	77,5 ± 3,64	80,9 ± 2,86
	Комбинированная	79,0 ± 3,85	70,0 ± 4,83	71,1 ± 3,37	75,5 ± 1,90	76,3 ± 1,21	80,9 ± 1,90
Мышление, баллы	«Количественные отношения»	47,0 ± 1,92	55,8 ± 3,22*	56,1 ± 1,12	52,3 ± 1,90	57,5 ± 2,43	55,0 ± 2,38
	«Исключение лишнего»	6,4 ± 0,38	5,7 ± 0,16	4,9 ± 0,22	5,6 ± 0,38	6,8 ± 0,24	5,7 ± 0,19 [■]

Примечание: различия достоверны ($p < 0,05$) относительно показателей девочек: - * с ведущим визуальным каналом восприятия; • с ведущим аудиальным каналом восприятия; ■ с ведущим кинестетическим каналом восприятия

Следовательно, в зависимости от ведущего типа перцептивной модальности и половой принадлежности у школьников преобладает определенный вид памяти и меняется уровень мышления.

Таким образом, учитель должен учитывать психофизиологические особенности своих воспитанников и стремиться к индивидуализации обучения, направленной на развитие мышления и всех видов памяти у учащихся.

Список литературы

1. Подлиняев О.Л. Проблема гигиенической оценки педагогических технологий в общеобразовательной школе в контексте нейродидактики /О.Л. Подлиняев, Н.В. Шишарина, Т.А. Ромм // Вестник Бурятского Государственного университета. Образование. Личность. Общество. 2019. Вып. 1. С. 63-70.
2. Боровских Т.А. Индивидуальные особенности учащихся и методы их диагностики и учета в учебном процессе / Т.А. Боровских // Наука и школа. 2010. № 5. С. 56-59.
3. Столяренко Л.Д. Основы психологии: Практикум / Л.Д. Столяренко. Ростов н/Д: Феникс, 2006. 704 с.

Перспективы применения фаговых антител в качестве селективного рецептора биосенсоров

А. А. Хомякова¹, А. К. М. Алсовэйд¹, А. М. Петерсон¹, О. И. Гулий^{2,3}

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН

³ Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова

Саратов, Россия

n.homyakova2013@yandex.ru

Ключевые слова: фаговый дисплей, антитела, антиген, биосенсоры, биорецептор.

Успехи современной биотехнологии, медицины и сельского хозяйства зачастую зависят от того, насколько быстро можно обнаружить специфичные антигены (Аг). Одним из одной из наиболее перспективных технологий для экспресс-анализа Аг являются биосенсоры. Биосенсорные методы анализа имеют довольно широкое применение и постепенно становятся неотъемлемой частью при клинической диагностике и экологическом мониторинге. Биосенсоры представляют собой био-химико-физические системы, состоящие из двух компонентов: чувствительного биологического элемента и системы детекции, позволяющие регистрировать концентрацию или активность различных аналитов, присутствующих в образце. Решающей задачей при разработке биосенсоров является подбор биоселективного агента (элемента распознавания), который обеспечит специфичное связывание с целевым аналитом, что и будет зафиксировано датчиком. Общая схема биосенсора представлена на рисунке.



Рисунок - Общая схема биосенсора

Одним из самых распространенных рецепторов биосенсоров являются специфичные антитела (Ат). В практике получения Ат все большее применение находит технология фагового дисплея. Фаговый дисплей антител - это технология, в основе которой лежит экспонирование Аг-связывающих фрагментов Ат на поверхности фаговых частиц в составе одного из химерных белков оболочки. В 1990-х годах метод фагового дисплея был использован британским биохимиком Сэром Грегори Уинтером для экспонирования антигенсвязывающих фрагментов иммуноглобулинов на поверхности бактериофага fd. В результате появился новый комбинаторный подход к разработке рекомбинантных антител, являющийся альтернативным традиционной гибридной технологии [1]. Технология фагового дисплея основана на простых процедурах манипулирования с ДНК и бактериями, без иммунизации животных, что значительно сокращает время получения и стоимость стабильных клонов [2]. Селекцию частиц из фаговой библиотеки проводят, используя их свойства комплементарно связываться с Аг. Одним из наиболее распространенных фагов, применяемых для дисплея, является бактериофаг M13 [3].

Описано получение антител при помощи рекомбинаторных фаговых библиотек на токсины столбняка [2] и ферритина [4], они используются для выявления гепатоклеточной карциномы [5], лимфатической лейкемии [6], меланомы и рака молочной железы [7]. Показана возможность получения рекомбинантных Ат и изучена специфичность связывания клонов с белком CS и гемагглютинином вируса H5N1 [8]. Ат распознают эпитопы, которые не встречаются у других подтипов гриппа, что позволяет быстро диагностировать вирус птичьего гриппа H5N1. Методика фагового дисплея может быть успешно применена для изучения белок-белковых взаимодействий, при создании новых пептидных препаратов [9].

Фаговые Ат применяются при конструировании биосенсоров, например, для детекции микотоксина HT-2, микробных клеток, бактериофагов, растительных ядов и др. [10-14]. Дополнительными преимуществами фаговых Ат заключаются в том, что: а) небольшой размер фрагментов Ат сопровождается уменьшением неспецифического связывания, часто вызываемым областью Fc интактного Ат; б) возможностью иммобилизовать Ат более плотно. Более того, в отличие от полноразмерных Ат, фаговые Ат могут размножаться в бактериях, таких как *E. coli*, что значительно снижает стоимость производства, так как не требуется специального оборудования для культивирования клеток гибридных клеточных линий [15]. Таким образом, Ат, полученные с помощью технологии фагового дисплея, имеют значительный потенциал для применения в биосенсорах, поэтому количество сенсорных методов, позволяющих получать информацию о наличии Ат, неуклонно растет.

Список литературы

1. Фаговый дисплей на основе нитчатых бактериофагов: применение для отбора рекомбинантных антител / Гикунова Н. В. [с соавт.] // Acta Naturae (рускоязычная версия). 2009. Vol. 1(3). P. 22 - 31.
2. High-Affinity Macaque Antibody Fab with Human-Like Framework Regions Obtained from a Small Phage Display Immune Library / Chassagne, S. [et al.] // Mol. Immunol. 2004. Vol. 41. P. 539 - 546.
3. Antibody engineering: methods and protocols / Lo B.K.C. // Methods in molecular biology. New Jersey: Humana Press, 2004. 557 p.
4. The usage of phage mini-antibodies as a means of detecting ferritin concentration in animal blood serum / Staroverov S.A. [et al.] // J Immunoassay Immunochem. 2015. Vol. 36 (1). P. 100 - 110.
5. Human scFv antibody fragments specific for hepatocellular carcinoma selected from a phage display library / Yu B. [et al.] // World J. Gastroenterol. 2005. Vol. 11. P. 3985 - 3989.
6. Antibodies selected from combinatorial libraries block a tumor antigen that plays a key role in immunomodulation / McWhirter J.R. [et al.] // PNAS. 2006. Vol. 103. P. 1041 - 1046.
7. Phage-display selection of a human single-chain Fv antibody highly specific for melanoma and breast cancer cells using a chemoenzymatically synthesized GM3-carbohydrate antigen / Lee K.J. [et al.] // J. Am. Chem. Soc. 2002. Vol. 124. P. 12439 - 12446.
8. Isolation of recombinant phage antibodies targeting the hemagglutinin cleavage site of highly pathogenic avian influenza virus / Dong J. [et al.] // PLoS ONE. 2013. Vol. 8 (4). P. 2 - 9.
9. Phage display-derived peptides as therapeutic alternatives to antibodies / Ladner R.C. [et al.] // Drug Discovery Today. 2004. Vol. 9. P. 525 - 529.
10. Ricin detection using phage displayed single domain antibodies / Goldman E.R. [et al.] // Sensors. 2009. Vol. 9. P. 542 - 555.
11. Specific Noncompetitive Immunoassay for HT-2 Mycotoxin Detection / Arola H.O. [et al.] // Anal. Chem.. 2016. Vol. 88(4). P. 2446 - 2452.
12. SPR biosensor for the detection of *L. monocytogenes* using phage-displayed antibody / Nanduri V. [et al.] // Biosens Bioelectron. 2007. Vol. 23(2). P. 248 - 252.
13. Karoonuthaisiri, N., Charlermroj, R., Morton, M. J., Oplatowska-Stachowiak, M., Grant, I. R., & Elliott, C. T. (2014). Development of a M13 bacteriophage-based SPR detection using *Salmonella* as a case study. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 190, 214-220.
14. Use of an electro-optical sensor and phage-displayed miniantibodies for immunodetection of *Herbaspirillum* / Guliy O.I. [et al.] // Talanta. 2019. Vol. 202. P. 362 - 368.
15. Phage Display in the Quest for New Selective Recognition Elements for Biosensors/ Peltomaa R. [et al.] // ACS Omega. 2019. Vol. 4(7). P. 11569 - 11580.

