

Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени
Н.Г. Чернышевского
Биологический факультет



14–18 апреля 2025 г.

VI Международная научная конференция

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского»

Биологический факультет

Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2025

Сборник научных статей

Электронное издание сетевого распространения

Саратов
2025

УДК 57(082)
ББК 28я43
И 88

ISBN 978-5-6051958-9-4

Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2025: сборник научных статей / под ред. О.И. Юдаковой. [Электронное издание сетевого распространения]. – Саратов : СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2025. – 163 с.

В сборнике представлены материалы VI Международной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии», проходившей 14–18 апреля 2025 года. В нем представлены обобщающие материалы научных исследований, проводимых студентами, аспирантами и научными сотрудниками на современном этапе. Рассмотрены проблемы биологии и экологии микроорганизмов, растений и животных, методики преподавания биологии и экологии.

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

Рецензенты:

Л. А. Эльконин, профессор, доктор биологических наук, заведующий отделом биотехнологии Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»

О. В. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой растениеводства, селекции и генетики ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Редакционная коллегия:

В. В. Аникин, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой морфологии и экологии животных СГУ имени Н.Г. Чернышевского; **В. А. Болдырев**, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой ботаники и экологии СГУ имени Н.Г. Чернышевского; **С. А. Коннова**, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой биохимии и биофизики СГУ имени Н.Г. Чернышевского; **О. В. Семячкина-Глушкова**, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных СГУ имени Н.Г. Чернышевского; **С. А. Степанов**, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н.Г. Чернышевского; **Д.В. Уткин**, доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н.Г. Чернышевского; **О. И. Юдакова**, профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой генетики СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

УДК 57(082)
ББК 28я43
И 88

ISBN 978-5-6051958-9-4

© СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2025
© Коллектив авторов, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Абраменко, О. О. Бабичева, Т. Ф. Тарасова, Л. В. Карпунина</i> Определение влияния полисахарида шампиньона двуспорового на устойчивость растений к токсическому воздействию нефтезагрязнений	9
<i>А. А. Абрамова, М. В. Верещагин, В. Д. Креславский, П. П. Паиковский</i> Роль компонентов сигнального пути (HY5, SPA, VEC1,2) и рецепторов синего света (CRY) в адаптации растений <i>Arabidopsis thaliana</i> к повышенным дозам УФ-В излучения	11
<i>С. Ф. Ахмеджанова, А. А. Реут</i> Жизнеспособность пыльцевых зерен представителей семейства <i>Amaryllidaceae</i>	12
<i>А. А. Ащеулова</i> Мицетобионтные жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) плодовых тел <i>Trichaptum bifforme</i> (Fungi: Basidiomycota) на территории Саратовской области	14
<i>О. О. Бабичева, А. А. Аббясева, Л. В. Карпунина</i> Влияние полисахаридов базидиомицетов на рост бактерий	17
<i>Г. Базаркулова, Н. Иманбердиева</i> Особенности произрастания декоративного сорта лотоса в лабораторных условиях	18
<i>Ж. Бактыбек кызы, Н. Иманбердиева</i> Создание плантаций облепихи в долине Нарын (Кыргызстан)	20
<i>Ю. С. Барабанова, Е. Ю. Лыкова</i> Особенности вариабельности ритма сердца студентов	23
<i>Д. Л. Басалаева, А. А. Осмоловский, А. А. Богомолова, А. В. Коваль</i> Протеолитические ферменты энтомопатогенного микромицета <i>Akanthomyces</i> cf. <i>aculeatus</i> – получение, спектр активности и характеристики	25
<i>Е. А. Баталова</i> Особенности прорастания семян инвазионного вида <i>Solidago canadensis</i> L.	27
<i>А. С. Вахнина, Е. В. Глинская</i> Количественные показатели и индексы встречаемости микроорганизмов, изолированных из растений ячменя, произрастающих в Саратовской области	29
<i>Г. Н. Гиненко, Е. А. Глазкова, А. В. Комиссаров, М. В. Овчинникова, О. А. Любовикова, С. А. Бадарин, Д. Н. Бибииков, Н. В. Синицына, А. К. Никифоров</i> Влияние времени замораживания на качество лиофилизатов диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов	31
<i>Е. А. Глазкова, К. С. Гумаюнова, А. В. Комиссаров, М. В. Овчинникова, Г. Н. Гиненко, С. А. Бадарин, Д. Н. Бибииков, Н. В. Синицына, В. Д. Чубуков</i> Новая среда высушивания для лиофилизации маточных культур бактериофагов	32
<i>Е. А. Глазкова, Г. Н. Гиненко, А. В. Комиссаров, С. А. Бадарин, Д. Н. Бибииков, Н. В. Синицына</i> Тепловые характеристики холерогена-анатоксина как фактор их успешной лиофилизации	34
<i>Е. А. Грачёва, Д. А. Фролов</i> Биоморфы флоры бассейна реки Свяги (по системе И. Г. Серебрякова)	36

<i>Е. А. Грачёва, Д. А. Фролов</i> Биоморфы флоры бассейна реки Свияги (по системе К. Раункиера)	38
<i>Н. Н. Гусейнова, Я. И. Белоусов, Е. Е. Труфанова, О. Н. Торгашкова</i> Специализация семенных растений некоторых лесных сообществ для формирования банков семян	40
<i>Н. А. Гылыджов</i> Особенности строения семян и способы их распространения у некоторых растений- паразитов	42
<i>К. Ю. Варюхина, Е. В. Плешакова</i> Изучение экологической взаимосвязи марганецокисляющих микроорганизмов	44
<i>Р. Д. Вырицков, С. А. Староверов, Л. А. Дыкман</i> Влияние бруцеллина, конъюгированного с наночастицами золота, на выработку опсонизирующих антител	46
<i>Д. Е. Гаранина</i> Исследование фитотоксичности роккала и хлорамина Б в дистиллированной воде методом биотестирования	48
<i>Р. Д. Вырицков, О. И. Гулий, Б. Д. Зайцев, И. А. Бородина, С. А. Староверов, А. В. Федорова, К. К. Фурсова, Ф. А. Бровко, Л. А. Дыкман</i> Фаговые антитела и акустическая сенсорная система для индикации белков теплового шока	50
<i>В. Н. Данильцева, Е. И. Саранцева, О. В. Семячкина-Глушковская</i> Технология лимфатической доставки липосом в ткани мозга при глиоме у мышей.....	51
<i>А. Д. Демьшева, Е. В. Плешакова</i> Особенности влияния растворов полифосфата аммония на водные тест-организмы.....	52
<i>О. Ю. Донских</i> К фауне прямокрылых (Insecta, Orthoptera) семейств Настоящие кузнечики (Tettigoniidae) и Саранчовые (Acrididae) национального парка «Хвалынский».....	54
<i>И. В. Елизарова, И. А. Блохина, О. В. Семячкина-Глушковская</i> Фотостимуляция во сне лимфатического выведения бета-амилоида из мозга старых мышей.....	57
<i>В. С. Епифанов, А. О. Кондратьева, И. В. Шилова</i> Пространственное распределение особей в популяциях <i>Colchicum sensu lato</i> Европейской России.....	58
<i>А. В. Ерофеева, А. Ш. Бареева, И. Ю. Липова, Д. М. Гапизова</i> Влияние ризосферных микроорганизмов на прорастание семян горчицы желтой.....	60
<i>С. Ф. Ефименко, А. С. Пархоменко, А. С. Кашин</i> Сравнительный анализ кариотипов представителей рода <i>Chondrilla</i> по рисунку DAPI- окрашивания	62
<i>С. С. Жданова, И. В. Волохина, Л. П. Петрова, Ю. А. Филипьева, А. В. Шелудько</i> Сайт-направленный мутагенез гена <i>fliD</i> бактерий рода <i>Azospirillum</i>	65
<i>В. Д. Жукова, А. О. Кондратьева</i> Молекулярно-генетический полиморфизм <i>Colchicum bulbocodium</i> Ker Gawl. на уровне пластидной ДНК.....	67

<i>А. А. Зубехина, В. В. Коробко</i> Восприимчивость некоторых интрогрессивных линий мягкой пшеницы к солевому стрессу	69
<i>А. А. Иванова, О. В. Синкевич</i> Сравнение методов изготовления микропрепаратов щитовок цитрусовых культур для их дальнейшей идентификации	71
<i>А. С. Иванова</i> Особенности флоры ООПТ «Болото Железное» Волжского района республики Марий Эл	73
<i>Я. А. Иманова, И.Е. Дубовик</i> Таксономический и экологический состав эпифитных цианопрокариот и водорослей мхов г. Уфа и его окрестностей	75
<i>А. Канназарова, Н. Иманбердиева</i> Этноботанические знания кыргызов	76
<i>О. А. Караваева, Е. С. Козлов, С. А. Староверов, О. И. Гулий</i> Фаговые антитела для определения гентамицина	78
<i>Ю. И. Каркавин, К. С. Юрченко, Л. С. Адаменко, А. В. Глущенко, А. М. Шестопалов</i> Онколитическая активность штамма вируса болезни Ньюкасла NDV/Altai/pigeon/777/2010 на экспериментальной модели солидной карциномы Льюиса	80
<i>А. В. Карпулянская, А. М. Петерсон</i> Сезонная динамика качественных и количественных характеристик микробиома растений баклажана (<i>Solanum melongena</i> L., 1753), выращиваемых в условиях Саратовской области.....	81
<i>А. Д. Колабухова, Т. Д. Искра, О.В. Семячкина-Глушковская</i> Моделирование контузионных травм центральной нервной системы как метод биомедицинских исследований	84
<i>А. В. Конев</i> Рецепторы горького вкуса: биологические механизмы в патогенезе бронхиальной обструкции	85
<i>А. Д. Коробкин</i> Сравнительная характеристика биоконверсии лактозы в этанол двумя промышленными штаммами <i>Kluveromyces lactis</i> : контроль условий в биореакторе	86
<i>П. Э. Кочерова, Г. Ф. Сулейманова</i> Фиторазнообразие экологических троп Национального парка «Хвалынский».....	88
<i>М. С. Кузина, Е. Н. Сигида, М. С. Кокоулин, В. С. Гринев, С. А. Коннова, Ю. П. Федоненко</i> Структурные и функциональные особенности поверхностных биополимеров <i>Halomonas fontilapidosi</i> KR25	91
<i>Д. М. Кузьмина, В. Н. Ильина, А. А. Бондарь</i> Об особенностях биоты памятника природы регионального значения «Родник Девятая пятница» (Хворостянский район Самарской области).....	93

<i>М. А. Кулагин, А. В. Казанцев, М. Д. Клокова, К. Д. Блинова, Д. А. Пахарева, Е. В. Казорина, Е. В. Найденова</i>	
Выявление специфических антител класса IgG к возбудителям природно-очаговых инфекций, передающихся клещами, в сыворотках крови жителей Саратовской области в 2024 г.	95
<i>Ю. И. Кулисёва, А. О. Кондратьева, И. В. Шилова</i>	
Потенциальный ареал <i>Calophaca wolgarica</i> L. и прогностическая оценка его трансформации в XXI в.	96
<i>А. А. Лебедева, Е. И. Филинова</i>	
Пространственное распределение <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771) в средней зоне Волгоградского водохранилища.....	98
<i>Н. Н. Липатов, Ю. П. Федоненко</i>	
Структурно-функциональная характеристика экстраклеточного полимера, продуцируемого <i>Vacillus</i> sp. B221	100
<i>Е. И. Машков, В. П. Бычков, В. В. Шакур</i>	
Научное обоснование увеличения ресурсов благородного оленя в Беларуси	103
<i>М. В. Мирошникова, И. А. Бубнов</i>	
Экологическое моделирование устойчивости почвенного микробиома при различных повреждающих воздействиях	105
<i>Д. А. Мягков, Д. В. Туктаров, И. В. Федосов, О. В. Семячкина-Глушковская</i>	
Система для оперантного обусловливания для оценки эффективности лечения болезни Альцгеймера у мышей	106
<i>И. А. Новак, А. М. Петерсон, А. В. Карпулянская, К. Р. Теккозян</i>	
Распространение микромицетов на сельскохозяйственных культурах семейства пасленовые в Саратовской области.....	107
<i>Д. В. Новиков, И. А. Крищук</i>	
Использование методик изучения летяги обыкновенной (<i>Pteromys volans</i>) в условиях фрагментированных лесов Беларуси.....	109
<i>К. С. Павленко, М. В. Скапцов, А. С. Пархоменко, А. С. Кашин</i>	
Исследование содержания ДНК двух видов рода <i>Globularia</i> методом проточной цитометрии.....	111
<i>Д. А. Пахарева, А. В. Казанцев, М. А. Кулагин, М. Д. Клокова, Е. В. Казорина</i>	
Изучение иммунной прослойки населения отдельных районов Саратовской области к вирусам Бханджа, Синдбис, Калифорнийской серогруппы в 2024 году	113
<i>Д. А. Поливанов, Д. В. Уткин, Н. Е. Щербакова</i>	
Роль насекомых-опылителей в формировании эндофитномикробиома душицы обыкновенной <i>Origanum vulgare</i> L.....	115
<i>Е. Д. Полякова, А. А. Красноштанова</i>	
Подбор протоспейсеров с использованием биоинформатических методов	117
<i>А. М. Потехина, К. Р. Кушаева</i>	
Мониторинг редких видов сосудистых растений весной 2024 г. в Южном районе Ивановской области	119

<i>Н. Д. Пуляшкина, В. Н. Ильина, Н. Д. Котельникова, Е. С. Рогова</i> О находках редких видов растений и животных в с. Екатериновка (Безенчукский район Самарской области) в рамках проектов гражданского научного волонтерства	121
<i>А. Сарыгулова, А. Мурзакамилова, Н. Иманбердиева</i> Экологическое состояние атмосферного воздуха города Бишкек (Кыргызстан).....	123
<i>Т. В. Севастьянова, В. В. Соловьева</i> Флора реки Каралык (Самарская область)	125
<i>Е. А. Слесарева, Е. Ю. Мельников, Д. С. Смолякова, Н. В. Поликарпова</i> Стадии постювенальной и послебрачной линьки у камышовый овсянки <i>Schoeniclus schoeniclus</i> и пеночки-веснички <i>Phylloscopus trochilus</i> на острове Варлама (Мурманская область)	127
<i>А. В. Симоненко, Д. В. Манушина, М. А. Маринина, Ю. П. Федоненко, В. А. Ханадеев</i> Термочувствительная система доставки лекарств на основе золотых наностержней, покрытых полый оболочкой из диоксида кремния	129
<i>Д. С. Смолякова, Е. Ю. Мельников, Е. А. Слесарева, Н. В. Поликарпова</i> Итоги исследований осеннего пролёта птиц семейства дроздовые (Turdidae) в долине реки Паз на территории заповедника «Пасвик».....	131
<i>В. В. Табачишин, М. В. Ермохин, В. Г. Табачишин</i> Фенология нерестовых миграций бесхвостых амфибий в долине среднего течения р. Медведица (Саратовская область) в 2021–2024 гг.....	133
<i>А. Р. Тагиров</i> Лесные культуры и естественное возобновление сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) на отвалах Кумертауского буроугольного разреза	135
<i>В. В. Такашвили, О. Н. Торгашкова</i> Фитотоксичность воды некоторых участков реки Курдюм.....	137
<i>К. Р. Теккозян, А. М. Петерсон</i> Микробиота растений перца (<i>Capsicum annuum</i> L., 1753), выращенных в условиях Саратовской области.....	139
<i>Е. В. Трофименцева, С. В. Смирнова, С. К. Абилев</i> Влияние спермидина на индуцированное генотоксикантами повреждение ДНК и окислительный стресс в клетках <i>Escherichia coli</i>	141
<i>М. А. Тужилкин, И. А. Блохина, О. В. Семякина-Глушковская</i> Метод для мониторинга активности мозга в реальном времени у свободно движущихся мышей во время бодрствования и естественного сна	143
<i>А. Ханыева, Ю. А. Костикова, В. В. Коробко</i> Влияние осмотического стресса на рост корневой системы проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы	144
<i>М. Н. Чиркина, С. А. Коннова, Ю. П. Федоненко</i> Выявление активности бактерий <i>Bacillus subtilis</i> EGP5QL12 в деколоризации азокрасителя кислотный хром темно-синий.....	146
<i>Т. С. Чичиль, А. Н. Ершова</i> Влияние фитогормона 24-эпибрассинолида на содержание гамк свободных белковых аминокислот растений гороха при разных способах обработки	148