Оценка способности штамма *Bacillus subtilis* EGP5QL12 к синтезу поли-гамма-глутаминовой кислотыМ. В. Черных¹, С. А. Коннова¹, Ю. П. Федоненко², Е. Н. Сигида², В. С. Гринева²¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН
Саратов, Россия
marinac814@gmail.com

Ключевые слова: поли-гамма-глутаминовая кислота, галофильные микроорганизмы, круговой дихроизм.

Обитание бактерий в гиперсоленых средах привело к формированию у них высокого адаптационного потенциала. Одним из факторов, способствующих выживанию галофильных бактерий при неблагоприятных условиях, является синтез поли-гамма-глутаминовой кислоты (ПГК). ПГК связывает воду и катионы металлов, что делает ее продуцента перспективным объектом исследования для дальнейшего использования в биотехнологиях. Полимер уже нашел широкое применение в медицине, пищевой промышленности, биоремедиации – но для каждой области целесообразно применение ПГК с разными молекулярными массами и соотношениями энантимеров [1]. Таким образом, актуальным является проблема поиска новых продуцентов ПГК, оптимизация условий культивирования для максимизации выхода полимера с заданными характеристиками с целью увеличения эффективности применения в конкретной области.

В настоящей работе приводятся результаты исследования ПГК, продуцируемой штаммом *Bacillus subtilis* EGP5QL12, изолированным из образца соли озера Карун (Египет) [2] и отобранного в результате скрининга продуцентов экстраклеточных полимеров (ЭКП). В результате культивирования штамма на среде liquid basal с метиленовым синим в качестве рН-индикатора были обнаружены обесцвеченные зоны диаметром до 12 мм вокруг бактериальных колоний, что свидетельствует об адсорбции катионного красителя анионными ЭКП [3].

Бактерии культивировали в жидкой среде S-G при концентрации NaCl 10 % в течение 48 ч при 30 °C [4, 2]. Для выделения ПГК клетки осаждали центрифугированием, культуральную жидкость концентрировали и диализовали против дистиллированной воды, снова концентрировали, а затем проводили дробное осаждение трехкратными объемами холодного 96 % этанола. В результате были получены три фракции ЭКП, выход которых составил 6,2; 0,6; 0,1 г/л соответственно. В каждой фракции оценивалось содержание ПГК и ее энантиомерный состав.

Электрофорез в полиакриламидном геле с последующим окрашиванием Кумасси бриллиантовым голубым R-250, толудиновым синим, нитратом серебра после периодатного окисления выявил наличие в первой и второй фракциях анионного полимера с молекулярной массой 100-250 кДа, который не давал положительной реакции при выявлении компонентов белковой и углеводной природы. Анализ методом ВЭЖХ преобладающей фракции ЭКП (первой) показал присутствие единственной аминокислоты – глутаминовой, содержание которой составило 84,12 % от массы сухого образца. Анализ той же фракции ЭКП *B. subtilis* EGP5QL12 методами спектроскопии инфракрасного излучения и ядерного магнитного резонанса позволил установить, что выделенный полимер является именно ПГК. Выход ПГК составил около 5,6 г/л.

Спектроскопией кругового дихроизма дериватизированных мономеров [5, 6], полученных после полного кислотного гидролиза первой и второй фракции ЭКП, было показано, что ПГК имеет смешанный энантиомерный состав с преобладанием D-глутаминовой кислоты в обеих фракциях (по 60 %). Таким образом, для данных условий культивирования сепарация волокон ПГК с резко различающимися соотношением энантиомеров дробным осаждением этанолом не показала эффективности [7].

Свойства ПГК, в том числе значимые для дальнейшего использования в биотехнологии, опосредованы вторичной структурой, которую устанавливали, анализируя спектры кругового дихроизма в диапазоне 190-260 нм с использованием софта CDNN 2.1 (Германия) для деконволюции. Негидролизованые образцы преобладающей фракции растворяли в 0,1 М NaF и доводили показатель pH до 2,5; 4,2; 5,3 с использованием H_3PO_4 и Na_2HPO_4 [8]. В сравнении с ПГК, полученными от других продуцентов, была показана относительно малая доля α -спиралей и большая доля различных β -структур при значительно низкой доле нерегулярных структур [8, 9].

Таким образом, *Bacillus subtilis* EGP5QL12 является перспективным штаммом-продуцентом ПГК с возможным использованием в биотехнологии по ряду причин. Во-первых, возможность синтеза ПГК при отсутствии мономеров в питательной среде значительно уменьшает себестоимость продукта. Во-вторых, смешанный энантиомерный состав при высокой доле каждого изомера не препятствует использованию ни в одной из областей применения. Кроме того, при данной композиции оптических изомеров наблюдается формирование β -структур полимера вместо нерегулярных – что способствует наибольшему проявлению таких свойств ПГК как связывание воды и катионов металлов. В-третьих, относительная средняя молекулярная масса при высокой чистоте препарата позволяет использовать полимер в медицине, косметологии, пищевой промышленности [1]. В частности, ПГК с молекулярной массой около 250 кДа наиболее подходит для применения в качестве криопротектора для пробиотических бактерий [10].

Список литературы

1. Ashiuchi M. Microbial production and chemical transformation of poly- γ - glutamate / M. Ashiuchi // Microbial biotechnology. – 2013. – V. 6, № 6. – P. 664-674.
2. Ибрахим И.М. Структурно-функциональная характеристика гликополимеров поверхности микроорганизмов, изолированных из гиперсолёных сред, и выявление их биотехнологического потенциала: дис. ... канд. биол. наук. / И. М. Ибрахим. – Саратов, 2019. – С. 207.
3. Selection of an effective indicator for rapid detection of microorganisms producing γ -polyglutamic acid and its biosynthesis under submerged fermentation conditions using *Bacillus methylotrophicus* / P. M. Chatterjee [et al.] // Applied biochemistry and biotechnology – 2018. – V. 185, № 1. – P. 270-288.
4. Sehgal S. N. Effect of some metal ions on the growth of *Halobacterium cutirubrum* / S. N. Sehgal, N. E. Gibbons // Canadian Journal of Microbiology. – 1960. – V. 6, № 2. – P. 165-169.
5. Enantiomeric resolution of derivatized dl-amino acids by high-performance liquid chromatography using a β -cyclodextrin chiral stationary phase: A comparison between derivatization labels / A. M. Rizzi [et al.] // Journal of Chromatography A, – 1995. – V. 710, № 2. – P. 287-295.
6. Pearson B. Characterisation and purification of bacterial lysates containing poly- γ -glutamic acid: dis. ... Master of Research in Biomaterials / B. Pearson. – Birmingham, 2015. – P. 99
7. Candela T. Poly- gamma- glutamate in bacteria / T. Candela, A. Fouet // Molecular microbiology. – 2006. – V. 60, № 5. – P. 1091-1098.
8. Conformations and molecular interactions of poly- γ -glutamic acid as a soluble microbial product in aqueous solutions / L. Wang [et al.] // Scientific reports. – 2017. – Т. 7, № 1. – P. 1-11.
9. Complexation and conformation of lead ion with poly- γ -glutamic acid in soluble state / L. Wang [et al.] // PloS one. – 2019. – Т. 14, № 9. – A. e0218742.
10. *Bacillus subtilis* natto: a non-toxic source of poly- γ -glutamic acid that could be used as a cryoprotectant for probiotic bacteria / A. R. Bhat [et al.] // Amb Express. – 2013. – V. 3, № 1. – P. 1-9.

Особенности поглощения тяжёлых металлов макромицетами (на примере г. Кемерово)

А. В. Чернышова, М. Г. Опекунова

Санкт-Петербургский государственный университет

Санкт-Петербург, Россия

st040719@student.spbu.ru

Ключевые слова: макромицеты, загрязнение, тяжёлые металлы, почва.

В последние десятилетия всё большую актуальность обретает проблема аккумуляции тяжёлых металлов (ТМ) в различных компонентах окружающей среды. Значительное внимание уделяется накоплению и миграции ТМ в системе «почва-растения» [1, 7, 8]. При этом появляется всё больше исследований, которые рассматривают в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды ТМ макромицеты [2-6].

Микроэлементный состав макромицетов, произрастающих на территории Западной Сибири, ранее практически не рассматривался. Для исследования были отобраны 38 проб 27 видов макромицетов, произрастающих на территории города Кемерово и в Кемеровском районе, на семи участках: 6 участков были расположены в городской черте, один – условно фоновый – за пределами города вдали от промышленных производств и автомобильных трасс. Городские участки были выбраны с целью определения концентраций ТМ в макромицетах в различных условиях: 1) парки, расположенные в разных частях города, 2) территория, прилегающая к химическому заводу и 3) ООПТ «Сосновый бор».

Результатами экспериментов [4] установлено, что для фоновых почв (зональных серых лесных почв) окрестностей Кемерово характерна слабокислая ($pH=6,1$) реакция почвенного раствора. В целом под влиянием техногенеза почвы города становятся менее кислыми. Особо отчетливо эта тенденция выражена в почвах крупных магистралей и плотной городской застройки, которые относятся к категории нейтральных ($pH=7,0-7,3$). Менее отчетливы различия от контроля в почвах парков и бульваров.

Анализ содержания биологически активных микроэлементов свидетельствует о различном уровне их валового содержания в почвах скверов и магистралей города: валовое содержание Co составляет 10-15 мг/кг, Cu – 20-39 мг/кг, Mn – 775-1007 мг/кг. Концентрация Zn в исследованных почвах достигает 120 мг/кг, что превышает ОДК. Городские почвы отличаются также повышенным содержанием Pb , Cd , Fe и Cr .

Среди изученных родов и видов макромицетов отмечается следующее: на антропогенно нарушенных территориях наблюдается большее количество условно съедобных, несъедобных и ядовитых видов грибов. Это свидетельствует о влиянии человека: вероятнее всего, такие грибы имеют более широкие границы купола толерантности. Поскольку люди не собирают данные виды грибов, это позволяет макромицетам сохранить мицелий для произрастания и размножения в последующие сезоны.

Сравнительный анализ концентрации ТМ в базидиомах макромицетов и валового содержания ТМ в почвах показал, что, практически по всем металлам отмечается превышение концентраций металлов в грибах над почвами. Это говорит о том, что макромицеты активно поглощают многие металлы из почвы, но источником поступления их может быть также и атмосферный воздух.

В ходе исследования было установлено, что доминирующими металлами в базидиомах макромицетов являются Fe , Zn и Cu . Практически во всех исследованных макромицетах отмечаются концентрации металлов выше, чем установленные ПДК. Хорошо выражена биологическая избирательная способность поглощения различных химических элементов. Так, например, роды грибов *Lactarius*, *Discina*, *Gymnopilus*, *Lycoperdon* отличаются низким содержанием Cu и Zn . Не все изученные виды грибов интенсивно поглощают Pb и V . Наиболее активным концентратором Ni являются грибы рода *Psathyrella*. Так как подвижные формы V не были зафиксированы в почвах, то можно сделать предположение, что в макромицеты этот металл поступает из аэрозолей, содержащихся в атмосферном воздухе.

Таким образом, загрязнение почв г. Кемерово цинком, свинцом, кадмием, хромом и железом отражается в изменении химического состава грибов. В качестве биоиндикаторов антропогенного загрязнения могут быть рекомендованы *Amanita muscaria* (концентратор Cd, Zn и Pb), а также виды рода *Psathyrella* (индикаторы загрязнения Cr и Fe).

Список литературы

1. Кайгородов Р.В., Попова Е.И. Хемоэкологические, физико-химические и биохимические свойства почв транспортной зоны урбанизированных экосистем // Вестник Пермского университета. Серия: биология. 2017. № 3. С. 321-327.
2. Королева Ю.В., Охрименко М.А. Особенности накопления тяжелых металлов лесными грибами Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2015. Вып. 1. С. 106-117.
3. Королева Ю.В., Стёганцев В.В., Вахранева О.П., Чибисова Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов лесными грибами в Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. Вып. 1. С. 78-85.
4. Неверова О.А. Экологическая оценка состояния древесных растений и загрязнения окружающей среды промышленного города (Электронный ресурс): на примере г. Кемерово: Дисс. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. – М.: РГБ, 2005 (Из фондов Российской Государственной Библиотеки)
5. Отмахов В.И., Петрова Е.В., Пушкарева Т.Н., Островерхова Г.П. Атомно-эмиссионная методика анализа грибов на содержание тяжелых металлов и использование ее для целей экомониторинга // Известия Томского политехнического университета. 2004. - Т.307. - №5.- С.44-48.
6. Поддубный А.В. Оценка возможности использования макромицетов как индикаторов загрязнения среды тяжёлыми металлами (автореферат). Владивосток, 1998
7. Юдина Е.В. Закономерности накопления и распределения тяжелых металлов в системе «почва-растение» в условиях городской среды// Агрехимический вестник. – 2017. - № 3. – С. 40-44.
8. Юдина Е.В. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах города Абакана // Вестник Красноярского Государственного Аграрного Университета. – 2016. - № 9.

Использование данных о популяционной структуре редких видов растений при оценке фитосозологического рейтинга памятников природы регионального значения (на примере Самарской области)

И. Е. Чернышова, А. С. Ерзаева, А. В. Анашкин

Самарский государственный социально-педагогический университет

Самара, Россия

irina199929@mail.ru

Ключевые слова: памятники природы, фитосозологический рейтинг, редкие виды растений, Самарская область.

Необходимость сохранения природно-территориальных комплексов не вызывает сомнений в связи с их значительной ролью в качестве рефугиумов биоты, необходимостью сохранения ландшафтов, а также высокой научной, образовательной и эстетической ценностью. В условиях высоко освоенных регионов, к каким относится Самарская область, достаточно мало сохранившихся участков, имеющих естественные характеристики [1]. В Самарской области большинство из них имеют статус особо охраняемых природных территорий, хотя доля таких территорий от общей площади области невысока. В последние годы ведется поиск новых объектов природы, которые способны выполнить задачу охраны биологического и ландшафтного разнообразия [8].

Природоохранная деятельность в Самарской области может быть основана на фитосозологических разработках [2]. Фитосозология – научная дисциплина об охране растительного мира, разрабатывающая теоретические основы, правовые нормы и организационные мероприятия, направленные на сохранение видового состава и поддержание численности видов растений на уровне, обеспечивающем их существование.

Первые шаги в этом вопросе для территории Самарской области были сделаны к.б.н. И.В. Казанцевым и д.б.н., проф. С.В. Саксоновым [2]. Ими предложены критерии фитосозологической оценки, по которым проанализированы памятники природы регионального значения всех муниципальных районов и городских округов в области.

Нами предприняты попытки уточнения современного состояния природно-территориальных комплексов Алексеевского, Хворостянского и Приволжского муниципальных районов (Заволжье), основанных на собственных мониторинговых исследованиях почвенно-растительного покрова памятников природы. Актуальность исследований связана с тем фактом, что многие из памятников природы были обследованы различными авторами более 30 лет назад, а в настоящее время их характеристики могли претерпеть значительные изменения в связи с хозяйственной и рекреационной нагрузкой.

Согласно известным методикам изучены флора, растительность и состояние некоторых редких видов растений. В связи с необходимостью выявления состояния видов в конкретных локалитетах, популяционные работы имеют высокую значимость [3-7], так как получаемые флористические списки территорий не раскрывают всей современной картины. Рекогносцировка местности и выявление мест произрастания редких видов проводились на начальных этапах. В дальнейшем осуществлялся мониторинг популяций редких видов с целью выявления структуры и основных закономерностей их динамики.

Сведения о структуре и динамике популяций редких видов растений, по нашему мнению, необходимы при определении состояния памятников природы (или неохранных комплексов) по трем критериям (в соответствии с методикой И. В. Казанцева и С. В. Саксонова): IV – антропоустойчивость растительного покрова, VIII – степень трансформированности, IX – восстановительный потенциал.

Памятники природы регионального значения Самарской области, расположенные на территории трех указанных муниципальных районов, несмотря на значительную антропогенную нагрузку, в настоящее время в целом выполняют роль рефугиумов флоры и

фауны, сохраняют ландшафты и типичные для степной зоны экосистемы, а также могут служить базой для биоэкологического образования школьников и студентов.

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

Список литературы

1. Зеленая книга Самарской области: Редкие и охраняемые растительные сообщества. Самара: СНЦ РАН, 2006. 201 с.
2. Казанцев И. В., Саксонов С. В. Фитосоциологический рейтинг памятников природы регионального значения Самарской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. №4-1. С. 45-54.
3. Abramova L. M., Ilyina V. N., Mitroshenkova A. E., Mustafina A. N., Shigapov Z.H. Features of the demographic structure and the condition of populations of the rare relic *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) in peripheral and main parts of its habitat // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B., Vol. 74 (2020), No. 5 (726), pp. 385-395. DOI: 10.2478/prolas-2020-0051
4. Abramova L. M., Ilyina V. N., Mustafina A. N., Karimova O. A. Features of the Organization of Populations of a Rare Species *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. (Dipsacaceae, Magnoliópsida) in the Trans-Volga and Cis-Urals Regions // Biology Bulletin. 2019. Vol. 46, No. 10, pp. 1-7.
5. Ilyina V. The age structure of populations of *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) // ACTUAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS: Proceedings of the X International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students November 19-20, 2020, Minsk, Republic of Belarus. Minsk: Belarusian State University, 2020. P. 217.
6. Ilyina V., Mitroshenkova A. Indicator role of the ontogenetic structure of rare plant cenotic populations in the assessment of the ecological state of species under anthropogenic pressure (for example, *Rindera tetraspis* Pall.) // E3S Web of Conf. Volume 222, 2020. International Scientific and Practical Conference "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad" (DAIC 2020). 5 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022205003>
7. Ilyina V.N., Mitroshenkova A.E., Nalivayko I.V., Semenov A.A. The condition of oak forests of the urbanized territories in the southeast of the European part of Russia // Proceedings of the Seventh International Environmental Congress (Ninth International Scientific-Technical Conference) "Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes" EL.PIT 2019 25-28 September, 2019, Samara-Togliatti, Russia: Edition EL.PIT. Printed in Publishing House of Samara Scientific Centre, 2019. pp. 62-68.
8. Rogov S., Ilyina V. The specially protected natural areas system of the Samara region (Russia) // ACTUAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS: Proceedings of the X International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students November 19-20, 2020, Minsk, Republic of Belarus. Minsk: Belarusian State University, 2020. Pp. 221-222.