<i>Д. А. Чичнева, Е. Ю. Мосолова</i> Фаунистическое разнообразие позвоночных на экологических тропах в национальном парке «Хвалынский» (Саратовская область).....	150
<i>И. А. Чупракова, К. В. Зубова</i> Патогенетический потенциал бактерий рода <i>Chryseobacterium</i>	152
<i>О. А. Шамина, О. С. Дуракова, Н. И. Белякова, О. А. Волох</i> Совершенствование методов контроля безопасности холерной бивалентной химической вакцины	153
<i>Н. В. Шаркова, О. О. Бабичева, Л. В. Карпунина</i> Изучение влияния полисахаридов базидиомицетов на всхожесть и энергию прорастания семян огурца обыкновенного	155
<i>А. А. Шьюрова, Г. А. Жукова, С. В. Ляцева, Л. В. Карпунина</i> Влияние экзополисахарида <i>Xanthomonas campestris</i> на рост и развитие проростков пшеницы альтернативного типа развития	157
<i>Е. В. Щербакова, Н. Н. Позднякова, А. Ю. Муратова</i> Лакказы гриба <i>Schizophyllum commune</i>	158
<i>А. В. Якунина, Т. Д. Искра, О.В. Семячкина-Глушковская</i> Фототерапия нервной системы новорожденных крыс с внутрижелудочковой геморрагией	161

Определение влияния полисахарида шампиньона двуспорового на устойчивость растений к токсическому воздействию нефтезагрязнений

И. М. Абраменко, О. О. Бабичева, Т. Ф. Тарасова, Л. В. Карпунина

Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия
ilya-abramenko@list.ru

Ключевые слова: *Agaricus bisporus*, *Lolium multiflorum*, полисахариды, нефтезагрязнение.

Базидиальные грибы – потенциальный источник биологически активных веществ. Установлено, что биопрепараты, содержащие в своем составе полисахариды (ПС), увеличивают всхожесть и энергию роста растений. Обработка растений такими препаратами, в особенности на ранних стадиях развития, способствует повышению их устойчивости к стрессам и фитопатогенным организмам [1–4]. Однако сведения немногочисленны, поэтому изыскание новых источников ПС и расширение возможностей их практического применения является актуальной задачей.

Целью работы явилось изучение влияния ПС шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus* 533) на устойчивость растений к токсическому воздействию нефтезагрязнений.

Объектом исследований явились ПС базидиомицетов *Agaricus bisporus* 533 и семена райграса многоукосного (*Lolium multiflorum* Lam.). Для исследования влияния ПС шампиньона двуспорового на всхожесть и энергию прорастания семян райграса многоукосного в условиях нефтезагрязнения в качестве загрязнителей использовали: моторное масло Sintec, бензин марки АИ–92, дизельное топливо, в концентрациях 5%. Опытные образцы семян райграса многоукосного в количестве 25 штук были обработаны раствором ПС в концентрации 0,06% и помещены на фильтровальную бумагу, смоченную 4 мл раствора загрязнителя. Контролем являлись семена в количестве 25 штук, не обработанные ПС, помещённые на фильтровальную бумагу, смоченную 4 мл раствора загрязнителя. Эксперимент проводили в 5 повторностях. По количеству проросших семян определяли их всхожесть и энергию прорастания на 4 и 8 сутки, в соответствии с ГОСТ 32592-2013 [5]. Изучение влияния ПС на энергию прорастания семян райграса многоукосного в условиях загрязнения нефтепродуктами определяли в процентах по формуле:

$$B = \frac{a}{b} \times 100\%, \text{ где}$$

B – энергия прорастания в %,

a – число проросших семян,

b – общее число семян, взятых для опыта.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, используя параметрический t -критерия Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0.05$), с помощью методов параметрического и непараметрического анализа с применением пакетов прикладных программ «Statistica 8.0 for Windows» (StatSoft-Russia) и Microsoft Office Excel [6].

Исследование влияния ПС базидиального гриба *A. bisporus* 533 на всхожесть семян райграса многоукосного в условиях загрязнения нефтепродуктами показало, что при загрязнении бензином (АИ–92) на 4-е сутки всхожесть увеличилась в 1,2 раза по сравнению с контрольными значениями. На 8-е сутки всхожесть увеличилась в 1,4 раза (см. таблицу).

При загрязнении семян раствором дизельного топлива на 4-е сутки всхожесть превышала контрольные значения в 2,7 раза, а на 8-е сутки – в 2,5 раза. В случаях

загрязнения моторным маслом отмечено увеличение всхожести на 4-е сутки в 3,0 раза, на 8-е же сутки – в 2,3 раза по сравнению с контролем.

Таблица – Определение всхожести и энергии прорастания семян райграса, выращенных в различных растворах с применением полисахарида *A. bisporus* 533

Используемые растворы	Время, сут.	Всхожесть			Энергия прорастания, %		
		опыт	контроль	p	опыт	контроль	p
		M ± m			M ± m		
Бензин АИ–92	4	15.0±0.7	12.0±2.1	p>0.05	58.0±2.7	48,0±8.6	p>0.05
	8	20.0±0.6	14.0±2.4	p<0.05	80.0±2.5	54.0±7.3	p<0.02
Дизельное топливо	4	8.0±2.2	3.0±0.6	p<0.05	31.0±9.0	10.0±2.1	p<0.05
	8	10.0±2.2	4.0±0.7	p<0.05	42.0±8.8	16.0±2.7	p<0.02
Моторное масло	4	18.0±0.6	6.0±0,.	p<0.001	70.0±2.4	25.0±2.3	p<0.001
	8	21.0±0.2	9.0±1.4	p<0.001	83.0±0.8	60.0±4.2	p<0.001

Изучение влияния ПС *A. bisporus* 533 на энергию прорастания показало, что при загрязнении семян раствором АИ–92 на 4-е сутки энергия прорастания у опытных образцов была выше в 1,2 раза, а на 8-е сутки – в 1,5 раза. В условиях загрязнения дизельным топливом энергия прорастания у опытных образцов отличалась от контроля в 3,0 раза на 4-е сутки и в 2,6 раз на 8-е сутки. При использовании ПС в условиях загрязнения моторным маслом было отмечено увеличение энергии прорастания семян на 4-е сутки в 2,8 раз, а на 8-е сутки – в 1,4 раза по сравнению с контролем.

Таким образом было показано, что ПС шампиньона двуспорового (*A. bisporus* 533) способны оказывать положительное влияние на всхожесть и энергию прорастания семян райграса многоукосного в условиях загрязнения бензином (АИ–92), дизельным топливом и моторным маслом (Sintec). Установлено, что всхожесть семян райграса многоукосного при их обработке ПС *A. bisporus* 533 в условиях загрязнения моторным маслом, дизельным топливом и бензином на 8 сутки превышала контрольные значения в 2,3, 2,5 и 1,4 раза, соответственно, а энергия прорастания в опыте была больше контрольных значений в 1,4, 2,6 и 1,5 раза, соответственно.

Список литературы

1. Елькина, Е.А. Влияние растительных полисахаридов на скорость прорастания семян *Lycopersicon esculentum* М. и *Cucumis sativus* L. / Е.А. Елькина, А.А. Шубаков, Ю.С. Оводов // Химия растительного сырья. 2002. № 2. С. 105–109.
2. Ибрагимова, С.А. Использование микробных полисахаридов для обработки семян / С.А. Ибрагимова, М.М. Фомкина // Огарёв-Online. 2016. №. 24, Т. 8. С. 9.
3. Мусабаева, Б.Х. Влияние природных полисахаридов и их производных на всхожесть семян растений / Б.Х. Мусабаева, М.С.Сулейменова, Б.М. Силыбаева // Вестник Alikhan Bokeikhan University. 2021. Т. 49, №. 1. С. 181–187.
4. Биологически активные соединения лекарственных базидиомицетов и перспективы их использования в Узбекистане / И.М. Мустафаев [и др.] / Universum: химия и биология. 2023. № 12-1, Т. 114. С. 37–44.
5. ГОСТ 32592-2013. Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия // URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57229/>
6. Воробьев, В.Я. Теория и эксперимент / В.Я. Воробьев, А.И. Елсуков. Минск: Высшая школа, 1989. 109 с.

Роль компонентов сигнального пути (HY5, SPA, BIC1,2) и рецепторов синего света (CRY) в адаптации растений *Arabidopsis thaliana* к повышенным дозам УФ-В излучения

А. А. Абрамова¹, М. В. Верещагин¹, В. Д. Креславский², П. П. Пашковский¹

¹Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

²Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, МО, Россия
ann.kiedis2000@gmail.com

Ключевые слова: УФ-В излучение, *Arabidopsis thaliana*, фотоморфогенез, устойчивость к стрессу.

Ультрафиолетовое излучение спектра В (УФ-В, 280–320 нм) играет двойственную роль в физиологии растений. С одной стороны, оно является стрессовым фактором, вызывая окислительный стресс и повреждение ДНК, а с другой — важным регуляторным элементом, влияющим на развитие растений, вторичный метаболизм и защитные механизмы [1]. В последние годы УФ-В все чаще используется в биотехнологии, например, для стимуляции синтеза биологически активных соединений, таких как флавоноиды и антоцианы, обладающих антиоксидантными и антибактериальными свойствами [2]. Однако механизмы передачи сигналов, лежащие в основе адаптации растений к УФ-В, изучены недостаточно полно, особенно в контексте взаимодействия различных сигнальных путей [3].

Целью данного исследования было изучение роли ключевых регуляторных белков *ELONGATED HYPOCOTYL 5 (HY5)*, *SUPPRESSOR OF PHYA-105 (SPA)* и *BLUE LIGHT INHIBITOR OF CRYPTOCHROMES 1,2 (BIC1,2)* в механизмах адаптации *Arabidopsis thaliana* к УФ-В-стрессу. Гипотеза заключалась в том, что эти белки координируют фотозащитные механизмы, регулируя фотосинтетическую активность, устьичную проводимость и биосинтез флавоноидов через сигнальный путь *UV RESISTANCE LOCUS 8 (UVR8)* и взаимодействие с криптохромами [3].

HY5 является основным транскрипционным регулятором, активируемым *UVR8* в ответ на УФ-В излучение. Он индуцирует экспрессию генов биосинтеза флавоноидов, таких как *CHALCONE SYNTHASE (CHS)*, которые способствуют поглощению УФ-В и защите клеток. Кроме того, *HY5* регулирует работу фотосистемы II, влияя на коэффициенты квантового выхода фотосинтеза ($\Phi(II)$, F_v/F_m) и обеспечивая баланс между поглощением и рассеиванием избыточной световой энергии. *SPA* стабилизирует *HY5*, предотвращая его деградацию через взаимодействие с E3-убиквитинлигазным комплексом *COP1*. Это поддерживает активацию фотозащитных механизмов, что приводит к накоплению антиоксидантов и флавоноидов, снижая окислительный стресс.

BIC1,2 играют ключевую роль во взаимодействии *UVR8* с криптохромами, что позволяет тонко регулировать световую сигнализацию и адаптивные реакции растений. Исследования на нокаут-мутантах *bic1,2* показали, что нарушение взаимодействия между *UVR8* и криптохромами приводит к гиперактивации *UVR8*-зависимых путей. В условиях повышенного УФ-В это вызывает усиленную экспрессию генов антиоксидантной защиты, таких как *APX* и *GPX*, а также увеличение биосинтеза флавоноидов. Эти изменения сопровождаются повышением нефотохимического тушения флуоресценции (NPQ), что предотвращает повреждение фотосистемы II (PSII). В то же время у мутантов *hy5* наблюдается резкое снижение фотосинтетической активности и недостаточная активация NPQ, что повышает их чувствительность к УФ-В-стрессу. У *sra*-мутантов, несмотря на повышение уровня флавоноидов, наблюдается нарушение водного обмена, что ухудшает адаптацию к стрессовым условиям.

Взаимосвязь между *UVR8*, *HY5*, *SPA* и *BIC1,2* определяет баланс между активацией фотопротекторных механизмов и необходимостью поддержания оптимального фотосинтеза. Практическое применение полученных данных может включать разработку стратегий генетической модификации сельскохозяйственных культур с целью повышения их устойчивости к УФ-В-стрессу, что позволит адаптировать растения к изменяющимся климатическим условиям и повысить их продуктивность.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-14-00266).

Список литературы

1. Interaction of COP1 and UVR8 regulates UV-B-induced photomorphogenesis and stress acclimation in *Arabidopsis* / J.J. Favory [et al.] // *The EMBO Journal*. 2009. Vol. 28, № 5. P. 591–601.
2. Jenkins, G.I. The UV-B photoreceptor UVR8: from structure to physiology / G.I. Jenkins // *The Plant Cell*. 2014. Vol. 26, № 1. P. 21–37.
3. Hideg, É. UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates? / É.Hideg, M.A.K. Jansen, Å. Strid // *Trends in Plant Science*. 2013. Vol. 18, № 2. P. 107–115.

УДК 581.33

Жизнеспособность пыльцевых зерен представителей семейства *Amaryllidaceae*

С. Ф. Ахмеджанова, А. А. Реут

Южно-Уральский ботанический сад-институт, Уфа, Республика Башкортостан, Россия
cvetok.79@mail.ru

Ключевые слова: *Hippeastrum hybrida*, сорт, пыльцевое зерно, жизнеспособность.

Гиппеаструм гибридный – одна из наиболее перспективных культур для расширения ассортимента цветочной продукции и снабжения ею населения, особенно в зимний и ранневесенний период. В России гиппеаструм приобретает все большую популярность, и спрос на него возрастает благодаря крупным, разнообразным по окраске цветкам, продолжительному периоду цветения в горшечной культуре и длительной сохранности декоративных качеств в срезке. Сроки цветения легко регулировать периодом относительного покоя без специальной термической обработки луковиц [1]. Научными сотрудниками лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН с 2001 г. ведется селекционная работа по получению новых сортов и гибридов гиппеаструма [2]. В настоящее время создано 16 новых сортов этого растения.

Цель работы – определение жизнеспособности пыльцевых зерен сортов *Hippeastrum hybrida* Hort. в условиях Башкирского Предуралья.

Объектами исследования стали сорта гиппеаструма иностранной селекции: ‘Bogota’ (автор: Verbee Beheer V.V., 2003) и отечественной селекции: ‘Акбузат’, ‘Великий Моцарт’, ‘Галина Шипаева’, ‘Инна’, ‘Кармен’, ‘Пионер’, ‘Румяные Щечки’, ‘Шульган-Таш’ (авторы: Миронова Л.Н., Шипаева Г.В., 2008-2009), ‘Крылья Заката’, ‘Рафкат’ (авторы: Миронова Л.Н., Шигапов З.Х., 2017).

Научные исследования проводили в весенний период по методике И.Н. Голубинского [3]. На крышку и дно стерильных чашек Петри выкладывали фильтровальную бумагу и увлажняли дистиллированной водой. С наступлением раскрытия цветка собирали тычиночные нити с пыльцой. На предметные стекла добавляли пару капель сахарозы различных концентраций (5, 10, 15, 20 и 25%).

Аккуратно прикладывали пыльники с помощью тычиночной нити на раствор, для густого и равномерного распределения пыльцевых зерен. Сверху накрывали покровным стеклом. Контролем служило проращивание пыльцевых зерен в капле дистиллированной воды без добавления сахарозы. Опыт проводили при температуре 22–24°C. Результаты проращивания регистрировали спустя 24 часа. При подсчете данных учитывали пыльцевые зерна, у которых пыльцевая трубка превышала размер пыльцы. Микрофотосъемку проводили на микроскопе Микмед 1 в пяти полях зрения с использованием цифрового фотоаппарата.

Результаты исследования жизнеспособности пыльцы (см. таблицу) показали, что на среде с дистиллированной водой пыльца проросла у 50% сортов гиппеаструма. Наибольшее количество проросших зерен зафиксировано у сорта ‘Vogota’ (20,9%), наименьшее у сортов ‘Шульган-Таш’ и ‘Кармен’ (1,0–1,2%). На среде с 5% концентрацией сахарозы пыльца проросла у шести сортов гиппеаструма, причем наибольшая жизнеспособность отмечена у сорта ‘Румяные Щечки’ (46,9%), наименьшая – ‘Галина Шипаева’ (2,6%). Высокое проращивание пыльцевых зерен в 10% растворе сахарозы отмечено у сорта ‘Румяные Щечки’ (47,1%). Самая низкая жизнеспособность зафиксирована у сорта ‘Рафкат’ (1,2%). Сорт ‘Vogota’ лидировал среди других сортов при проращивании пыльцы в 15–25% растворах сахарозы (62,9–69,4%). Наименьший процент проращивания пыльцы выявлен у сортов ‘Галина Шипаева’ (1%) и ‘Рафкат’ (1–2%).

Концентрация 5 и 10% сахарозы и дистиллированная вода без добавления сахарозы не подходит для проращивания двух сортов (‘Акбузат’, ‘Инна’). Однако у них выявлена положительная динамика увеличения количества проросшей пыльцы при повышении концентрации сахарозы в растворе. Пыльцевые зерна сорта ‘Крылья Заката’ не проросли ни в одном из вариантов опыта. Возможно, для пыльцевых зерен этого сорта требуются более высокие концентрации сахарозы с добавлением борной кислоты.

Таблица – Жизнеспособность пыльцевых зерен сортов гиппеаструма

Сорт	Контроль	5%	10%	15%	20%	25%
Иностраннный сорт						
‘Vogota’	20,9	13,1	41,2	62,9	69,4	49,5
Сорта селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН						
‘Акбузат’	0	0	0	13,2	14,5	40
‘Галина Шипаева’	0	2,6	5,49	1	0	0
‘Инна’	0	0	0	0	3,2	10,4
‘Кармен’	1,2	28,4	18,8	45,3	61,4	46,3
‘Крылья Заката’	0	0	0	0	0	0
‘Пионер’	15,2	7,1	15	39,2	29,5	15,7
‘Рафкат’	0	13,9	1,2	8,2	1	2
‘Румяные Щечки’	10,1	46,9	47,1	31,3	22	23,4
‘Шульган-Таш’	1	0	3,4	34,7	27,3	23,1

Изученные сорта в условиях Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН характеризуются высокими, средними и низкими показателями проращивания пыльцы. Пыльцевые зерна сорта ‘Vogota’ лучше всего проросли на 15% и 20% растворах сахарозы. Пыльца гиппеаструма ‘Кармен’ селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН лучше всего проросла на 20% сахарозе. Средние показатели проращивания пыльцы наблюдались у отечественного сорта ‘Румяные Щечки’ на средах с 5 и 10% сахарозой, а у сорта ‘Акбузат’ – с 25% сахарозой

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН «Биологическое разнообразие растительных ресурсов России: состояние, динамика, экология видов и сообществ, сохранение генофонда, проблемы интродукции, воспроизводства и неистощительного использования». Регистрационный номер 125012200599-6.

Список литературы

1. Миллер, В.В. Луковичные цветочные культуры защищённого грунта в коллекции Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур / В.В. Миллер, Н.А. Слепченко // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. №. 64. С. 57–65.
2. Миронова, Л.Н. Гиппеаструм садовый: новые сорта селекционеров Ботанического сада-института УНЦ РАН / Л.Н. Миронова, Г.В. Шипаева, А.А. Реут // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 39. С. 139–142.
3. Миронова, Л.Н. Результаты интродукции представителей рода *Hosta* в Башкирском Предуралье / Л.Н. Миронова, С.Ф. Давлетбаева // Бюллетень Главного ботанического сада. 2017. №. 3. С. 52–57.
4. Ямбуров, М.С. Фертильность и жизнеспособность пыльцы представителей семейства *Amaryllidaceae* при разных условиях хранения / М.С. Ямбуров, С.Б. Романова, М.В. Невидомая // Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия: Труды Междунар. науч. конф., посвящ. 140-летию Сибирского ботанического сада Томского гос. ун-та (Томск, 28–30 сентября 2020 г.). Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2020. С. 225–228.
5. Шумихин, С.А. Особенности семенного размножения гиппеаструма гибридного (*Hippeastrum × hybridum hort.*) / С.А. Шумихин, М.А. Черткова // Труды по интродукции и акклиматизации растений. Вып. 1. Ижевск, 2021. С. 285–290.

УДК 595.76: 574.38

Мицетобионтные жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) плодовых тел *Trichaptum biforme* (Fungi: Basidiomycota) на территории Саратовской области

А. А. Ащеулова

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

Ключевые слова: мицетобионты, жесткокрылые, *Trichaptum biforme*, энтомокомплекс, Саратовская область.

Trichaptum biforme (Fr.) Bondartsev & Singer – ксилотрофный базидиомицет, развивающийся на валежной древесине лиственных пород. Его плодовые тела служат микробиотопом для специализированных мицетобионтов, включая жесткокрылых, которые играют ключевую роль в деструкции грибного субстрата [1, 2].

В Саратовской области *T. biforme* встречается в широколиственных лесах и лесопарковых зонах, преимущественно на сухостое и пнях дуба, березы, осины и вяза. Изучение связанных с ним энтомокомплексов важно для оценки биоразнообразия в условиях антропогенно-трансформированных лесостепей Поволжья.

Исследованы плодовые тела *T. biforme*, собранные в 2018–2024 гг. на древесине лиственных пород в 5 районах Саратовской области: Хвалынский район (национальный парк «Хвалынский») – старовозрастные дубравы, Базарно-Карабулакский район – смешанные леса (береза, осина), г. Энгельс – пойменные вязовые насаждения, Воскресенский район – лесопарковая зона с преобладанием сухостоя, г. Саратов (Кумысная поляна) – антропогенно нарушенные участки. *T. biforme* в регионе развивается на древесине в средней и поздней стадиях разложения.

Всего зарегистрировано 23 вида жесткокрылых из 9 семейств. Доминирующие семейства: Staphylinidae (10 видов), Tenebrionidae (3 вида), Ciidae (3 вида) (см. таблицу).

Таблица – Видовой состав жесткокрылых, ассоциированных с плодовыми телами *Trichaptum biforme* и их экологическая специализация

Семейство	Вид	Экологическая специализация
Carabidae	1. <i>Tachyta nana</i> (Gyllenhal, 1810)	хищник
Cryptophagidae	2. <i>Cryptophagus denticulatus</i> Heer, 1841	облигатный мицетосапрофаг
Ciidae	3. <i>Cis festivus</i> (Panzer, 1793)	облигатный мицетофаг
	4. <i>Ennearthron cornutum</i> (Gyllenhal, 1827)	облигатный мицетофаг
	5. <i>Orthocis lucasi</i> (Abeille de Perrin, 1874)	облигатный мицетофаг
Coreylophidae	6. <i>Orthoperus atomus</i> (Gyllenhal, 1808)	факультативный мицетосапрофаг
	7. <i>Orthoperus brunnipes</i> (Gyllenhal, 1808)	факультативный мицетосапрофаг
Dermestidae	8. <i>Attagenus smirnovi</i> Zhantiev, 1973	факультативный мицетосапрофаг
Erotulidae	9. <i>Dacne bipustulata</i> (Thunberg, 1781)	облигатный мицетофаг
	10. <i>Dacne pontica</i> (Bedel, 1868)	облигатный мицетофаг
Mycetophagidae	11. <i>Mycetophagus quadripustulatus</i> (Linnaeus, 1760)	облигатный мицетофаг
Staphylinidae	12. <i>Atheta crassicornis</i> (Fabricius, 1792)	хищник
	13. <i>Bisnius sordidus</i> (Gravenhorst, 1802)	хищник
	14. <i>Gyrophaena bihamata</i> Thomson, 1867	факультативный мицетофаг
	15. <i>Gyrophaena joyi</i> Wendeler, 1924	факультативный мицетофаг
	16. <i>Gyrophaena manca</i> Erichson, 1839	факультативный мицетофаг
	17. <i>Gyrophaena strictula</i> Erichson, 1839	факультативный мицетофаг
	18. <i>Lordithon exoletus</i> (Erichson, 1839)	хищник
	19. <i>Oxyporus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	хищник
	20. <i>Scaphisoma assimile</i> Erichson, 1845	факультативный мицетосапрофаг
Tenebrionidae	21. <i>Diaperis boleti</i> (Linnaeus, 1758)	облигатный мицетосапрофаг
	22. <i>Eledona agricola</i> (Herbst, 1783)	облигатный мицетосапрофаг
	23. <i>Pentaphyllus chrysomeloides</i> (Rossi, 1792)	облигатный мицетофаг

Облигатные мицетофаги (9 видов, 39% от общего числа) – наиболее многочисленная группа, включая *C. festivus* (15 экз.) и *M. quadripustulatus* (7 экз.). Это подтверждает их узкую связь с грибом *T. biforme* как основным источником питания. Облигатные мицетосапрофаги (4 вида) представлены массовым видом *Eledona agricola*, играющим ключевую роль в деструкции грибного субстрата. Хищные жесткокрылые (6 видов, 26%) – такие как *A. crassicornis* и *B. sordidus* — регулируют численность фитофагов и сапрофагов, поддерживая баланс в микробиоте [3, 4]. Факультативные мицетофаги (4 вида) и факультативные сапрофаги (3 вида) демонстрируют гибкость в использовании ресурсов, что позволяет им выживать в изменяющихся условиях.

Самое разнообразное семейство Staphylinidae (9 видов) представлено хищниками и факультативными мицетофагами, что подчеркивает их роль как регуляторов экосистемы и адаптивных видов.

Стоит учитывать, что присутствуют различия в структуре энтомокомплексов *T. biforme* между старовозрастными лесами и антропогенно нарушенными участками Саратовской области. В старовозрастных лесах (национальный парк «Хвалынский») отмечено большее разнообразие жесткокрылых, включая специализированные виды, такие как *D. pontica* (Erotulidae) и *G. joyi* (Staphylinidae). Эти виды демонстрируют высокую чувствительность к сохранности микросреды и наличию плодовых тел поздних стадий разложения [5]. Напротив, в антропогенно нарушенных участках (Кумысная поляна, г. Саратов) доминируют факультативные виды с широкой экологической пластичностью: *E. agricola*, *D. boleti* (Tenebrionidae) – облигатные мицетосапрофаги, массово встречающиеся на всех типах субстратов.

В смешанных лесах (Базарно-Карабулакский район) и лесопарковых зонах (Воскресенский район) отмечены переходные сообщества, где сочетаются облигатные мицетофаги и хищники. Интересно, что Staphylinidae сохраняют высокое разнообразие даже в нарушенных биотопах, выполняя роль ключевых регуляторов сообщества.

Старовозрастные лесные биотопы выступают ключевыми местообитаниями для узкоспециализированных мицетобионтов, тогда как антропогенные участки характеризуются упрощенными колеоптерокомплексами с доминированием сапрофагов и факультативных видов, что подчеркивает необходимость охраны старовозрастных лесов для сохранения биоразнообразия грибных сообществ в условиях лесостепного Поволжья.

Автор выражает глубокую признательность за помощь в определении видов насекомых А.С. Сажневу (кандидату биологических наук, старшему научному сотруднику лаборатории экологии водных беспозвоночных Института биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина), за проверку определения базидиомицетов О.В. Костецкому (кандидату биологических наук, доценту кафедры ботаники и экологии СГУ имени Н.Г. Чернышевского), за предоставленный материал и помощь в оформлении работы В.В. Аникину (доктору биологических наук, профессору кафедры морфологии и экологии животных СГУ имени Н.Г. Чернышевского).

Список литературы

1. Никитский, Н.Б. Жуки-мицетобионты Европейской части России / Н.Б. Никитский, В.П. Семьянов. – Москва: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 296 с.
2. Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. II. Жесткокрылые и веерокрылые / под ред. Г.Я. Бей-Биенко. Ленинград: Наука, 1965. 668 с.
3. Красуцкий, Б.В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья. Система «Грибы-насекомые»: в 2 т. / Б. В. Красуцкий. Челябинск, 2005. Т. 2. 213 с.
4. Легалов, А.А. Трофические связи жесткокрылых (Coleoptera) с ксилотрофными грибами в Западной Сибири / А.А. Легалов // Энтомологическое обозрение. 2015. Т. 94, № 3. С. 567–578.
5. Щигель, Д.С. Жесткокрылые – обитатели трутовых грибов Европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. М., 2003. 21 с.

Влияние полисахаридов базидиомицетов на рост бактерий

О. О. Бабичева, А. А. Аббясева, Л. В. Карпунина

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия
olesya.sultanova.98@mail.ru

Ключевые слова: грибы, базидиомицеты, полисахариды, бактерии, метод агаровых блоков.

Полисахариды – это высокомолекулярные сложные углеводы, обладающие рядом уникальных свойств. Полисахариды (ПС), входящие в состав базидиальных грибов, имеют широкий спектр биологической активности. Известно, что полисахариды таких грибов, как *Ganoderma lucidum*, *Lentinus lepideus*, *Laetiporus sulphureus*, *Polyporus umbellatus*, *Wolfiporia cocos*, *Inonotus obliquus* обладают фунгицидным, антиоксидантным, пребиотическим, противоаллергенным, иммуномодулирующим и противоопухолевым действием [1]. Имеются сведения относительно ПС, полученных из грибов *Pleurotus ostreatus* и *Agaricus bisporus*, обладающих противовоспалительными, иммуностимулирующими и другими свойствами [2, 3]. Для возможного в перспективе применения ПС базидиомицетов в различных областях народного хозяйства необходимо знание не только их физико-химических, но и биологических свойств. В связи с этим целью данной работы явилось изучение влияния ПС *P. ostreatus* НК-35 и *A. bisporus* 533 на рост некоторых бактерий.