Состояние мужской генеративной сферы интродуцированной сосны румелийской в Воронежской области

М. Ю. Чугреев

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии,
Воронеж, Россия
michael.yurievich@yandex.ru

Ключевые слова: хвойные, интродукция, пыльца, жизнеспособность пыльцы, техногенное загрязнение.

Сосна румелийская (*Pinus peuce* Griseb.) – вечнозеленое дерево высотой 10-20 метров, происходящее из горных районов юго-восточной Европы. Хвоинки трехгранные, длиной 7-10 см, в пучках по 5 штук. Шишки по одной или две, цилиндрические, 8-10 см длиной и 4 см толщиной [1]. Благодаря ажурной узкопирамидальной кроне, начинающейся от самой земли, и крупным шишкам, данный вид сосен очень декоративен и отлично подходит для озеленения скверов и парков. Это подтверждается культивированием сосны румелийской во многих странах мира.

Интродуцированный вид, находясь за пределами своего естественного ареала, вынужден адаптироваться к новым климатическим условиям. Одним из важнейших показателей адаптации вида к местным условиям произрастания является его способность образовывать viable семена, которая напрямую зависит от состояния мужской генеративной сферы, и в частности – качества пыльцы [2].

Проведены исследования жизнеспособности пыльцы и уровней адаптационного потенциала модельных деревьев сосны румелийской, произрастающих при фоновом техногенном загрязнении в посадках экспериментально-показательного дендрария НИИЛГиС (ЭПД) и в близких к естественным условиям Семилукского коллекционно-маточного дендрария (КМД).

Микростробилы с пыльцой собирались непосредственно перед пылением и просушивались. Пыльца просеивалась и хранилась в пробирках при +4°C. Проращивание осуществлялось на искусственных питательных средах в условиях влажной камеры [3], при стандартной (+27°C) [4], а затем при повышенной (+35°C) температуре культивирования. Проводился подсчет проросших и непроросших пыльцевых зерен, на основе которого рассчитывалась жизнеспособность пыльцы, отмечались встречающиеся аномалии строения и прорастания пыльцевых зерен. По разнице между количеством пыльцы, проросшей при стандартной и повышенной температуре, оценивался уровень адаптационного потенциала деревьев. Представлены данные 2017-2019 годов наблюдений.

Климатические условия, приходившиеся на период созревания и вылета пыльцы данного вида, в разные годы сильно различались. В 2017 году первые два месяца весны были теплее, а май – холоднее многолетней среднемесячной региональной нормы. При этом в начале мая наблюдались резкие перепады температур и заморозки. В 2018 году март был холодным, а апрель и май – теплее нормы, причем в мае также наблюдались резкие колебания температуры, но на этот раз в сторону ее повышения. В 2019 году все три месяца были значимо теплее по сравнению с климатической нормой. При этом количество осадков в большинстве случаев соответствовало многолетней среднемесячной норме или превышало ее. Исключение составили май 2017 и апрель 2019 годов, когда выпало 55 и 84% от нормы осадков, соответственно.

В 2017 году проращивание пыльцы при стандартной температуре, показало высокое её качество у всех деревьев. У сосен из ЭПД жизнеспособность составила 92,4±0,7 %, из КМД – 81,7±5,6 %. Повышение температуры проращивания до не приводит к статистически значимому изменению числа проросших пыльцевых зерен у деревьев из ЭПД. У деревьев из КМД количество проросшей пыльцы уменьшилось и составило 65,7±3,9 %.

В 2018 году качество пыльцы заметно снизилось: у сосен из ЭПД жизнеспособность составила $67,1 \pm 3,2$ %, из КМД – $56,6 \pm 2,3$ %. При повышенной температуре прорастания у деревьев из ЭПД наблюдается дальнейшее снижение количества проросшей пыльцы до $55,2 \pm 3,5$ %, а у сосен из КМД не наблюдается статистически достоверных различий.

В 2019 году значения жизнеспособности пыльцы были снова высоки: при стандартной температуре у сосен из ЭПД она составила $85,6 \pm 0,7$ %, у деревьев из КМД – $95,8 \pm 3,5$ %. При повышении температуры прорастания наблюдается значимое снижение количества проросшей пыльцы из обоих мест произрастания: у деревьев из ЭПД – до $83,7 \pm 0,2$ %, из КМД – до $82,6 \pm 1,6$ %.

На основе литературных источников [5,6], аномалии строения пыльцы и прорастания пыльцевых трубок были разделены на несколько основных типов. У сосны румелийской наиболее часто встречались: оптически пустые пыльцевые зёрна или имеющие редуцированное тело зерна; образующие искривления, ветвления пыльцевой трубки; двусторонне прорастающие, либо образующие вздутия на конце трубки. Количество вздутий возрастает при более высокой температуре прорастания, а ветвящиеся трубки встречаются значительно чаще у дерева из ЭПД.

Таким образом, модельные деревья из ЭПД и КМД в 2017 и 2019 году имели довольно высокие значения жизнеспособности пыльцы вне зависимости от экологических условий конкретного места произрастания, а в 2018 году качество пыльцы в обоих местах было низким. Уровень адаптационного потенциала тоже варьировал: в 2017 году его значение было больше у деревьев из ЭПД, в 2018 году – у сосен из КМД, а в 2019 году он оказался снижен в обоих местах произрастания.

Можно сделать вывод, что наибольшее влияние на состояние мужской генеративной сферы сосны румелийской при интродукции оказывают погодные условия, приходящиеся на период созревания и вылета пыльцы. В случае если погодные условия далеки от оптимальных, наблюдается значимое уменьшению числа жизнеспособных пыльцевых зерен и падение уровня адаптационного потенциала. Когда же условия благоприятны – качество пыльцы может быть высоким. Сравнение состояния мужской генеративной сферы в фоновом загрязнённых условиях ЭПД и естественных условиях КМД говорит о небольшом влиянии слабого техногенного загрязнения на качество пыльцы данного вида. Однако произрастающие в загрязнённых местопроизрастаниях деревья имеют больше аномалий прорастания пыльцевых трубок.

Список литературы

1. Крюссман Г. Хвойные породы / Пер. с нем. — М.: Лесная промышленность, 1986. 256 с.
2. Чугреев М. Ю., Стародубцева Л. М. Исследование мужской генеративной сферы как способ определения перспективности интродуцированных видов // Лесохозяйственная информация: сборник научно-технической информации по лесному хозяйству. Пушкино. 2015. №4. С. 66-73.
3. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. Москва: Колос, 1974. 288 с.
4. Свинцова В.С., Влияние засухи на генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной/ В.С. Свинцова, Н.Ф. Кузнецова, Е.Ю. Пардаева// Лесоведение. 2014. № 3. С.50-58.
5. Василевская Н.В., Домахина А.Д. Полиморфизм пыльцы *Pinus sylvestris* L. и *Larix sibirica* Ledeb. Города Мурманск // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Биологические науки. 2016. №4 (157) С.13-20.
6. Калашник Н. А. Аномалии пыльцы у сосны обыкновенной в различных экологических условиях // Бюл. Бот. сада СГУ. 2012. №10. С.46-52.

Характеристика местообитания безвременника яркого на территории Волгоградской области

В. А. Шуцунов, И. В. Шилова, А. С. Пархоменко, А. С. Кашин
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия
schiva1952@yandex.ru

Ключевые слова: *Colchicum laetum*, Волгоградская область, растительные сообщества.

Безвременник яркий, или безвременник весёлый (*Colchicum laetum* Steven) – многолетнее травянистое растение из семейства Colchicaceae, цветущее в августе-сентябре и плодоносящее в апреле следующего года. Этот вид имеет небольшой ареал, охватывающий Предкавказье, нижнее течение Волги и Дона, является эндемиком, включён в Красную книгу РФ [1] и Красные книги всех регионов, на территории которых встречается.

С целью изучения экологии вида нами 16 – 19.09.2020 г. обследованы семь местообитаний в Волгоградской области: одно – в Городищенском р-не, окр. п. Котлубань (Klb); два – в Калачёвском р-не, окр. п. Волгодонской (Wld) и окр. п. Белоглинский (Bel); три – в Октябрьском р-не, окр. с. Абганерово (Abg), окр. х. Водянский (Wod) и окр. с. Аксай (Aks); одно – в Котельниковском р-не, окр. х. Верхнеяблочный (Whi).