Объектами исследований явились ПС базидиальных грибов: вешенка обыкновенная (*P. ostreatus* НК-35) и шампиньон двуспоровый (*A. bisporus* 533). В качестве бактерий использовали следующие тест-культуры: *Pseudomonas aeruginosa* ХАВС 02, полученные из Коллекции штаммов микроорганизмов кафедры микробиологии и биотехнологии Вавиловского университета; *Staphylococcus aureus* АТСС-6538 (209-Р) и *Listeria monocytogenes* 56 М-120, полученные из Коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН – обособленного структурного подразделения ФИЦ СНЦ РАН; *Bacillus megaterium* и *Bacillus coagulans*, полученные из Коллекции штаммов микроорганизмов кафедры микробиологии и физиологии СГУ имени Н.Г. Чернышевского. Определение влияния полисахаридов на рост бактерий (тест-культур) проводили методом агаровых блоков в нашей модификации [4]. Для этого в чашки Петри с ГМФ-агаром засеивали сплошным «газоном» соответствующую бактериальную тест-культуру. Через одни сутки вырезали агаровые блоки и переносили в чашки Петри с питательной средой (ГМФ-агар), содержащей 100 мкл соответствующего 0,4% раствора ПС изучаемых грибов [5], выдерживали в течение 1 ч. при комнатной температуре и затем помещали в термостат для инкубирования тест-культур при температуре, соответствующей выращиванию взятых в эксперимент бактерий.

Было показано, что исследуемые ПС способны угнетать в разной степени рост некоторых бактерий. Так, при использовании ПС *P. ostreatus* НК-35 на 1-е сут. была отмечена задержка роста у бактерий: *L. monocytogenes* 56 М-120 (рост культуры был ограничен 5-7 мм), *S. aureus* АТСС-6538 (209-Р) (2-3 мм), *P. aeruginosa* ХАВС 02 (3-5 мм). Отсутствие угнетения роста ПС было отмечено у *B. megaterium* и *B. coagulans*. Через 3-е сут. рост бактерий *L. monocytogenes* 56 М-120 и *S. aureus* АТСС-6538 (209-Р) не увеличивался, а у *P. aeruginosa* ХАВС 02 достигал 10-12 мм. У бактерий *B. coagulans*, несмотря на затягивающий рост, к 3-м сут. были замечены зоны просветления, что могло свидетельствовать об угнетении роста этой культуры ПС вешенки обыкновенной. В отношении *B. megaterium* на 3-е сут. также угнетения роста не наблюдали.

При исследовании ПС *A. bisporus* 533 на рост вышеупомянутых бактерий было обнаружено, что на 1-е сут. происходила задержка роста у бактерий: *L. monocytogenes* 56 М-120 (10-12 мм), *S. aureus* ATCC-6538 (209-Р) (3-4 мм), *P. aeruginosa* ХАВС 02 (10–20 мм) и отсутствие угнетения роста ПС в отношении: *B. megaterium* и *B. coagulans*. Через 3-е сут. также была отмечена задержка роста у бактерий: *S. aureus* ATCC-6538 (209-Р) (4–6 мм) и *P. aeruginosa* ХАВС 02 (более 20 мм), а у бактерий *B. coagulans*, несмотря на затягивающий рост, были замечены зоны просветления, что могло свидетельствовать также об угнетении роста этой культуры ПС шампиньона двуспорового. В отношении *L. monocytogenes* 56 М-120 и *B. megaterium* на 3-е сут. угнетения роста не наблюдали.

Таким образом, ПС, выделенные из базидиальных грибов *P. ostreatus* НК-35 и *A. bisporus* 533, способны к подавлению роста некоторых бактерий. Полисахариды *P. ostreatus* НК-35 подавляли развитие бактерий в большей степени по сравнению с ПС *A. bisporus* 533. Наибольшую активность оба ПС проявляли в отношении *S. aureus* ATCC-6538 (209-Р). Полученные данные хорошо согласуются с предыдущими нашими исследованиями [6].

Список литературы

1. Zjawiony, J. Biologically active compounds from Aphyllophorales fungi / J. Zjawiony // Journal National Products. 2004. Vol. 67. P. 300–310.
2. Lavelli, V. Circular reuse of bio-resources: The role of: *Pleurotus* spp. in the development of functional food s/ V. Lavelli // Food and Function. 2018. V. 9, № 3. P. 1353–1372.
3. Мустафаев, И.М. Биологически активные соединения лекарственных базидиомицетов и перспективы их использования в Узбекистане / И.М. Мустафаев, Ж.П. Шеркулова, М.М. Иминова // Universum: химия и биология. 2023. №1 2. С. 38–44.
4. Хабирова, С.Р. Методы исследования почвенных микромицетов при оценке биологических эффектов загрязнения среды: учебное пособие / С.Р. Хабирова, Э.А. Шуралев, М.Н. Мукминов. Казань: Казанский федеральный университет, 2022. 122 с.
5. Гаврюшина, И.А. Антимикробные свойства водорастворимых полисахаридов и спиртовых экстрактов мицелия *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill и разработка биотехнологии его получения в иммобилизованной культуре на бактериальной целлюлозе / И.А. Гаврюшина, Т.И. Громовых, Н.Б. Фельдман // Антибиотики и химиотерапия. 2020. Т. 65, № 1. С. 10–14.
6. Бабичева, О.О. Изучение антимикробной активности грибных полисахаридов / О.О. Бабичева, Л.В. Карпунина // Живые системы – 2023: Сборник научных статей II Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой десятилетию восстановления экосистем (2020-2030). Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 2023. С. 187–189.

УДК 583.395843

Особенности произрастания декоративного сорта лотоса в лабораторных условиях

Г. Базаркулова, Н. Иманбердиева

Кыргызско-Турецкий университет Манас, Кыргызстан

nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

2012.02002@manas.edu.kg

Ключевые слова: лотос, экология, динамика, рост, развитие.

В Кыргызстане исследования в области выращивания водных растений ограничены, поэтому исследования по выращиванию лотоса в лабораторных условиях имеют большое значение. Лотос (*Nelumbo*) – это растение, произрастающее в водоемах, известное своей красотой и особенным эстетическим значением. Виды лотоса резко

различаются по окраске цветков и географическому распространению [1]. В некоторых регионах лотос широко известен, высоко ценится и является неотъемлемой частью повседневной жизни людей. Как декоративное, сельскохозяйственное, или лекарственное растение он может быть выращен в условиях, не подходящих для других традиционных сельскохозяйственных культур [2].

С экологической точки зрения лотос действует как природный био-фильтр в водных экосистемах, поглощая избыточные питательные вещества и различные загрязнители, включая тяжелые металлы, тем самым снижая уровень загрязнения [3]. Обширная листовая и корневая системы лотоса обеспечивают укрытие и питание для множества водных организмов, способствуя увеличению биоразнообразия среды обитания. Кроме того, *Nelumbo nucifera* участвует в процессе поглощения углерода, что играет ключевую роль в борьбе с изменением климата благодаря его быстрому росту и значительной биомассе. Этот экологический аспект не только подчеркивает вклад лотоса в оздоровление окружающей среды, но и акцентирует его роль в снижении выбросов углерода [4].

Недавние научные исследования также подтверждают медицинские свойства, приписываемые *Nelumbo nucifera* (лотосу орехоносному). Было выявлено, что его биоактивные компоненты, включая алкалоиды и флавоноиды, обладают широким спектром фармакологических свойств, таких как противораковое, антидиабетическое и нейропротекторное действие [5].

Объектом данного исследования послужил лотос орехоносный (*Nelumbo nucifera*) из семейства Nelumbonaceae, род – лотос (*Nelumbo*).

Nelumbo nucifera широко распространен в таких странах, как Китай, Индия, Вьетнам, Япония и Таиланд. В ходе эксперимента рассматривались следующие аспекты:

- определение оптимальных условий для выращивания семян лотоса (температура, освещенность, влажность и др.);
- наблюдение за стадиями развития растения (набухание семени, прорастание, появление листьев и т.д.);
- изучение динамики роста корневой системы и листьев лотоса.

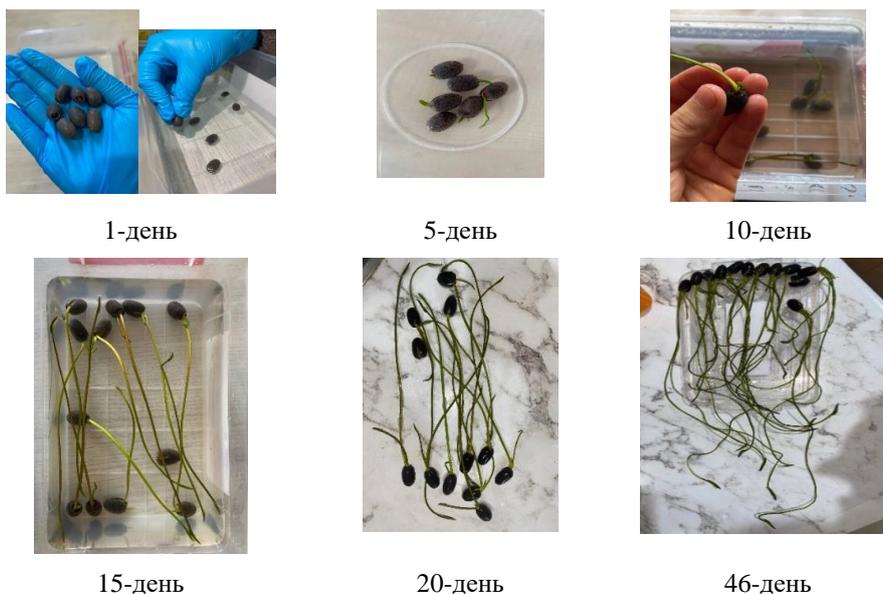


Рисунок – Стадии роста и развития *Nelumbo nucifera* в лабораторных условиях

В работе использовали коммерческие семена лотоса орехоносного, привезенного из Китая. Семена помещали в прозрачный пластиковый контейнер с водой комнатной температуры. Оболочка семян лотоса жесткая и для инициации прорастания обычно требуется скарификация. Семена, использованные в данной работе, были подготовлены к проращиванию их производителем. Воду в контейнере меняли ежедневно.

Проведенное исследование показало, что первые проростки появляются через 5-6 дней от начала проращивания. Спустя некоторое время они преобразуются в длинные стебли с листьями. Через 12-13 дней появляются вторые проростки, а через 18-20 дней – третьи. Первые корневые волоски были замечены на 27-29 день, в это время первые стебли достигали длины 25-26 см.

На 46-й день длина первого стебля составляла 44 см, второго – 36-37 см, третьего – 21 см. Появление корневища было замечено на 9-10-й день, количество корневых волосков – 15-18 (см. рисунок).

В работе продемонстрирована возможность успешного культивирования лотоса орехоносного в лабораторных условиях (в люминостате при температуре 22-25°C и заданной освещенности). Установлено, что оптимальная температура и дополнительное освещение ускоряют прорастание семян лотоса на 5-6 дней и способствуют активному росту растений.

Выражаю благодарность научному руководителю Иманбердиеву Н.А. за помощь и поддержку в написании и финансировании статьи.

Список литературы

1. Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов / А.Л. Тахтаджян. Л. : Наука, 1987. С. 46–47.
2. [Электронный ресурс] C:/Users/User/Downloads/ispolzovanie-pochvo-gruntov-i-udobreniy-pri-vyraschivanii-lotosa-orehonosnogo-nelumbo-nucifera-v-otkrytoy-vode.pdf
3. Phosphorus removal from domestic wastewater by *Nelumbo nucifera* Gaertn. and *Cyperus alternifolius* L. / S. Thongtha [et al.] // J. Environ. Manag. 2014. № 137. P. 54–60.
4. Shafque, M. An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas / M. Shafque, X. Xue, X. Luo // Urban for Urban Green. 2020. № 47. P. 126515.
5. Quercetin-derivatives painting the yellow petals of American lotus (*Nelumbo lutea*) and enzymatic basis for their accumulation / Q. Liu [et al.] // Hort. Plant J. 2023. № 9. P. 169–182.

УДК 581.95843

Создание плантаций облепихи в долине Нарын (Кыргызстан)

Ж. Бактыбек кызы, Н. Иманбердиева

Кыргызско-Турецкий университет Манас, Кыргызстан

nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

2351.06001@manas.edu.kg

Ключевые слова: облепиха, экология, плантация, долина Нарын, сорт.

Кыргызстан расположен в Восточном полушарии, в центральной части самого большого материка – Евразии. Рельеф страны горный, более 94,2% территории находится на высоте более 1000 м над уровнем моря [1]. Пойменные леса в стране формируются вдоль берегов крупных рек, таких как Нарын, Чуй, Тюп, Талас, Суусамыр, Жыргалан и др., а также многих малых рек. По берегам водоемов встречаются участки кустарниковых лесов. Эти леса состоят из черного тополя (*Populus nigra*), ивы (*Salix*), облепихи (*Hippophae rhamnoides*), шиповника (*Rosa*) и других кустарниковых растений [2].

Среди пойменных лесов, облепиховые насаждения играют особенно важную роль. Облепиха не только ценна своими полезными свойствами, но и играет огромную роль в экосистеме. Она используется не только в пищевой промышленности, медицине и фармацевтике, но и приносит большую пользу природе. Азотофиксирующие бактерии в корнях облепихи очищают воду, укрепляют почву, улучшают ее структуру и выполняют другие важные функции.

Облепиха относится к крупным кустарникам. По жизненной форме она бывает двух видов: в виде дерева (до 4-5 м в высоту) и в кустарниковой форме (1-2 м). Это двудомное растение с раздельнополыми цветками. Кора ствола может быть черной, бурой или серой. Побеги колючие, длиной 2-7 см. Растет на песчаных берегах, в гравийных и каменистых местах. Облепиху выращивают ради ее плодов, а также используют в декоративных целях. Из ее семян получают масло, применяемое в медицине. Плоды употребляют в пищу и используют для укрепления здоровья [3].

После того как были выявлены полезные свойства облепихи, в республике начался массовый сбор ее плодов для лекарственного и пищевого использования. Однако из-за этого площадь облепиховых зарослей катастрофически сокращается, поэтому возникла необходимость в глубоком изучении природных облепиховых массивов и создании новых плантаций. В последние годы в Кыргызстане активно развивается создание культурных плантаций облепихи. Это объясняется тем, что спрос на ее плоды (как пищевой продукт, источник витаминов и лекарственное сырье) с каждым днем растет.

Долина Нарын расположена в центральной части Кыргызстана и охватывает долины и склоны гор Внутреннего Тянь-Шаня. Из-за горного рельефа местность имеет сложную топографию: 95% территории находится выше 2000 м над уровнем моря, а 70% площади занимают горные хребты. Через долину протекает крупнейшая река региона – Нарын. Облепиха, встречающаяся в Нарынской долине, отличается от других: ее плодоножки длиннее, ягоды крупнее, а колючки редкие. Это растение имеет большое практическое, хозяйственное и медицинское значение. Плоды облепихи, произрастающей в исследуемой долине, бывают желтого и оранжево-красного цвета, имеют округлую или овальную форму, а их вкус варьирует от кислого до кисло-сладкого [4].

Климатические и экологические условия Нарынской долины являются оптимальными для создания плантаций облепихи. Кроме того, развитие плантационного выращивания позволит увеличить сокращающиеся площади естественных облепиховых зарослей, обеспечит местное население рабочими местами и создаст возможности для выхода продукции на мировой рынок. Этот метод также экономически эффективен.

В последние годы в Нарынской долине активно создаются плантации облепихи, и в разных регионах появляются новые насаждения. Например, в Ат-Башинском районе долины Нарын выращивают безколючковый алтайский сорт облепихи в 12 айыльных округах. В дикой природе Кыргызстана 100 ягод облепихи весят около 25 г, тогда как у безколючкового сорта плоды примерно в 5 раз крупнее. Масса 100 ягод алтайского сорта достигает 74-90 г, а их вкус более сладкий. Этот сорт устойчив к различным болезням и вредителям, а также выдерживает низкие температуры, что делает его хорошо адаптированным к условиям Нарынской долины, поэтому в Ат-Башинском и Ак-Талинском районах долины Нарын создаются плантации с алтайским сортом облепихи. Сажены были высажены весной 2023 г. Ат-Башинский район находится на высоте 2090 м над уровнем моря, а Ак-Талинский – на высоте 1823 м. Рост и укоренение облепихи за один вегетационный период представлены на рисунке.

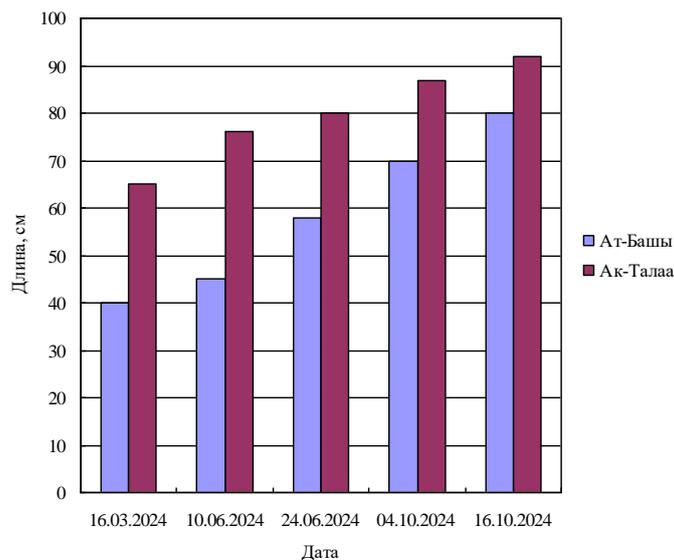


Рисунок – Рост и развитие саженцев Алтайского сорта облепихи за вегетационный период после посадки

Как видно, рост и развитие облепихи в Ат-Башинском и Ак-Талинском районах показывает хорошие результаты, особенно в Ак-Талинском районе. В течение года растения в среднем выросли на 60,6 см. Через 10 дней после посадки укоренилось 85–90% всех саженцев.

Предыдущие исследования показали, что на побережьях рек Салкын-Тор, Ак-Кыя и Ат-Башы в долине Нарын безколючковая облепиха укоренялась лучше, чем в других регионах Кыргызстана, с показателем укореняемости 85-98%. Почки начинали распускаться уже на 4-й день после посадки [5]. Следовательно, Нарынская долина является одним из самых благоприятных регионов для создания плантаций облепихи.

Благодарю научного руководителя Н.А. Иманбердиеву за помощь и поддержку в написании и финансировании статьи.

Список литературы

1. Култаева, А.К. Кыргызстандын географиясы предмети боюнча окуу-усулдук колдонмо / А.К. Култаева, К.Н. Ражап. Ош, 2023. 100 с.
2. Сабырова, А.С. Природоохранное значение лесов Кыргызстана / А.С. Сабырова // Инновационное развитие землеустройства: Сборник научных трудов Межвузовской студенческой научно-практической конференции, Кинель, 07 февраля 2018 года. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 63–66.
3. Шалпыков, К.Т. Первые сведения по интродукционному изучению алтайских сортов облепихи в Кыргызстане / К.Т. Шалпыков // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2018. № 5. С. 221–227.
4. Асаналиева, Н.А. Биологические особенности облепихи крушиновидной произрастающих в нарынской долине / Н.А. Асаналиева, Ж.А. Асылбекова // Известия вузов Кыргызстана. 2019. №. 1. С. 37–40.
5. Кулиев, А.С. Выращивание дикорастущих форм облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) из различных регионов Кыргызстана / А.С. Кулиев //Universum: химия и биология. 2016. №. 9, Вып. 27. С. 4–6.

Особенности вариабельности ритма сердца студентов*Ю. С. Барабанова, Е. Ю. Лыкова*

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

Ключевые слова: сердечный ритм, вариабельность ритма сердца, тип вегетативной регуляции.

Одной из важнейших задач современного общества является сохранение здоровья молодого поколения. Информативным показателем, позволяющим оценить степень участия различных механизмов регуляции функционального состояния организма, адаптационные возможности организма, является анализ вариабельности ритма сердца (ВРС).

Вариабельность ритма сердца была изучена у 54 девушек (средний возраст 19,1 лет) и 47 юношей (средний возраст 19,4 лет). Функциональное состояние системы кровообращения студентов исследовали с помощью компьютерного электрокардиографа «Поли-Спектр 8/Е». Запись электрокардиограммы производили в положении сидя в течение 5 мин. Оценивались временные характеристики кардиоинтервалов и результаты спектрального анализа ВРС по методике Р.М. Баевского.

На основании значений показателей SI и VLF была проведена экспресс-оценка преобладающего типа регуляции ВРС [1]. Среди обследованных студентов были выявлены представители III и IV типов, т. е. с преобладанием автономной регуляции сердечного ритма. Умеренное преобладание автономной регуляции (III тип) было зафиксировано у 39% юношей и 59% девушек (1 группа), выраженное преобладание (IV тип) – у 61% юношей и 41% девушек (2 группа). Как показали исследования, у всех обследованных студентов изучаемые параметры ВРС не выходили за пределы нормальных значений. Однако, имеются некоторые особенности ВРС студентов с разными типами его регуляции (см. таблицу).

Так, у юношей 1 группы продолжительность наиболее часто встречающихся кардиоинтервалов была меньше на 20,5% ($p < 0,05$), чем у представителей 2 группы, что указывает на большую частоту их сердечных сокращений. Зафиксированные величины АМо у молодых людей из 2 группы были на 54,4% меньше ($p < 0,05$), а ΔX , наоборот, на 55,3% больше ($p < 0,05$), что обусловлено более выраженными парасимпатическими влияниями на сердечный ритм. Также выявлены достоверные различия SI между представителями групп: у юношей 1 группы он был значительно выше ($p < 0,05$). Вегетативное равновесие по SI выявлено у 67% молодых людей из 1 группы, умеренное преобладание парасимпатических влияний – у 33% из 1 группы и 5% из 2 группы, выраженное преобладание парасимпатических влияний – у 95% представителей 2 группы. Зафиксированные величины ИВР и ПАПР у юношей 1 группы были существенно больше ($p < 0,05$), чем у ребят из 2 группы, и также указывают на незначительное превалирование парасимпатических влияний на сердечный ритм.

У обследованных молодых людей хорошо выражены волны во всех структурах, что является особенностью юношеского возраста. У всех студентов преобладающими в спектре являются низкочастотные колебания (LF компонент), отражающие активность вазомоторных центров. На долю низкочастотных волн у юношей из 1 группы приходится 48,1%, из 2 группы – 41,4%; на долю HF волн, характеризующих работу автономного контура регуляции, – 22,1 и 28,2%, соответственно. Показатели волновой структуры сердечного ритма у всех юношей указывают на превалирующее влияние рефлекторного симпато-парасимпатического звена регуляции (LF и HF волны) над

гуморально-метаболическим (VLF колебания). Соотношение LF/HF, характеризующее симпато-вагусный баланс регуляции ВРС, у юношей 2 группы было существенно меньше ($p<0,05$) и свидетельствует о том, что у них более выражен тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

**Таблица – Параметры статистического и спектрального анализа
вариабельности ритма сердца студентов**

Параметры	Юноши		Девушки	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Mo, с	0,678±0,012	0,817±0,008 [▲]	0,664±0,007	0,859 ±0,007 ^{▲•}
АМо, %	28,3±0,32	12,9±0,24 [▲]	33,4±0,21	8,8±0,15 ^{▲•}
ΔX, с	0,38±0,016	0,59±0,012 [▲]	0,39±0,010	0,54±0,011 [▲]
SI, усл. ед.	57,2±4,8	10,2±2,1 [▲]	81,6±2,5 [•]	11,2±1,9 [▲]
ИВР, усл. ед.	77,4±2,5	24,4±1,9 [▲]	104,7±3,1 [•]	17,5±2,2 [▲]
ПАПР, усл. ед.	42,5±0,92	17,8±0,76 [▲]	53,0±0,65 [•]	10,8±0,72 ^{▲•}
VLF, %	29,7±1,83	30,4±1,45	30,9±1,24	32,8±1,56
LF, %	48,1±1,76	41,4±1,28 [▲]	44,7±1,21 [•]	37,1±1,62 [▲]
HF, %	22,1±1,81	28,2±1,29	24,4±1,25	30,1±1,56
LF/HF	2,9±0,12	1,7±0,11 [▲]	2,4±0,1 [•]	1,7±0,1 [▲]

Примечание: [▲] – относительно 1 группы, [•] – относительно юношей, $p<0,05$.

Проведенный анализ параметров ВРС у девушек показал, что имеются достоверные различия между представительницами 1 и 2 групп по таким показателям, как Mo, АМо, ΔX, SI, ИВР и ПАПР. У студенток 2 группы зафиксированные значения Mo и ΔX были существенно больше ($p<0,05$), а АМо, SI, ИВР и ПАПР значимо меньше ($p<0,05$), что указывает на превалирование парасимпатического тонуса. Вегетативное равновесие по SI выявлено у 54% девушек из 1 группы, умеренное преобладание парасимпатических влияний – у 46% из 1 группы и 6% из 2 группы, выраженное преобладание парасимпатических влияний – у 94% представительниц 2 группы. В процессе анализа волновой структуры сердечного ритма у девушек было установлено, что в большей степени на него оказывают рефлекторные влияния симпатической и парасимпатической нервной системы. На долю дыхательных HF волн приходится 24,4% (1 группа) и 30,1% (2 группа); на долю низкочастотных LF волн – 44,7 и 37,1%, соответственно. Так же, как и у юношей, у студенток из 2 группы индекс LF/HF значительно меньше ($p<0,05$), чем у девушек из 1 группы, что обусловлено превалированием парасимпатических влияний.

Сравнительный анализ параметров статистического анализа ВРС юношей и девушек выявил у представителей 1 групп достоверные различия по SI, ИВР и ПАПР: у студенток величины этих показателей были существенно больше ($p<0,05$). Также зафиксированы значимые более низкие значения индекса LF/HF и мощности LF волн в спектре у девушек ($p<0,05$). У девушек 2 группы величины Mo были достоверно больше ($p<0,05$), а значения ΔX и ПАПР существенно меньше ($p<0,05$), чем у юношей. По показателям спектрального анализа ВРС значимых гендерных различий выявлено не было. Проведенное исследование показало, что параметры статистического и спектрального анализа сердечного ритма зависят от типа его вегетативной регуляции и пола обследованных.

Список литературы

1. Шлык, Н.И. Ритм сердца и тип регуляции при оценке функциональной готовности организма юных и взрослых спортсменов (по данным экспресс-анализа вариабельности сердечного ритма) / Н.И. Шлык // Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов. Ижевск: Изд. центр «Удмуртский университет», 2016. С. 20–40.

Протеолитические ферменты энтомопатогенного микромицета

***Akanthomyces cf. aculeatus* – получение, спектр активности и характеристики**

Д. Л. Басалаева¹, А. А. Осмоловский¹, А. А. Богомолова², А. В. Коваль³

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

²Утрехтский университет, Утрехт, Нидерланды

³НИУ ВШЭ, Москва, Россия

dbasalaewa@yandex.ru

Ключевые слова: пептидазы, энтомопатогенные микромицеты, белковые субстраты.

Энтомопатогенные грибы являются возбудителями заболеваний у насекомых. Для них характерен уникальный механизм развития инфекции, включающий в себя продукцию различных ферментов, в том числе протеолитических. Пептидазы способствуют разрушению кутикулы, служащей основным защитным барьером против инфекционных агентов. В состав кутикулы в основном входит хитин и белки. Продуцируя пептидазы, энтомопатогенные грибы проникают через размяченную кутикулу посредством механического давления растущих гифов и поражают насекомое [1-3].

Akanthomyces aculeatus — вид энтомопатогенных грибов, принадлежащий к классу гипокрейнных грибов (Hymenochytriales). Он известен своей способностью паразитировать на насекомых, вызывая их гибель. Гриб образует мицелий, состоящий из длинных нитевидных гиф. На поверхности мицелия формируются споры, называемые конидиями, которые имеют характерную форму и размер.

Ранее был определен оптимальный состав ферментационной среды для получения комплексного ферментного препарата исследуемого штамма *Akanthomyces cf. aculeatus*. Штамм был получен из коллекции кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова [4].

Был получен комплексный препарат после глубинного культивирования путем отделения культуральной жидкости после глубинного культивирования на питательной среде, содержащей эластин в качестве индуктора синтеза внеклеточных пептидаз; осаждения белков путем высаливания сульфатом аммония до 80% насыщения; очищения полученной белковой фракции от низкомолекулярных примесей с использованием метода диализа; разделения на фракции с использованием метода препаративного изоэлектрического фокусирования (ИЭФ) по методу Вестерберга в градиенте сахарозы 0–40% и амфолинов 2,5–8,0.

В результате разделения комплексного препарата было получено 40 фракций, разделенных в соответствии с их изоэлектрической точкой – значением рН, при котором суммарный заряд равен нулю.

Для определения спектра протеолитической активности полученных фракций комплексного препарата микромицета *Akanthomyces cf. aculeatus* были проведены реакции с различными белковыми субстратами: нативными и предокрашенными.

В качестве нативных субстратов были использованы 1% растворы казеина по Гаммерстейну, фибрина, эластина и кератина.

Предокрашенные субстраты – азоказеин для определения общей протеолитической активности, кератин-азур (КА) как маркер кератиназной активности, голубой фибрин (ГФ) для фибринолитической и эластин Конго красный (ЭКК) для эластолитической активностей соответственно.

Реакции проводили при температуре 37°C при постоянном перемешивании со скоростью 600 об./мин для большинства субстратов и 750 об./мин для ГФ и ЭКК.

В полученном препарате, предварительно разделенном на фракции с помощью ИЭФ, было определено содержание белка и общая протеолитическая активность. Наиболее активные фракции были отобраны для дальнейшего изучения спектра протеолитической активности.