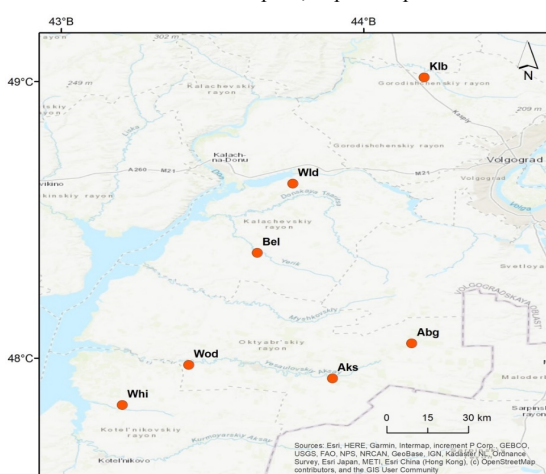


Рисунок - Местонахождение изученных сообществ с *Colchicum laetum* на территории Волгоградской области

C. laetum встречается на небольших нераспаханных участках степей, прилегающих к балкам, практически на горизонтальной поверхности или участках с небольшим (до 3 – 5°) уклоном к югу или юго-востоку. Почвы каштановые или светло-каштановые, зачастую солонцеватые, на период исследований очень иссушенные и растрескавшиеся вследствие длительной засухи. В июле-сентябре 2020 г. на исследованной территории среднемесячная температура колебалась в пределах 17,4 – 27,2°С, ежемесячно выпадало от 1 до 18 мм осадков (табл.).

Таблица - Погодные условия в местообитаниях *Colchicum laetum* на территории Волгоградской области [2]

Метеостанция	Местонахождение сообществ	Среднемесячная температура, °С			Осадки, мм		
		июль	август	сентябрь	июль	август	сентябрь
Волгоград	Klb, Abg, Wod, Aks, Whi	27,2	22,6	18,4	7	8	2
Калач-на-Дону	Wld, Bel	26,4	21,7	17,4	4	18	1

При описании растительного покрова в сообществах с *C. laetum* в целом зарегистрировано 28 видов сосудистых растений, от 8 до 16 в каждом. Лишь 10 видов (от 2 до 6 в сообществе) вегетировали, включая цветущий *C. laetum*, у прочих надземная масса

высохла. Общее проективное покрытие (ОПП) вместе с высохшими остатками растений в разных сообществах колебалось от 45 до 90 %. Наиболее обильными оказались злаки с высохшей надземной массой: *Elymus repens* (L.) Gould (сор₁ – сор₃), *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin (сор₁ – сор₃), *Koeleria pyramidata* (Lam.) P. Beauv. (сор₁), *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr. (сор₂ – сор₃), а также полыни: высохшая *Artemisia santonicum* L. (сор₁), высохшая или ещё вегетирующая *Artemisia austriaca* Jacq. (сор₁ – сор₃). ОПП живых растений в большинстве сообществ составляло лишь 1 – 5 %. В двух сообществах ОПП достигало 10 % (Abg) и 50 % (Wod). Последние сообщества располагаются на берегу пруда (Abg) и поблизости от ручья (Wod), то есть в более обеспеченных влагой местообитаниях. Вегетирующими в разных сообществах, помимо *C. laetum* и *Artemisia austriaca*, были представители Аросунасеae – *Cynanchum acutum* L.; Caryophyllaceae – *Dianthus polymorphus* M. Bieb.; Chenopodiaceae – *Bassia prostrata* (L.) Beck, *Grubovia sedoides* (Pall.) G.L.Chu; Euphorbiaceae – *Euphorbia seguieriana* Neck., *E. virgata* Waldst.; Fabaceae – *Medicago falcata* L.; Plumbaginaceae – *Limonium bungei* (Claus) Gamajun. Предварительная экологическая оценка местообитаний по растительному покрову (учитывались только вегетирующие растения) по шкалам Раменкого с использованием программы EcoScaleWin [3] показала, что под большинством сообществ почва довольно богатая, под одним (Abg) богатая и ещё под одним (Whi) небогатая. Увлажнение сухостепное (Abg, Wod), полупустынное (Klb), пустынное-полупустынное (Wld, Bel, Aks), пустынное (Whi). Переменность увлажнения удалось определить лишь в четырёх местообитаниях, причём в трёх (Klb, Wod, Whi) – как средне обеспеченное увлажнение, в одном (Abg) – как переменное обеспеченное. Пастбищная дигрессия определена в пяти сообществах, из них в четырёх (Klb, Wld, Bel, Wod) определено очень слабое, в одном (Abg) – слабое влияние выпаса. По нашим наблюдениям это не совсем так, поскольку оценка проводилась по вегетирующим растениям, а в изучаемых сообществах в период исследований вегетировали, в основном, не поедаемые скотом растения. Через сообщество Abg ведётся прогон скота, наблюдается сбой и выедание травостоя; сильный выпас, с обкусыванием даже *C. laetum* отмечен в сообществе Aks; очень сильный выпас, до выедания под корень соломы *Stipa lessingiana* и *Festuca valesiaca*, имеет место в сообществе Whi.

Для уточнения сведений об экологических условиях в местообитаниях *C. laetum* необходимы повторные исследования во время его цветения, к тому же в благоприятный по погодным условиям год, а также в период его вегетации весной.

Список литературы

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; Гл. редкол.: Ю. П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
2. Справочно-информационный портал «Погода и климат» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php>. Дата обращения: 25.01.2021.
3. Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: учебное пособие / Мар. гос. ун-т, Пушкинский гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.

Циркуляция микроорганизмов в системе огурец обыкновенный – бахчевая тля – чёрные садовые муравьи

А. А. Шьюрова, А. М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

arina.shyurova.98@mail.ru

Ключевые слова: микроорганизмы, бахчевая тля, чёрные садовые муравьи, огурец обыкновенный.

Массовое культивирование на территории России огурца обыкновенного неизбежно связано с проблемами, вызванными паразитированием на этих растениях широкого круга вредителей, среди которых доминирующее положение занимает бахчевая тля, являющаяся переносчиком фитопатогенных вирусов и бактерий. Вместе с тем, с популяциями тлей всегда трофически связаны популяции муравьёв, которые также могут участвовать в распространении фитопатогенов. Целью работы стало выявление наиболее экологически пластичных видов микроорганизмов и прослеживание путей передачи сапрофитических и фитопатогенных микроорганизмов, циркулирующих в исследованной системе.

Материалом для микробиологических исследований послужили бескрылые самки бахчевой тли (*Aphis gossypii* Glov., 1877), трофически связанные с ними чёрные садовые муравьи (*Lasius niger* L., 1758) и растения огурца обыкновенного (*Cucumis sativus* L., 1753), собранные в агроценозе в черте г. Энгельса Саратовской области. Всего было исследовано 20 особей бахчевой тли, 20 рабочих особей черного садового муравья и 20 побегов кормового растения.

На первом этапе поверхность насекомых и кормовых растений исследовалась методом отпечатка на картофельную среду и среду PDA. На следующем этапе поверхности исследуемых объектов обрабатывали в 96 %-ном этаноле (5 мин.), затем дважды промывали в стерильном физиологическом растворе. Обработанные объекты гомогенизировали в физиологическом растворе и высевали на среду PDA. Тлей исследовали в комплексных пробах по 10 экземпляров, муравьёв и листья растений – индивидуально. Посевы инкубировали при температуре +28°C в течение 3–7 суток. По результатам экспериментов рассчитывали встречаемость микроорганизмов в пробах, коэффициент Жаккарда и проводили идентификацию выделенных штаммов [1–4].

В ходе исследований с поверхности растений было выделено 5 видов бактерий и 6 видов грибов, из внутренней среды кормовых растений – 5 видов бактерий и 2 вида грибов, из организмов тлей 5 видов бактерий и 2 вида грибов, из организма муравья – 4 вида бактерий и 1 вид грибов. Индексы общности видовых составов микробных ассоциаций бахчевой тли, трофически связанных с ней чёрных садовых муравьёв и кормовых растений представлены на рисунке.



Рисунок - Индексы общности видового состава микроценозов бахчевой тли, трофически связанных с ней чёрных садовых муравьёв и кормовых растений

Часть выделенных видов микроорганизмов не встречалась на кормовом растении, а была обнаружена только у насекомых. Существовала и обратная ситуация, когда некоторые из штаммов были обнаружены только на пораженных растениях (таб.).

Таблица - Встречаемость (%) бактерий и грибов в различных компонентах системы
огурец обыкновенный – бахчевая тля – муравьи

Таксоны микроорганизмов		Листья кормового растения		Бахчевая тля		Чёрные садовые муравьи	
		поверхность	внутренние ткани	поверхность	внутренние ткани	поверхность	внутренние ткани
Бактерии	<i>Bacillus clausii</i>	100	100	70	75	20	20
	<i>B. halodurans</i>	65	35	10	5	0	0
	<i>B. psychrodurans</i>	0	0	25	30	60	60
	<i>B. soli</i>	100	100	100	100	70	80
	<i>Erwinia carotovora</i> *	65	35	10	10	0	0
	<i>Serratia plymuthica</i>	100	35	0	0	40	40
Грибы	<i>Absidia corymbifera</i> *	50	0	0	0	0	0
	<i>Alternaria</i> sp.*	50	15	0	0	0	0
	<i>Aspergillus flavus</i> *	35	0	0	0	0	0
	<i>Aureobasidium pullulans</i>	35	0	0	0	0	0
	<i>Bipolaris spicifera</i> *	50	0	0	0	0	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	35	0	0	0	0	0
	<i>F. solani</i>	0	15	0	0	0	0
	<i>Fusarium</i> sp.*	60	0	0	5	0	5
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	65	0	0	5	0	0
	<i>Trichoderma</i> sp.	35	0	0	0	0	0

* фитопатогенные таксоны

Большая часть изолятов – это широко распространённые обитатели окружающей среды. Наиболее пластичными оказались *B. soli* и *B. clausii*, которые успешно размножались во всех исследованных организмах. Однако, помимо сапрофитов, в системе циркулировали и фитопатогенные грибы *Absidia* sp., *Alternaria* sp., *Aspergillus flavus*, *Fusarium* sp., *Bipolaris spicifera*, фитопатогенная бактерия *Erwinia carotovora*. Следует отметить, что большая часть выделенных нами фитопатогенных микроорганизмов относилась к *Fungi*, которые в большинстве своём предпочитают развиваться в кислой среде, а в пищеварительном канале растительноядных насекомых поддерживается щелочная реакция среды. Поэтому не случайно грибы рода *Fusarium* обнаруживались в организмах тлей и муравьёв редко и в единичном количестве, а бактериальный патоген *Erwinia carotovora* хотя и имел низкий индекс встречаемости в бахчевой тле, но в тех пробах, где он обнаруживался, его численность достигала 10^4 КОЕ в пробе. Это говорит о том, что данный микроорганизм не просто сохранил жизнеспособность в организме бахчевой тли, а смог адаптироваться к новой экологической нише и начал там размножаться.

Таким образом, в исследованной системе грибы сосредоточены преимущественно на поверхности кормовых растений, откуда они крайне редко могут попадать в организмы бахчевой тли. Бактерии оказались более пластичными и успешно переходили из одного компонента системы в другой. Это говорит о том, что бахчевая тля и чёрные садовые муравьи могут выступать в качестве резервуаров бактериальных фитопатогенов, но практически не участвуют в сохранении и передаче фитопатогенных грибов.

Список литературы:

1. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. Т.1 / под ред. Дж.Хоулта и др. М.: Мир, 1997. Т.1. 432 с.
2. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. Т.2 / под ред. Дж.Хоулта и др. М.: Мир, 1997. Т.2. 368 с.
3. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Springer, 2001. Vol. 3. 1450 p.
4. Беклемишев В.Н. Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука, 1970. 503 с.

Сравнение промышленных и спальных участков города Саратова методом анкетирования и выявления возможных сердечно-сосудистых заболеваний у людей

О. В. Щербакова, О. В. Абросимова, О. М. Посненкова

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

Саратов, Россия

89878128340@mail.ru

Ключевые слова: ССЗ (сердечно-сосудистые заболевания), ВОЗ (всемирная организацией здравоохранения), АД (артериальное давление), ОС (окружающая среда).

Саратов находится на правом берегу реки Волги. Является центром Саратовской области и включает 6 административных районов: Волжский, Кировский, Ленинский, Заводской, Октябрьский, Фрунзенский. Численность населения на 2020 год составляет 838 тыс. человек. Хорошо развита нефтяная и химическая промышленность, машиностроение.

Воздействию человека, негативно сказывающееся на экологии, достигло поистине внушающих масштабов. Большую роль в здоровье людей играет экология, но также влияние оказывают биологические и генетические факторы, образ жизни и уровень развития здравоохранения. Здоровье так же является важным показателем оценки степени негативного воздействия окружающей среды (ОС) на человека. Негативное воздействие ОС может проявляться в изменении артериальное давление.

Существует классификация норм артериального давления, созданная всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Так же давление классифицируется относительно возраста. Оно может быть нормальным, повышенным или пониженным. В зависимости от того страдает человек гипертонией или гипотонией это будет по-разному влиять на его здоровье.

Постоянно повышенное или пониженное артериального давления (АД) плохо сказывается на работе организма в целом. При повышенном давлении организм начинает уничтожать сам себя, печень не может нормально функционировать и происходит накопление токсинов, она начинает разрушаться, стенки сосудов расширяются, теряют эластичность, сердце начинает работать «на износ». Факторами повышенного давления: неправильное питание, алкоголь и наркотики, ожирение. Симптомами могут быть головные боли, учащенное сердцебиение, покраснение кожи, повышенная потливость. Результатом повышенного давления может стать инфаркт или инсульт. При пониженном давлении стенки сосудов сжимаются, и давление крови резко увеличивается, что может привести к кислородному голоданию или «взрыву», развивается почечная недостаточность. Симптомами могут быть усталость, раздражительность, повышенная чувствительность к высоким температура. Результатом пониженного АД могут стать обмороки и инсульты. Здоровье так же является важным показателем оценить степень негативного воздействия на ОС на человека [1].

Задачей анкетирования было опросить людей и проанализировать возможность появления ССЗ у людей относительно их места жительства. Опросы проводились в разных районах г. Саратова.

В промышленных районах на человека одновременно воздействует много фактор, которые негативно сказываются на состоянии здоровья. Нарушения сердечно-сосудистой системы часто проявляются при воздействии эндогенных и экзогенных факторов. Профессионально-производственные факторы химической и физической природы могут влиять непосредственно на сердечно-сосудистую систему или воздействовать на нее косвенно через другие органы.

В 2018 году в микрорайоне Юбилейный были опрошены 51 человек из них 50 % были люди с нормальным АД, 31 % составили люди с пониженным АД, а оставшиеся были люди с повышенным АД. В 2019 году 51 % опрошенных составили люди с пониженным АД, 34 % были люди с повышенным давлением, а с нормальным давлением лишь 15 %. Юбилейный

район считается микрорайоном компактного проживания в Волжском районе города Саратова без развития производственных структур. Расположен в районе с хорошей экологией, вдали от промышленных предприятий, является типичным спальным районом.

Данные опросов людей из Октябрьского района даны лишь на 2018 год. В опросе приняли участие 100 человек. Из них людей с пониженным давлением (42 %) оказалось больше всех, а вот с нормальным давлением (22 %) меньше. В районе находятся промышленные предприятия, социальные и научные учреждения. Расположен в центральной части города. Крупные и средние промышленные предприятия района представляют машиностроение и металлообработку, топливную, пищевую, комбикормовую промышленности, транспорт.

Спальные районы характеризуются искусственностью, большим числом потребностей, непрерывно изменяющейся средой. Факторы жилой среды могут служить условиями развития заболеваний. Они не вызывают заболеваний, но могут способствовать их появлению. При несоблюдении санитарных норм и гигиены условий жизни, малом озеленении или внеплановом размещении различных элементов строительство могут возникнуть условия оказывающие вредное влияние на здоровье человека.

В 2018 году был проведен опрос проживающих в поселке Солнечный. В опросе приняло участие 50 человек из них 52 % были люди с нормальным давлением, 18 % с повышенным и 30 % составили люди с пониженным давлением. Поселок Солнечный - микрорайон компактного проживания в Ленинском районе, без развития производственных структур. Он расположен вдали от промышленных предприятий, известен хорошей торговой инфраструктурой, наличием рынков, магазинов, спортивным комплексом. Является типичным спальным районом.

Проанализировав каждый из 3 районов отдельно можно сделать вывод, что самым благоприятным для жизни является поселок Солнечный Ленинского р-на. Он является спальным районом и воздействие негативных факторов на его территории значительно меньше, чем в Юбилейном и Октябрьском районах, которые являются промышленными районами.

Список литературы

1. Кардио + URL: <https://medbur.ru/sosudy/kakoe-atmosfernoe-davlenie-luchshe-dlya-gipertonikov.html> (дата обращения 23.02.20)

**Ассоциативные микроорганизмы трофической цепи
конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum* L., 1753 –
каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986**

А. Б. А. И. Элжафори, Е. В. Глинская, А. С. Дымнич

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

Саратов, Россия

medelkafor96@gmail.com

Ключевые слова: ассоциативные микроорганизмы, трофическая цепь, каштановая минирующая моль, конский каштан обыкновенный, насекомые-вредители.

В настоящее время широко обсуждается проблема охраны городских насаждений от различных насекомых вредителей. Для европейской части России очень интересен вопрос, связанный с таким фитофагом, как каштановая минирующая моль из семейства Gracillariidae (Lepidoptera), гусеницы которой повреждают листья конского каштана обыкновенного из семейства Sapindaceae (Hippocastanaceae), причиняя тем самым значительный вред насаждениям [1-3].

В связи с этим, целью исследования являлось изучение микробной ассоциации трофической цепи: конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L., 1753) – гусеницы каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986).