С отобранными фракциями был проведен денатурирующий гель-электрофорез по методу Лэммли в присутствии додецил-сульфата натрия для определения гомогенности препарата и приблизительной молекулярной массы белковых составляющих, а также на предмет наличия углеводного компонента при помощи окрашивания реактивом Шиффа. Также была оценена активность с использованием метода зимографии в геле. Зимографию проводили с желатином, казеином и фибрином в качестве субстратов. Для определения классовой принадлежности выделенных пептидаз проводили ингибиторный анализ – оценку зависимости активности от наличия в среде ингибиторов пептидаз.

В результате были получены данные активности пиковых фракций, полученных после ИЭФ. Сравнение данных активности в отношении нативных и предокрашенных субстратов показало, что в случае общей протеолитической активности целесообразнее использовать предокрашенный субстрат азоказеин. Значения активности кератинолитических ферментов отличались незначительно при использовании нативного и предокрашенного кератина, тогда как при изучении фибринолитических и эластолитических ферментов было замечено, что активность препарата лучше детектируется при использовании нативного эластина и голубого фибрина соответственно.

Полученный комплексный препарат характеризуется наличием не менее чем двух белковых компонентов с молекулярными массами примерно 35 и 10 кДа, имеющими способности к гидролизу как глобулярных, так и фибриллярных белков. Эти белковые компоненты являются негликозилированными, относятся к классу сериновых металлопротеаз.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что энтомопатогенные микромицеты *Akanthomyces* cf. *aculeatus* являются продуцентами внеклеточных пептидаз, обладающих общей протеолитической и фибринолитической активностями, представляющих собой негликозилированные сериновые металлопротеазы. Исходя из этого, зоны применения полученных пептидаз могут включать в себя медицину, фармакологию, биотехнологическую, пищевую промышленности и входить в состав препаратов для контроля численности вредоносных насекомых.

Список литературы

1. Протеолитические ферменты грибов и их ингибиторы как перспективные биоцидные средства антифунгального действия / И.Л. Шамрайчук [и др.] // Вестник Московского университета. 2020. Т. 75, № 3. С. 123–130.
2. Virulence testing and extracellular subtilin-like (Pr1) and trypsin-like (Pr2) activity during propagule production of *Paecilomyces fumosoroseus* isolated from whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) / J. Castellanos-Moguel [et al.] // Revista Iberoamericana de Micología. 2007. V. 24, № 1. P. 62–68.
3. Characterizing structural features of cuticle-degrading proteases from fungi by molecular modeling / S.Q. Liu [et al.] // BMC Struct Biol. 2007. № 7. A. 33.
4. *Akanthomyces* cf. *aculeatus* – продуцент протеолитических ферментов, активных в отношении фибриллярных и глобулярных белков / Д.Л. Басалаева [и др.] // Современная микология в России. 2024. Т. 10. С. 200–201.

Особенности прорастания семян инвазионного вида *Solidago canadensis* L.

Е. А. Баталова

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

koldomovael@yandex.ru

Ключевые слова: *Solidago canadensis* L., инвазионный вид, всхожесть.

За последние годы среди адвентивных видов в Удмуртской Республике выделено 84 инвазионных и 16 потенциально инвазионных видов растений [1]. Особое внимания среди них заслуживает североамериканский вид *Solidago canadensis* L., который встречается в большинстве фитоценозов на территории г. Ижевска. При внедрении в естественные или полустественные фитоценозы данный вид активно занимает нарушенные и полустественные ценозы, трансформируя их видовой состав и структуру. Возможно, что в ближайшем будущем данный вид будет перенесен из группы средне агрессивных в группу сильно агрессивных, инвазионных растений, что, безусловно, относит его к крайне опасным инвазионным видам. Для разработки систем мероприятий по борьбе с данным видом требуются целенаправленное исследование, связанное как с инвентаризацией всех мест его произрастания, так и с выяснением особенностей прорастания и оценкой жизнеспособности семян *Solidago canadensis*.

В качестве материала для исследования были использованы плоды *S. canadensis*, находящиеся в стадии физиологической зрелости. Ввиду трудности выделения семян из плодов за единицу размножения были приняты семечки. Сбор материала был осуществлен в окрестностях г. Ижевска на территории Учебного ботанического сада Удмуртского государственного университета и в Воткинском р-не Удмуртской Республики. Перед началом исследования отмечали качественные и количественные характеристики семян. Для измерения длины и ширины использовали микроскоп с сеткой Автандилова при 80-ти кратном увеличении. Измеряли длину и ширину семечки, длину паппуса, количество волосков и характер их размещения. Проращивание проводили в лабораторных условиях по 100 шт. семян в четырехкратной повторности в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой. При проращивании учитывали влияние разнокачественности семян на показатель их всхожести, поэтому они были разделены на три фракции по размерам и проращивались в одинаковых условиях. Также оценивали влияние освещения на прорастание. Семечки проращивались в условиях 16-ти часового фотопериода, при температуре +25°C и относительной влажности воздуха 35–40%. Проверка всхожести семян проводилась согласно общепринятым приемам [2, 3].

В результате исследования были определены основные константы исследуемых семян *S. canadensis*, собранных в исследованных популяциях (см. таблицу).

Таблица - Характеристика семян *S. canadensis* усредненной пробы

Количество семян в корзинке, шт	Вес 1000 шт. семян, г	Длина семян, мм	Ширина семян, мм	Длина паппуса, мм
M±m Диапазон значений				
15,45±0,23	0,08±0,11	0,99±0,03	0,14±0,01	1,86±0,03
12,00–18,00	0,07–0,09	0,61–1,20	0,11–0,23	1,41–2,00

Семечки *S. canadensis* мелкие, легковесные. Продуктивность особей данного вида крайне высокая. Один генеративный побег *S. canadensis* способен продуцировать около 21420 шт. семян. При этом наличие летучки и небольшие размеры обеспечивают

анемохорное распространение плодов на достаточно удаленные расстояния, охватывая значительные территории. Семянки коротко клиновидной формы, на поверхности которых располагаются плоские жилки, окраска от светло-коричневого до темно-коричневого. Паппус в 1,5–2 раза длиннее семянки. Имеет двурядные волоски, которые могут быть окрашены от светло-серого до темно-бурого цвета. Среднее количество волосков в паппусе составляет $13,26 \pm 0,08$ шт.

При оценке влияния освещенности на прорастание семян *S. canadensis* выяснилось, что семена данного вида светочувствительны, несмотря на наличие кожистого околоплодника. Всхожесть при отсутствии освещения снижается – $21,3 \pm 0,8\%$ (при наличии 16-ти часового освещения – $97,0 \pm 0,7\%$). В лабораторных условиях (16-часовой фотопериод, $t = +25^\circ\text{C}$) начало прорастания приходится на 3–4 день от закладки опыта. Период же прорастания длился в диапазоне от 19 до 22 дней. При этом энергия прорастания составляла 80–85%.

Проращивание семян с учетом их разнокачественности выявило следующее (см. рисунок): наилучшей всхожестью обладают семена, взятые из группы семян средней фракции, образовавшиеся в центральной части соцветия ($83,0 \pm 0,9$), наихудшей – семена мелкой фракции (менее 0,5 мм), вероятно, завязавшиеся из краевых язычковых цветков ($15,2\% \pm 5,0$). Во всех случаях аномалий развития проростков не наблюдалось.

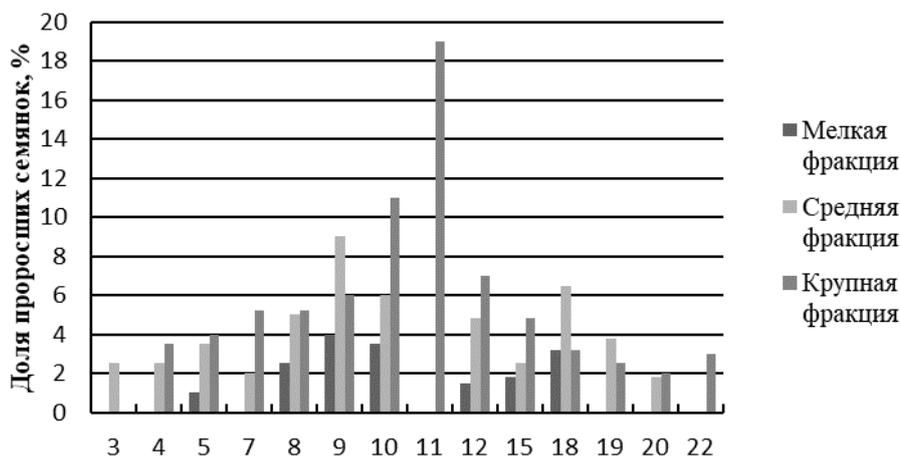


Рисунок – Динамика прорастания семян *S. canadensis* с учетом их разнокачественности

Таким образом, семянки исследуемого вида мелкие, легковесные, снабжены паппусом, что активно способствует их распространению. Они имеют высокий показатель жизнеспособности ($97,0 \pm 0,7\%$). На прорастание семян оказывает влияние наличие освещения, так как показатель всхожести при отсутствии освещения снижается в четыре раза. При проращивании семян *S. canadensis* наилучшей всхожестью обладают семянки, образовавшиеся в центральной части соцветия.

Работа выполнена в рамках темы «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011).

Список литературы

1. Черная книга флоры Удмуртской Республики / О.Г. Баранова [и др.]. Москва-Ижевск: Ин-т комп. иссл. 2016. 68 с.
2. Семена травянистых растений: особенности латентного периода, использование в интродукции и размножение *in vitro* / М.М. Ишмуратова [и др.]. Уфа: Гилем. 2009. 116 с.
3. Международные правила анализа семян. Пер. с англ. Н.Н. Антошкиной. М.: Колос. 1984. 310 с.

Количественные показатели и индексы встречаемости микроорганизмов, изолированных из растений ячменя, произрастающих в Саратовской области

А. С. Вахнина, Е. В. Глинская

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

Ключевые слова: ассоциативные микроорганизмы, микробиота растений ячменя, *Bacillus*.

В настоящее время остро стоит проблема повышения продуктивности сельскохозяйственных растений, причем значительное внимание уделяется разработке и внедрению экологически безопасных методов. Перспективные полифункциональные микробные препараты снижают химическую нагрузку на экосистему, стимулируют рост растения, повышают устойчивость к факторам внешней среды, а также защищают от фитопатогенов. Использование биопрепаратов приводит к повышению устойчивости агроэкосистемы и обеспечивает токсикологическую безопасность зерна. Ввиду этого поиск эффективных штаммов и изучение растительно-микробных систем является актуальным направлением исследования [1, 2].

Целью работы являлось изучение микроорганизмов, обитающих на поверхности, во внутренней среде и в прикорневой почве растений ячменя в Саратовской области.

Исследование проводилось на базе кафедры микробиологии и физиологии растений биологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского. Объектом изучения являлись растения ячменя (*Hordeum vulgare* L., 1753) сорта «Федос», собранные на полях в с. Новопушкинское Саратовской области.

Для выделения микроорганизмов с поверхности растений использовали метод «отпечатка» на ГРМ-агар (Россия, Оболенск). Для посева микроорганизмов из внутренней среды растений случайным образом отбирали стебли, обрабатывали мылом и помещали в 75%-ный этиловый спирт на 5 мин, чтобы исключить возможность попадания микроорганизмов с поверхности растения внутрь, затем промывали физиологическим раствором. Побеги массой 1 г растирали в ступке с 9 мл физиологического раствора, а полученный гомогенизат (по 0,1 мл) наносили на поверхность ГРМ-агара и растирали микробиологическим шпателем. Для бактериологического посева ризосферы использовали метод последовательных разведений. Пробы прикорневой почвы в количестве 10 штук разводили до показателя 10^{-6} . Почвенную суспензию в объеме 0,1 мл высевали на питательную среду. Культивировали при температуре 28°C в течение 48 часов. Затем проводили подсчет колоний [3]. Идентификацию микроорганизмов осуществляли методом MALDI-TOF масс-спектрометрии.

По результатам исследования установили, что наиболее богата представителями разных морфологических групп поверхность растения (см. таблицу).

На поверхности листьев наблюдали представителей всех трех родов, выделенных в работе: *Bacillus*, *Pantoea*, *Virgibacillus*. Наибольшую микробную обсемененность наблюдали в ризосфере, где количественные показатели находились в пределах 10^7 КОЕ/г. Во всех экологических нишах растений встречались *Bacillus cereus* M2 и *Virgibacillus pantothenicus*. Индексы встречаемости (ИВ) варьировали от 10 до 80%.

Таблица – Количественные показатели и индексы встречаемости бактерий

Виды микроорганизмов	Поверхность		Внутренняя среда		Ризосфера	
	lg КОЕ / см ²	ИВ, %	lg КОЕ / г	ИВ, %	lg КОЕ / г	ИВ, %
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D1	$\frac{2,0^*}{0,3 - 2,3^{**}}$	20	–	–	–	–
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> M2	$\frac{1,8}{1,7 - 1,9}$	20	–	–	–	–
<i>Bacillus cereus</i> M1	–	–	$\frac{3,0}{3,0 - 3,0}$	10	–	–
<i>Bacillus cereus</i> M2	$\frac{1,2}{0,95 - 1,7}$	40	$\frac{5,7}{5,3 - 5,5}$	50	$\frac{9,4}{9,3 - 9,7}$	80
<i>Bacillus megaterium</i>	$\frac{-0,3}{-0,3 - -0,3}$	10	–	–	–	–
<i>Bacillus mojavensis</i>	$\frac{1,0}{0,7 - 1,3}$	30	–	–	$\frac{9,3}{9,3 - 9,3}$	20
<i>Bacillus thuringiensis</i>	$\frac{-0,3}{-0,3 - -0,3}$	20	–	–	$\frac{9,0}{9,0 - 9,0}$	20
<i>Pantoea agglomerans</i>	$\frac{1,3}{1,3 - 1,3}$	10	–	–	–	–
<i>Virgibacillus pantothenicus</i>	$\frac{0,7}{0,7 - 0,7}$	10	$\frac{5,8}{5,8 - 5,9}$	30	$\frac{9,3}{9,0 - 9,4}$	30

Примечание: *В числителе – медиана; **В знаменателе – межквартильный размах.

Таким образом, было выявлено, что на растениях ячменя, произрастающего в Саратовской области, преобладают представители рода *Bacillus*, которые входят в состав многих биопрепаратов по борьбе с возбудителями болезней растений. Необходимо дальнейшее изучение изолированных микроорганизмов.

Список литературы

1. Влияние ассоциативных ризобактерий на формирование продуктивности мягкой пшеницы в условиях Ленинградской области / Л.Е. Колесников [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2024. № 3, Т. 77. С. 45–59.
2. Структура микробиома чернозема южного ризосферы пшеницы озимой в условиях применения ассоциативных штаммов микроорганизмов / А.Ю. Еговцева [и др.] // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2021. № 141. С. 120–129.
3. Дымнич, А.С. Видовой состав микроорганизмов трофической цепи: озимая рожь – злаковая тля / А.С. Дымнич, Е.В. Глинская // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, Вып. 1. С. 99–109.

**Влияние времени замораживания на качество
лиофилизатов диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов**

Г. Н. Гиненко, Е. А. Глазкова, А. В. Комиссаров, М. В. Овчинникова,
О. А. Лобовикова, С. А. Бадарин, Д. Н. Бибииков, Н. В. Синецына, А. К. Никифоров
Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия
grisha.krutoi@gmail.com

Ключевые слова: лиофилизаты диагностических бактериофагов, замораживание, качество.

ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора для *in vitro* диагностики чумы выпускает ряд медицинских изделий, в том числе, бактериофаги диагностические чумные Л413С, Покровской (П) и псевдотуберкулезный. Данные препараты производятся в форме лиофилизатов. В технологии сублимационной сушки продуктов первой процедурой является его замораживание, от правильного проведения которого зависит качество готового продукта [1-4, 8]. Поэтому представляло определенный научно-практический интерес изучение влияния продолжительности замораживания на качество лиофилизатов бактериофагов. Ампулы с препаратом замораживали до температуры материала минус $(40\pm 5)^\circ\text{C}$ на полках сублимационной сушильной установки Epsilon 2-6D (Martin Christ, Германия). При этой температуре материал выдерживали в течение следующих промежутков времени: 2–3 ч, 5–6 ч, 10–11 ч, 15–16 ч, 23–24 ч, 24–48 ч, 48–72 ч, 72–96 ч. Далее конденсатор-вымораживатель охлаждали до температуры минус $(65\pm 5)^\circ\text{C}$ и создавали остаточное давление в сушильной установке $(0,1\pm 0,01)$ мваг. Процесс сублимации вели от температуры полок минус $(45\pm 5)^\circ\text{C}$ до $(45\pm 5)^\circ\text{C}$ со скоростью повышения температуры полок не более 5°C в час. При достижении температуры материала $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ давление в установке выравнивали с атмосферным и производили выгрузку ампул с последующей их запайкой.

Оценку влияния времени замораживания на качество лиофилизатов проводили по следующим показателям, изложенным в нормативной документации на бактериофаги: внешний вид препарата, остаточная влажность, растворимость, рН, количество фаговых частиц [5-7].

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица – Результаты исследований влияния времени замораживания на качество лиофилизатов бактериофагов

Время замораживания, ч	Остаточная влажность, %		Растворимость, с		рН		Количество фаговых частиц		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
2-3	н/о	0,5	н/о	30	7,1	7,1	3×10^9	2×10^8	
5-6		0,8		40				7,2	3×10^8
10-11		0,9		35				7,1	1×10^8
15-16		0,5		40				7,3	2×10^8
23-24		0,5		35				7,1	3×10^8
24-48		0,7		40				7,1	3×10^8
48-72		0,4		40				7,2	2×10^8
72-96		0,5		40				7,2	2×10^7

Примечание: I – значение показателя жидкого препарата, II – значение показателя лиофилизата, н/о – не определяли.

Следует сказать о том, что данные определенных характеристик были практически идентичными для всех трех наименований препаратов, поэтому в таблице

отражены полученные сведения по одному из них – бактериофагу диагностическому чумному Л-413С. По внешнему виду полученные лиофилизаты представляли собой сухую массу светло-коричневого цвета в виде хорошо сформированной таблетки. Остаточная влажность для препаратов была практически одинаковой и составляла от 0,5 до 0,9%. Значение рН растворов, полученных после растворения лиофилизатов, было от 7,1 до 7,3. Полученные лиофилизаты легко растворялись в 1 мл воды в течение, в среднем, 35 сек. Количество фаговых частиц после лиофилизации снижалось, в среднем, в 10 раз в сравнении с жидкими препаратами. Значимое уменьшение количества фаговых частиц зафиксировано спустя 72 часа при хранении с температурой материала минус $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$. Значения всех показателей соответствовали нормируемым требованиям. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод об одинаковом влиянии времени замораживания на показатели лиофилизатов. В практическом плане это дает возможность варьировать временем начала сублимации.

Список литературы

1. Гусаров, Д.А. Лиофилизация биофармацевтических белков (миниобзор) / Д.А. Гусаров // Биофармацевтический журнал. 2010. Т. 2, № 5. С. 3–7.
2. Лиофилизация живых вакцин / А.В Комиссаров [и др.] // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2018. Т. 14, № 3. С. 56–73.
3. Исследование процесса сублимационного высушивания иммуногенов холерной химической вакцины / А.В Комиссаров [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2016. № 1. С. 90–93.
4. Нежута, А.А. Разработка научно-обоснованных режимов сублимационной сушки биопрепаратов / А.А. Нежута, Е.С. Сербис // Биотехнология. 2001. № 6. С. 59–67.
5. Технические условия ТУ 9386-020-01898109-2008 «Бактериофаг диагностический чумной Л-413С, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей».
6. Технические условия ТУ 9386-021-01898109-2008 «Бактериофаг диагностический чумной псевдотуберкулёзный, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей».
7. Технические условия ТУ 9386-022-01898109-2008 «Бактериофаг диагностический чумной псевдотуберкулёзный, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей».
8. Tang, X. Design of Freeze-Drying Processes for Pharmaceuticals: Practical Advice / X. Tang, M. Pikal // Pharm. Res. 2004. Vol. 21. P. 191–200.

УДК 579.66

Новая среда высушивания для лиофилизации маточных культур бактериофагов

*Е. А. Глазкова, К. С. Гумаюнова, А. В. Комиссаров, М. В. Овчинникова, Г. Н. Гиненко,
С. А. Бадарин, Д. Н. Бибииков, Н. В. Сеницына, В. Д. Чубуков*
Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия
glazkova-91@internet.ru

Ключевые слова: среда высушивания, лиофилизация, маточные культуры бактериофагов.

ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора производит семь наименований бактериофагов, применяемых для *in vitro* диагностики чумы и холеры. При этом диагностические препараты бактериофагов представляют собой как монофаги, так и смесь бактериофагов. Маточные культуры монофагов применяются для заражения, как правило, бульонной культуры бактериальных клеток с целью их последующей репродукции. Хранение маточных культур монофагов осуществляется в течение большого временного промежутка. Поэтому проблема стабилизации свойств маточных монофагов является актуальной. Имеющийся, в том

числе и у нас, опыт решения проблемы сохранения целевых свойств препаратов биологической природы показывает, что это возможно за счет их лиофилизации [1, 3-5, 8].

Одной из составляющей для успешной стабилизации характеристик препаратов при их сублимационном высушивании является грамотный подбор сред высушивания. Более ранними нашими исследованиями для лиофилизации маточных культур холерных бактериофагов были апробированы шесть вариантов сред высушивания. В результате экспериментов выявлено преимущество использования следующей композиции: водный раствор, содержащий пептон – 10% и желатин – 1,5% (ПЖ) [2]. Данную композицию сводили с полуфабрикатом бактериофага в соотношении 1:1.

Наряду с ПЖ, широко применяется для сублимационного высушивания микроорганизмов, в особенности в коллекционной деятельности, сахарозо-желатиновая среда (СЖ), состоящая из 10% сахарозы, 1,5% желатины и 0,1% агара [4]. При этом, как правило, вышеуказанное соотношение справедливо для суспензии микроорганизмов, уже сведенной со средой высушивания [7].

Данное обстоятельство предопределило проведение экспериментальных работ по изучению перспективы применения СЖ для лиофилизации маточных культур бактериофагов. В исследованиях применяли монофаг 15/33, применяемый при и зготовлении препарата «Бактериофаги диагностические холерные эльтор СТХ⁺ и СТХ⁻, раствор для диагностических целей (фаги диагностические стх⁺ и стх⁻)».

Использовали два варианта сред высушивания – ПЖ (пептон – 10% и желатин – 1,5%) и СЖ (сахароза – 20%, желатин – 3% и агар – 0,2%). Специфически стерильные фильтраты монофага 15/33 были соединены с вариантами защитных сред в соотношении 1:1, разлиты в ампулы вместимостью 5 мл по 1 мл. Методика сублимационной сушки принята аналогичной в наших исследованиях по подбору сред высушивания для лиофилизации маточных культур холерных бактериофагов [2]. Ампулы с препаратом замораживали до температуры материала минус (40±5)°С на полках сублимационной сушильной установки Epsilon 2-6D (Martin Christ, Германия). Далее конденсатор-вымораживатель охлаждали до температуры минус (65±5)°С и создавали остаточное давление в сушильной установке (0,1±0,01) мвар. Процесс сублимации вели от температуры полок минус (45±5)°С до (45±5) °С со скоростью повышения температуры полок не более 10°С в час. При достижении температуры материала (25±2)°С давление в установке выравнивали с атмосферным и производили выгрузку ампул с последующей их запайкой.

Изучение свойств бактериофагов осуществляли в соответствии с методиками, описанными в ТУ 8637-022-01898109-2007 [6]. Определяли характеристики: внешний вид препарата, остаточную влажность, растворимость, рН, количество фаговых частиц.

Данные по определению характеристик сублимационно высушенных маточных культур бактериофагов изложены в таблице.

Таблица – Данные по определению характеристик сублимационно высушенных маточных культур бактериофагов

Среда высушивания	Остаточная влажность, %		Растворимость, с		рН		Количество фаговых частиц	
	I	II	I	II	I	II	I	II
ПЖ	н/о	0,5	н/о	115	7,1	7,1	1,5×10 ⁸	3,3×10 ⁷
СЖ		1,4		40		7,2	1,1×10 ⁸	3,8×10 ⁷

Примечание: I – значение показателя жидкого препарата, II – значение показателя лиофилизата, н/о – не определяли.

По внешнему виду полученные лиофилизаты представляли собой сухую массу светло-коричневого цвета в виде хорошо сформированной таблетки. Остаточная влажность для препаратов составляла от 0,5 до 1,4%. Значение рН растворов, полученных после растворения лиофилизатов, было от 7,1 до 7,2. Полученные лиофилизаты растворялись в 1 мл воды очищенной. При этом обращает на себя внимание, что время растворения монофага, высушенного с применением СЖ, практически в 3 раза меньше, чем у монофага, полученного с использованием ПЖ. Количество фаговых частиц после лиофилизации снижалась, в среднем, в 10 раз в сравнении с жидкими препаратами. Таким образом, на примере холерного монофага 15/33, экспериментально подтверждена возможность применения среды высушивания СЖ для лиофилизации маточных культур бактериофагов.

Список литературы

1. Грачева, И.В. Механизмы повреждений бактерий при лиофилизации и протективное действие защитных сред / И.В. Грачева, А.В. Осин // Проблемы особо опасных инфекций. 2016. № 3. С. 5–12.
2. Выбор среды стабилизации при лиофилизации маточных культур бактериофагов / К.С. Гумаюнова [и др.] // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2024. Т. 20, № 2. С. 101–108.
3. Нежута, А.А. Разработка научно-обоснованных режимов сублимационной сушки биопрепаратов / А.А. Нежута, Е.С. Сербис // Биотехнология. 2001. № 6. С. 59–67.
4. Похиленко, В.Д. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития / В.Д. Похиленко, А.М. Баранов, К.В. Детушев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2009. № 4, Т. 12. Р. 99–121.
5. Стабилизация путем лиофилизации иммуногенных антигенов *Bacillus anthracis* в составе прототипа рекомбинантной вакцины против сибирской язвы / А.П. Семакова [и др.] // Биотехнология. 2017. Т. 33, № 3. С. 57–65.
6. Технические условия ТУ 8637-022-01898109-2007 «Бактериофаги диагностические холерные эльтор СТХ⁺ и СТХ⁻, раствор для диагностических целей (фаги диагностические стх⁺ и стх⁻)».
7. Червякова, Н.С. Использование лиофильных аппаратов камерного типа в коллекциях патогенных микроорганизмов / Н.С. Червякова, Т.В. Валова, А.В. Осин // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. № 3. С. 65–68.
8. Tang, X. Design of Freeze-Drying Processes for Pharmaceuticals: Practical Advice / X. Tang, M. Pikal // Pharm. Res. 2004. Vol. 21. P. 191–200.

УДК 579.66

Тепловые характеристики холерогена-анатоксина как фактор их успешной лиофилизации

*Е. А. Глазкова, Г. Н. Гиненко, А. В. Комиссаров, С. А. Бадарин, Д. Н. Бибииков,
Н. В. Сеницына*

Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия
glazkova-91@internet.ru

Ключевые слова: холероген-анатоксин, ультрафильтрация, лиофилизация, эвтектические температуры.

Одним из специфических компонентов холерной химической вакцины, производство которой осуществляется в ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, является холероген-анатоксин. Выделение данного иммуногена производили последовательным двукратным осаждением сернокислым аммонием из всего объема детоксицированной культуральной среды штамма *Vibrio cholerae* 569В серовара Инаба, освобожденной от микробных клеток (от 200 до 400 дм³ за один технологический цикл). Проведенные исследования по внедрению технологии

предварительного ультрафильтрационного концентрирования [3, 4] позволили в 10–12 раз сократить количество используемого осадителя. Однако в ряде случаев, происходила отбраковка холерогена-анатоксина после его лиофилизации. Это было вызвано наличием зон невысушенного продукта. Вышеназванное потребовало дополнительного изучения применяемых режимов процесса сублимационной сушки.

Основными характеристиками вещества, на знание которых существует возможность установить требуемые параметры процедур замораживания и последующей сублимации, являются температуры полного замерзания, нижняя и верхняя эвтектическая температуры [2, 5-7, 9-10].

С целью установления указанных характеристик холерогена-анатоксина использовали методику, описанную L. Rey [8] и успешно примененную нами при исследовании тепловых свойств иммуноглобулинов диагностических флуоресцирующих чумных [1]. В ходе реализации эксперимента осуществляют одновременное определение температуры изучаемого вещества и электрического сопротивления ($Ly\alpha R_x$) в ходе заморозки с дальнейшим оттаиванием материала. Получены следующие значения температуры полного замерзания, нижней и верхней эвтектической температур: для препарата, полученного по применяемой ранее технологии, – минус 41°C, минус 35°C и минус 32°C соответственно; с использованием процедуры предварительного концентрирования ультрафильтрацией – минус 58°C, минус 45°C и минус 41°C соответственно. Можно сделать заключение, что замораживание предварительного сконцентрированного холерогена-анатоксина, как изложено в нормативной документации производства, до температуры в интервалах от минус 40°C до минус 50°C не является оптимальным.

Результаты работы дают возможность проведения экспериментальных работ по дальнейшему обоснованию режимов лиофилизации холерогена-анатоксина.

Список литературы

1. Тепловые характеристики иммуноглобулинов диагностических флуоресцирующих чумных / Е.А. Глазкова [и др.] // Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2024: Сборник научных статей V Международной научной конференции, Саратов, 15–17 апреля 2024 года. Саратов: Саратов. ун-та, 2024. С. 24–26.
2. Гусаров, Д.А. Лиофилизация биофармацевтических белков (миниобзор) / Д.А. Гусаров // Биофармацевтический журнал. 2010. Том. 2, №5. С. 3–7.
3. Применение ультрафильтрации для концентрирования и очистки антигенов / А.В. Комиссаров [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2015. № 1. С. 79–84.
4. Способ концентрирования нативных холерогена-анатоксина и О-антигена *Vibrio cholerae* O1 классического биовара штамма 569В серовара Инаба / А.В. Комиссаров [и др.] // Патент № 2451522 С1 Российская Федерация, МПК А61К 39/106, С12Р 21/00, А61Р 31/04.: заявл. 19.01.2011; опубл. 27.05.2012.
5. Нежута, А.А. Разработка научно-обоснованных режимов сублимационной сушки биопрепаратов / А.А. Нежута, Е.С. Сербис // Биотехнология. 2001. № 6. С. 59–67.
6. Constantino, H.R. Lyophilization of Biopharmaceuticals / Constantino H.R., Pikal M.J. Arlington, VA, USA: AAPS Press, 2004. 686 p.
7. Pikal, M.J. The Impact of the freezing stage in lyophilization: effects of the ice nucleation temperature on process design and product quality / M.J. Pikal, S. Rambhatla, R. Ramot // Am. Pharm. Review. 2002. Vol. 5. P. 48–53.
8. Rey, L. Freeze Drying/lyophilization of pharmaceutical and biological products / L. Rey, J.C. May. London: Informa Healthcare, 2010. 564 p.
9. Searles, J.A. The ice nucleation temperature determines the primary drying rate of lyophilization for samples frozen on a temperature-controlled shelf / J.A. Searles, J.F. Carpenter, T.W. Randolph // J. Pharm. Sci. 2001. Vol. 90. P. 860–871.
10. Tang, X. Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: Practical advice / X. Tang, M. Pikal // Pharm. Res. 2004. Vol. 21. P. 191–200.