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н. Г. Чернышевского с использованием стандартных микробиологических методов [4]. Пробы растений и гусениц были собраны в скверах г. Саратова доктором биологических наук, профессором кафедры морфологии и экологии животных биологического факультета СГУ В. В. Аникиным. За период исследования было изучено 3 поколения гусениц (июнь, август, октябрь). В ходе работы определяли видовой состав, индекс встречаемости (ИВ) и количественные показатели (КОЕ/г) ассоциативных микроорганизмов здоровых листьев конского каштана обыкновенного, гусениц каштановой минирующей моли, мин с гусеницами и без них. Обработку полученных данных проводили с помощью программы Статистика (Statistica версия 6.0). Проводился расчет основных вероятностных характеристик случайных величин: первого или нижнего квартиля (25 %), медианы (второго квартиля) для центрирования распределения и третьего или верхнего (75 %) квартиля. При проверке статистических гипотез критический уровень показателя достоверности p принимали равным 0,05. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$ [5].

В результате проведения исследований нами было выделено 13 видов микроорганизмов, которые были отнесены к бактериям родов *Bacillus* (*B. halodurans*, *B. megaterium*, *B. niacini*, *B. simplex* и *B. thuringiensis*), *Kurthia* (*K. gibsonii*, *K. zopfii*), *Xenorhabdus* (*X. luminescens*) и грибам *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternate*, *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. и *Penicillium* sp.

В течение периода исследований с июня по октябрь наблюдается рост общей микробной обсемененности объектов и значительное увеличение видового разнообразия (и или замещение видов). Если в июне из гусениц первого поколения, мин и здоровых листьев изолированы только виды бактерий рода *Bacillus* (*B. halodurans*, *B. megaterium*) и грибы: *Alternaria alternate*, *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., то уже в период второго поколения наблюдается изменение видового состава. В августе из материала были выделены микроорганизмы: *Bacillus thuringiensis*, *Xenorhabdus luminescens*, *Alternaria alternate* и *Fusarium* sp. Виды *Bacillus halodurans*, *Bacillus megaterium*, *Rhizopus* sp. и *Penicillium* sp. в августе обнаружены не были, как и в третьем поколении. В октябре из материала были изолированы микроорганизмы *Kurthia zopfii*, *Kurthia gibsonii*, *Bacillus niacini*, *B. simplex*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternate*, *Fusarium* sp.

Таким образом, впервые на территории Нижнего Поволжья проведено исследование микроорганизмов-ассоциантов трофической цепи конский каштан обыкновенный – каштановая минирующая моль, изолировано 8 видов бактерий и 5 видов грибов.

Список литературы

1. Аникин В. В. Массовое повреждение листьев конского каштана (*Aesculus hippocastanum*) охридским минером (*Cameraria ohridella*) на территории Пензы в 2019 году / В. В. Аникин, В. В. Золотухин, О. А. Полумордвинов // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2019 – Т. 17, № 4 – С. 235– 241.
2. Голосова М. А. Каштановый минер *Cameraria ohridella* - опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения / М. А. Голосова, Ю. И. Гниненко, Е. И. Голосова. – Москва: ВПРС МОББ, МГУЛ, ВНИИЛМ. – 2008 – 26 с.
3. Jagiello R. One step closer to understanding the ecology of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae): The effects of light conditions / R. Jagiello, E. Baraniak, M. Guzicka, P. Karolewski, A. Lukowski, M. J. Giertych // European J. Entomol. – 2019. – Vol. 116. – P. 42 – 51.
4. Дымнич А. С. Ассоциативные микроорганизмы обыкновенной злаковой тли (*Schizaphis graminum*), паразитирующей на растениях ржи / А. С. Дымнич, Е. В. Глинская // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – Саратов: Амирит, 2020. – Выпуск. 17. – С. 121 – 125.
5. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Статистика» и другим экономическим специальностям / А. А. Халафян. [3-е изд.]. – М.: Бинном, 2007. – 503 с.

К изучению сокоедок (Lepidoptera: Gracillariidae, *Phyllocnistis*) Европейской части Российской Федерации

Е. В. Якименко

Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова
Ульяновск, Россия
isa_min@mail.ru

Ключевые слова: Lepidoptera, Gracillariidae, *Phyllocnistis*, Российская Федерация, Поволжье, Ульяновская область, фаунистика.

Сокоедки (*Phyllocnistis* Zeller, 1848) – род минирующих микрочешуекрылых семейства Gracillariidae. Диагностика видов по имаго затруднена, но они хорошо отличаются биологически из-за монофагии или узкой олигофагии гусениц и характерных по форме и расположению мин: эпи- или субэпидермальных на молодом побеге, далее проходящих на листовой черешок и заканчивающихся на верхней или нижней поверхности листа. Минирующие разных сторон листа, вероятно, генетически запрограммировано на видовом уровне. Благодаря вовлечению в современные исследования не только генов COI мтДНК, но и более консервативных ядерных и рибосомальных генов [1] с недавнего времени некоторые таксоны (ранее синонимы или подвиды) рассматриваются в статусе самостоятельных видов.

На территории РФ отмечены 11 видов рода *Phyllocnistis* [2], в Поволжье – лишь 4 из них (*Ph. labyrinthella*, *Ph. saligna*, *Ph. extrematrix*, *Ph. unipunctella*), а на территории Ульяновской области – только первые два [3].

В 2020 г мною в черте города Ульяновска были собраны мины 5 видов сокоедок, среди которых 4 оказались новыми для Ульяновской области, три из них новыми для европейской России и 2 – новыми для Российской Федерации. Виды определены по кормовому растению и строению мин.

***Phyllocnistis unipunctella* Stephens, 1834**

Узкий олигофаг на тополях; гусеницы минируют молодые побеги и листовые пластинки *Populus nigra*, *P. balsamifera* и их гибридов. Гусеницы питаются непосредственно под эпидермальным слоем, образуя длинные, извилистые, прозрачные мины, которые похожи на следы улиток [4].

Распространение. Широко распространен по всей Европе. На территории РФ отмечается практически повсеместно [1]. Вид, новый для Ульяновской области.

Материал. Многочисленные повреждения листьев черного тополя в пойме реки Свияга у Госуниверситета и возле ТЦ Аквамолл, сентябрь 2020 (В. Золотухин).

***Phyllocnistis xenia* Hering, 1936**

Монофаг на тополе белом *Populus alba*. Верхнесторонние эпидермальные мины слабо видны, ход мины имеет прерывающийся вид.

Распространение. Встречается по всей Европе (от Испании до Великобритании и Балкан), где является обычным. Вид, новый для Российской Федерации.

Материал. Пустые серебристо-белые змеевидные субэпидермальные мины на верхней поверхности листьев тополя белого в парке Победы г. Ульяновска, 29 августа 2020 (С. Якунин); такие же мины, Винновская роща в западной части г. Ульяновска, начало сентября 2020 (Е. Якименко).

***Phyllocnistis asiatica* Martynova, 1955**

Узкий олигофаг на гладколистных ивах (*S. alba*, *S. fragilis*). Образует мину на нижней стороне листа под эпидермальным слоем, либо короткую мину на однолетнем побеге.

Описан в 1955 г. как подвид *Ph. saligna* (Zeller, 1839) из Казахстана (Алма-Ата) и Средней Азии (Бухара, Кара-Кала). Недавно доказана видовая самостоятельность этого таксона, выявлены его морфологические, бионимические и молекулярно-генетические отличия от *Ph. saligna* [5].

Распространение. Вид известен в Европе по находкам из Чехии, Словакии, Германии и Нидерландов. Исходно известен из Казахстана, Узбекистана и Туркменистана. Вид, новый для Российской Федерации.

Материал. Многочисленные змеевидные белёсые мины, начинающиеся на побеге и переходящие на нижнюю сторону листовой пластинки, на подросте ивы белой, г. Ульяновск, 15 сентября 2020 (Е. Якименко).

***Phyllocnistis valentinensis* Hering, 1936**

Узкий олигофаг на гладко- и опушеннолистных ивах (*Salix fragilis*, *S. alba*, *S. sepulcralis*, *S. triandra*). Мина только листовая субэпидермальная, **нижнесторонняя**, зеленовато-белая или зеленоватая, не серебристая, сливающаяся с фоном листа, с тонкой, едва заметной линией экскрементов [6].

Распространение. Болгария, Греция, Испания. В РФ предположительно отмечается в Средне-Уральском регионе [1]. Вид, новый для Европейской части России.

Материал. Мины с характерным светло-зеленым змеевидным ходом на **нижней** стороне листьев ивы белой, г. Ульяновск, 16 сентября 2020 (Е. Якименко).

К моменту сборов мины всех видов оказались пустыми, поскольку личиночное развитие в листьях занимает лишь несколько дней и вероятность обнаружения заселенных мин невысока. Но в 2021 году мы планируем провести сбор гусениц для выведения имаго и генетического баркодинга с целью подтверждения определения и поиска новых для области видов.

Список литературы

1. Lopez-Vaamonde C., Rasplus J.Y., Weiblen G.D., Cook J.M. Molecular phylogenies of Fig wasps: partial cladogenesis between pollinators and parasites // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2001. Vol. 21. P. 55-71.
 2. Барышникова С. В. Gracillariidae // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Ред. С. Ю. Синёв. Издание 2-е. Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН. 2019. С. 36-43
 3. Anikin V.V., Sachkov S.A., Zolotuhin V.V. Fauna lepidopterologica Volgo-Uralensis 150 years later: changes and additions. Part 8. Gracillarioidea (Insecta, Lepidoptera) // *Atalanta*. Vol. 35. N 1/2. Würzburg, 2004. P. 141-151.
 4. Jordan M.P., Langmaid J.R., Doorenweerd C. Morphological difference between upperside and underside leaf-mining larvae of *Phyllocnistis unipunctella* (Stephens, 1834) (Lep.: Gracillariidae) and its changing phenology // *The Entomologist's Record and Journal of Variation*. 2016. Vol. 128. P. 121-127.
 5. Liška J., Vávra J., Laštůvka A., Jaroš J., Šumpich J., Uříčář J., Bešta L., Marek J., Skyva J., Holomek J., Kula E., Bešta M., Elsner G., Vysoký V., Žemlička M., Černý J., Richter I., Gottwald A., Laštůvka Z., Jirgl T., Heřman P. Faunistic records from the Czech Republic – 441 // *Klapalekiana*. 2018. Vol. 54. P. 131-148.
- Мартьянова Е.Ф. Моли-минеры рода *Phyllocnistis* Z. (Lepidoptera, Phyllocnistidae) фауны СССР // *Энтомологическое обозрение*. 1955. Т. 34. С. 244-251

Алфавитный указатель авторов

- Абдуллаева С. Н. (стр. 16)
Абросимова О. В. (стр. 28, 158)
Авдеева Н. Г. (стр. 42)
Айдыралиева Ч. Б. (стр. 18)
Алескерова З. Н. (стр. 22)
Александров Я. В. (стр. 24)
Алсовэйти А. К. М. (стр. 144)
Аминова Е. Ю. (стр. 111)
Анашкин А. В. (стр. 150)
Аникин В. В. (стр. 91, 93, 105)
Анисимов Р. А. (стр. 26)
Апарина А. А. (стр. 28)
Багавова А. Р. (стр. 30)
Басалаева Д. Л. (стр. 32)
Блохина И. А. (стр. 57)
Богослов А. В. (стр. 34)
Браташов Д. Н. (стр. 93)
Величко Н. С. (стр. 30)
Верховский Р. А. (стр. 124)
Винник В. В. (стр. 36)
Владимирова А. А. (стр. 38)
Владиминова Н. С. (стр. 40)
Вольников В. Р. (стр. 42)
Воронин Д. В. (стр. 26)
Воронин М. Ю. (стр. 95)
Галицкая А. А. (стр. 16, 40, 136)
Глинская Е. В. (стр. 32, 44, 63, 81, 124, 160)
Гребенюк Л. В. (стр. 34, 50)
Гринев В. С. (стр. 55, 146)
Гулий О. И. (стр. 144)
Гунина В. В. (стр. 44)
Гусев Д. А. (стр. 46)
Гусева О. Ю. (стр. 48)
Гуслякова О. И. (стр. 26)
Дёмина П. А. (стр. 26)
Денисов А. А. (стр. 50)
Денисова Д. С. (стр. 52)
Держинский Е. А. (стр. 131)
Доливец Ю. П. (стр. 55)
Дубровская Е. В. (стр. 136)
Дуракова О. С. (стр. 42)
Дымнич А. С. (стр. 160)
Евстигнеева С. С. (стр. 32)
Евсюкова А. С. (стр. 57)
Ерзаева А. С. (стр. 150)
Ефимова Д. И. (стр. 59)
Зеленова Н. А. (стр. 61)
Зубова К. В. (стр. 44, 63)
Ибрахим И. М. (стр. 55, 85)
Кайбелева Э. И. (стр. 46)
Камнев А. А. (стр. 38, 75)
Каневский М. В. (стр. 40, 73, 85, 89)
Карлов А. В. (стр. 65)
Карпунина Л. В. (стр. 107)
Кашин А. С. (стр. 34, 71, 154)
Кенжегулов О. А. (стр. 75)
Кияшко В. В. (стр. 24)
Климова М. М. (стр. 57)
Коврижников А. В. (стр. 67)
Кондратьев Е. Н. (стр. 69)
Кондратьева А. О. (стр. 71)
Коннова С. А. (стр. 40, 55, 67, 85, 146)
Коротаева Н. Е. (стр. 127)
Корченова М. В. (стр. 119)
Кочелова И. С. (стр. 73)
Круглова А. П. (стр. 77)
Крючков С. Н. (стр. 79)
Курьяшина М. А. (стр. 67)
Кустов С. Ю. (стр. 113)
Лаврентьев М. В. (стр. 34, 50)
Левин А. А. (стр. 81)
Легкодимова З. И. (стр. 24)
Леонтьев И. С. (стр. 83)
Лисенков С. А. (стр. 97)
Ломова М. В. (стр. 26)
Лыкова Е. Ю. (стр. 140, 142)
Мамедова А. Т. К. (стр. 57)
Масликов В. П. (стр. 24)
Матевосян С. Г. (стр. 85)
Мельников Е. Ю. (стр. 87, 95)
Мельникова О. С. (стр. 87)
Менухов В. О. (стр. 89)
Миронова А. А. (стр. 91)
Мосолова Е. Ю. (стр. 95)
Муратова А. Ю. (стр. 61)
Назарова М. А. (стр. 52)
Нечаева О. В. (стр. 44, 63, 81, 124)
Никельшпарг М. И. (стр. 32, 93)
Никельшпарг Э. И. (стр. 93)
Никишина Е. С. (стр. 95)
Никонова И. Д. (стр. 52)
Никulina А. Р. (стр. 97)
Огнистая А. В. (стр. 99)
Опекунова М. Г. (стр. 97, 148)
Павлов А. Ф. (стр. 102)
Пархоменко А. С. (стр. 34, 50, 71, 154)
Перевозникова Т. В. (стр. 46)
Петерсон А. М. (стр. 129, 144, 156)
Плешакова Е. В. (стр. 61, 109)
Поверенный Н. М. (стр. 105)
Посенкова О. М. (стр. 158)
Проскураякова М. В. (стр. 107)
Растаева В. С. (стр. 109)
Реут А. А. (стр. 138)
Ржевский С. Г. (стр. 111)
Родионова Г. Н. (стр. 102)
Родионова Е. Ю. (стр. 113)
Рустамли А. Б. (стр. 115)
Сажнев А. С. (стр. 91, 113)
Салем С. Ф. И. (стр. 119)
Самохвалова Ю. И. (стр. 42)
Светлакова А. В. (стр. 122)
Селиванов Н. Ю. (стр. 16)
Семьякина-Глушковская О. В. (стр. 57)
Сигида Е. Н. (стр. 85, 146)
Сильникова Г. В. (стр. 24)
Сильникова А. В. (стр. 117)
Стародубцева Л. М. (стр. 111)
Стебелев И. О. (стр. 124)
Степанов С. А. (стр. 22)
Стукова Е. В. (стр. 127)
Султанова О. О. (стр. 129)
Татун Е. В. (стр. 131)
Татьянина Е. О. (стр. 134)
Терекс А. В. (стр. 57)
Тертышник Е. А. (стр. 136)
Торграшкова О. Н. (стр. 59, 134)
Тугарова А. В. (стр. 38, 75)
Тучин В. В. (стр. 119)
Тучина Е. С. (стр. 36, 119, 122)
Узьянбаева Л. Х. (стр. 138)
Ульянов А. Ю. (стр. 42)
Учаева Е. С. (стр. 140)
Федова Ю. А. (стр. 142)
Федоненко Ю. П. (стр. 30, 55, 85, 146)
Фомин А. С. (стр. 117)
Ханадеев В. А. (стр. 117)
Хатафев Э. Б. (стр. 65)
Хлебцов Н. Г. (стр. 117)
Хомякова А. А. (стр. 144)
Хороводов А. П. (стр. 57)
Худавердиева С. Р. (стр. 115)
Худайбергенова Б. М. (стр. 18)
Цирулева Я. А. (стр. 81)
Черных М. В. (стр. 146)
Чернышова А. В. (стр. 148)
Чернышова И. Е. (стр. 150)
Чугреев М. Ю. (стр. 152)
Шилова И. В. (стр. 154)
Шульгина Т. А. (стр. 44, 63, 124)
Шушунов В. А. (стр. 154)
Шушунова Н. А. (стр. 26)
Шырова А. А. (стр. 156)
Шырбакова О. В. (стр. 158)
Элкафори А. Б. А. И. (стр. 160)
Юдакова О. И. (стр. 10, 65)
Якименко Е. В. (стр. 79, 162)

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
В БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**

Сборник научных статей по материалам
II Международной и XIII Региональной научной конференции
«Исследования молодых ученых в биологии и экологии»,
посвящённой 90-летию биологического факультета
Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Оригинал-макет подготовлен Е. С. Тучиной, Е. В. Глинской
Печатается в авторской редакции

ISBN 978-5-00140-757-7



Подписано в печать 09.04.2021. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 9.59.

Тираж 100. Заказ 1403-21.

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