Биоморфы флоры бассейна реки Свияги (по системе И. Г. Серебрякова)

Е. А. Грачёва, Д. А. Фролов

Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова,
Ульяновск, Россия
gatika38@bk.ru

Ключевые слова: экологическая структура флоры, биоморфы, бассейн реки, р. Свияга.

Анализ биотипической структуры имеет ключевое значение в изучении растительного мира, так как многообразие биоморф (жизненных форм растений) указывает на разнообразие экологических факторов, определяющих условия их существования. Исследование растительности с точки зрения разнообразия жизненных стратегий и биоморф способствует описанию её экологических характеристик, выяснению уникальных свойств, генезиса и территориального распределения в системе фитоценозов высокого ранга.

В бассейне реки Свияги благодаря разнообразию природных условий формируется обширный спектр биоморф сосудистых растений.

При изучении разнообразия жизненных форм использовалась система классификации Серебрякова с определёнными модификациями. Дополнительная информация о ряде видов растений основана на результатах личных исследований и анализе многочисленных данных из научной ботанической литературы [2-5].

Классификация И.Г.Серебрякова позволяет провести анализ различных жизненных форм. В аборигенной части флоры бассейна реки Свияги обнаруживается всего лишь 61 вид древесных растений, составляющий 6,2%. В состав этой группы включены 22 вида деревьев. Видов кустарников насчитывается 32 (2,2%). На опушках лесов и склонах степных балок часто встречаются такие типичные и широко распространённые кустарники, как виды рода *Amygdalus*, *Cerasus*, *Prunus* и *Rosa*.

В спектре полудревесных растений насчитывается 11 видов, среди которых присутствуют полукустарники (всего три разновидности). Полукустарнички составляют 8 видов, всего лишь 0,8% от всей флоры бассейна в целом.

Дальнейшее изучение биотипического спектра показало, что для исследуемой флоры характерно значительное преобладание поликарпических трав. Они составляют 796 видов (59,9%) в общей флоре и 721 вид (73%) в её аборигенной части. Среди аборигенных многолетников выделяется большое количество вегетативно подвижных видов, среди которых наиболее активны длиннокорневищные (194 вида; 19,7%), стержнекорневые (182 вида; 18,4%), короткокорневищные (128 вида; 13%) и дерновинные (81 вид; 8,2%) многолетники.

Значительное количество длиннокорневищных растений указывает на рыхлость субстратов, хорошую аэрацию и богатство почв минеральными питательными веществами. В основном это луговые и лесные виды, которые играют роль доминантов или ассектаторов в фитоценозах.

В природной основе флоры обнаруживается значительная доля растений со стержневым типом корневой системы – около 18,4%, что составляет 180 видов, указывая на достаточную аэрацию грунтов благодаря влиянию структуры корневых систем на физические характеристики почвы.

Рода *Bromopsis*, *Elytrigia*, *Festuca* и *Stipa*, представляющие собой дерновинные и корневищные злаки, имеют ключевое значение в процессе формирования растительного покрова среди травянистых многолетних растений. В экологических нишах изученных растительных ассоциаций бассейна реки Свияги именно представители данных родов выступают в качестве доминантов и содоминантов.

Группа плотнокустовых растений составляет 3,2% от общего числа видов аборигенной фракции флоры. Образование плотных дерновин связано с произрастанием в аридных условиях и на песчаных субстратах, где основание растения защищено от перегрева в верхних слоях почвы. Группа рыхлокустовых форм (5,0%) представлена преимущественно лугово-степными видами, предпочитающими почвы с лёгким механическим составом и достаточным увлажнением. Эта группа включает злаки и виды разнотравья.

Специализированные луковичные и клубнеобразующие виды растений, приспособляющиеся к фитоценотическим и сезонным факторам, составляют 1,4% и 1,9% соответственно среди аборигенных представителей флоры бассейна реки Свияги. Ранневесеннее начало роста характерно для луковичных растений, например, лилий и лука, благодаря чему они успешно избегают проблем, связанных с недостатком воды в почве. В пойменных лугах, лесах и кустарниковых зарослях произрастают клубнеобразующие растения, приспособленные к регулярному наводнению и повышенной влажности. Всего в исследованной флоре насчитывается 23 вида клубнеобразующих растений (1,7%).

Монокарпические травы представлены 194 видами (19,7%), среди которых преобладают однолетники (113 видов; 11,5%). Многолетники и двулетники составляют 81 вид (8,2%). Высокое количество малолетников свидетельствует о локальных трансформациях растительного покрова, особенно в экстремальных экотопах, таких как пески, засоленные почвы и обрывы. В антропогенно нарушенных биоценозах, например, вблизи населённых пунктов и сельскохозяйственных угодий, малолетники становятся ценозообразователями, что указывает на усиление антропогенного прессинга.

Таким образом, биоморфологический спектр флоры бассейна реки Свияги отражает умеренно-континентальные эколого-географические условия, характерные для переходной зоны между лесной, лесостепной и степной областями. Присутствие короткоцикловых малолетников служит индикатором начальных этапов антропогенной трансформации растительных сообществ.

Список литературы

1. Бакин, О.В. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 496 с.
2. Маевский, П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / П.Ф. Маевский. М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2006. 600 с.
3. Серебряков, И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И.Г. Серебряков // Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 146–205.
4. Флора Восточной Европы. СПб.: Мир и семья, 1996–2004. Т. 9–11.
5. Фролов, Д.А. Конспект флоры бассейна реки Свияги / Д.А. Фролов, А. Масленников. Ульяновск: Изд-во УлГПУ, 2010. 144 с.

Биоморфы флоры бассейна реки Свияги (по системе К. Раункиера)*Е. А. Грачёва, Д. А. Фролов*

Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова,
Ульяновск, Россия
gatika38@bk.ru

Ключевые слова: экологическая структура флоры, биоморфы, бассейн реки, р. Свияга.

Анализ биотипической структуры имеет ключевое значение в изучении растительного мира, так как многообразие биоморф (жизненных форм растений) указывает на разнообразие экологических факторов, определяющих условия их существования. Исследование растительности с точки зрения разнообразия жизненных стратегий и биоморф способствует описанию её экологических характеристик, выяснению уникальных свойств, генезиса и территориального распределения в системе фитоценозов высокого ранга.

В бассейне реки Свияги благодаря разнообразию природных условий формируется обширный спектр биоморф сосудистых растений.

При изучении разнообразия жизненных форм использовалась система классификации Раункиера с определёнными модификациями. Дополнительная информация о ряде видов растений основана на результатах личных исследований и анализе многочисленных данных из научной ботанической литературы [2-5].

Расположение и защита почек возобновления растений во время неблагоприятных сезонов являются основой классификации жизненных форм по Карлу Раункиеру [1]. Над поверхностью земли располагаются почки у фанерофитов, которые в средней полосе защищают почечные чешуи. Снег защищает почки хамефитов, которые находятся чуть выше поверхности земли, во время зимнего периода. Почки у гемикриптофитов находятся либо на поверхности земли, либо немного погружены, чаще всего в лесную подстилку. Зимовать могут почки криптофитов в земле, торфяных слоях или даже под водой. Терофиты, являясь однолетними растениями, зимуют в виде семян (см. таблицу). Из таблицы видно, что среди всех видов флоры в бассейне реки Свияги преобладают гемикриптофиты, их насчитывается 633, что равняется 48,0% от общего количества изученной флоры.

Таблица – Соотношение жизненных форм во флоре бассейна реки Свияги по системе К. Раункиера

Жизненные формы	Флора бассейна реки Свияги	
	флора в целом	аборигенная фракция
	абсолютное число видов от общего числа видов, %	
Гемикриптофиты	633/48,0	564/57,5
Терофиты	296/22,3	124/12,6
Геофиты	136/10,2	120/12,2
Фанерофиты	133/10,0	57/5,8
Хамефиты	57/4,3	52/5,3
Гелофиты	42/3,2	40/4,1
Гидрофиты	27/2,0	26/2,6
Всего	1324/100,0	983/100,0

В бассейне реки Свияга вторую позицию по количеству видов занимают терофиты, составляющие 22,3% всей флоры бассейна. Значительное число инвазивных видов, попавших сюда как случайным образом, так и намеренно, обуславливает

высокую долю терофитов среди изучаемых растений. На территории бассейна наблюдается разнообразие антропогенной деятельности, таких как распашка земель, вырубка лесов, строительство дорог и возведение хозяйственных объектов, что оказывает значительное негативное влияние на естественные фитоценозы. Это подтверждается синантропным характером терофитов в аборигенной флоре бассейна Свияги, которые представлены преимущественно однолетними растениями и рудеральными сорняками.

Аборигенные криптофиты составляют 18,9% от общего количества видов флоры и насчитывает 186 растений, являясь второй по значимости категорией. В состав этой группы включены около 120 видов геофитов. Среди них есть гелофиты, представленные 40 видами (12,2%). Виды-гидрофиты представлены 26 растениями, что составляет 2,6% от изученной флоры. Уровень антропогенного влияния на бассейн реки Свияги в целом характеризуется как умеренный, что подтверждается присутствием доли криптофитов в аборигенной фракции флоры. Данные виды изначально устойчивы к хозяйственной деятельности человека, хотя в почвенном покрове на нарушенных территориях наблюдается её уплотнения, которое ставит под угрозу выживание корневой системы растений, имеющей почки возобновления в глубинных слоях почвы. Это негативно влияет на их зимовку, размножение и распространение.

Четвертое место в спектре жизненных форм занимают фанерофиты, представленные деревьями, высокими и низкими кустарниками. Они составляют 10,0% (133 вида) от общей флоры и 5,8% (57 видов) от её аборигенной части.

Наименьшую долю в спектре жизненных форм занимают хамефиты, которые представлены 57 видами (4,3%) в общей флоре и 52 видами (5,3%) в её аборигенной части. Эта группа включает преимущественно кустарнички и полукустарнички.

Предполагаемые характеристики адаптации растений к неблагоприятной среде соответствуют литературным данным, так для умеренного климата типично доминирование гемикриптофитной растительности, где фанерофиты и хамефиты играют второстепенную роль, что согласуется с географическим расположением территории исследования (бассейна реки Свияги).

Таким образом, биоморфологический спектр флоры бассейна реки Свияги, согласно системе К. Раункиера, отражает умеренно-континентальные эколого-географические условия, характерные для переходной зоны между лесной, лесостепной и степной областями. Присутствие короткоциклового малолетника служит индикатором антропогенной трансформации растительных сообществ.

Список литературы

1. Raunkiaer. C. The life forms of plant and statistical plant geography / C. Raunkiaer. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.
2. Бакин, О.В. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 496 с.
3. Маевский, П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / П.Ф. Маевский. М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2006. 600 с.
4. Флора Восточной Европы. СПб.: Мир и семья, 1996–2004. Т. 9–11.
5. Фролов, Д.А. Конспект флоры бассейна реки Свияги / Д.А. Фролов, А.В. Масленников. Ульяновск: Изд-во УлГПУ, 2010. 144 с.

Специализация семенных растений некоторых лесных сообществ для формирования банков семян

Н. Н. Гусейнова, Я. И. Белоусов, Е. Е. Труфанова, О. Н. Торгашкова
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия
namilagusejnova@gmail.com

Ключевые слова: банк семян, жизнеспособность семян, масса семян, национальный парк «Хвалынский», распространение семян.

Свойство семян сохраняться в почве в жизнеспособном состоянии длительное время служит для сохранения вида в сообществах и выработалось у группы растений как приспособление, которое обеспечивает их совместное существование с другими членами сообщества [1].

Исследования проводились в лесных сообществах национального парка «Хвалынский» по общепринятым методикам [2]. Названия видов проводятся по П.Ф. Маевскому [3].

Исследованные лесные фитоценозы на дерново-карбонатных лесных почвах являются мезофитными сообществами древесных и травянистых растений, в которых эдификаторами являются деревья, а в травяном ярусе преобладают стержнекорневые и корневищные травы. Изученные сообщества также характеризуются факторами, важными для репродуктивной экологии растений и формирования семенных банков.

Древесный ярус сосняка купенового состоит в основном из *Pinus sylvestris*, а липо-кленовника волосистоосокового – *Acer platanoides* и *Tilia cordata*. Подрост и всходы представлены *Acer platanoides* и *Ulmus glabra*, единично встречаются *Pinus sylvestris*, *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula* и *Tilia cordata*. В кустарниковом ярусе господствуют *Euonymus verrucosa* и *Corylus avellana*, в сосняке единично встречается *Rubus saxatilis*, а в липо-кленовнике – *Viburnum opulus* и *Lonicera xylosteum*. В травяном ярусе сосняка купенового обнаружено 16 видов, максимальным числом характеризуются *Polygonatum odoratum*, в значительном количестве встречаются *Convallaria majalis*, *Solidago virgaurea* и *Poa nemoralis*. В липо-кленовнике волосистоосоковом обнаружено 17 видов, в травостое доминирует *Carex pilosa*, очень обильны *Stellaria holostea*, *Asarum europaeum*, *Galium odoratum*, *Aegopodium podagraria*, *Convallaria majalis* и *Lathyrus vernus*.

Для исследованных сообществ семенной банк актуален, так как большинство местных растений участвует в его образовании, диаспоры почти 2/3 травянистых видов исследованных сообществ способны формировать либо долговременный, либо кратковременный семенной банк (см. рисунок).

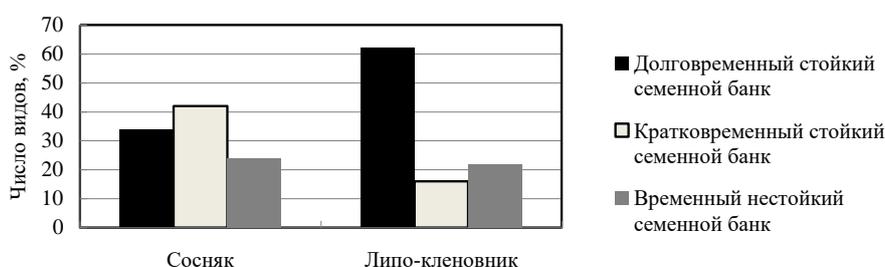


Рисунок – Распределение видов растений по способности формировать семенной банк

Больше половины видов растений (61%) в липо-кленовнике могут формировать долговременный стойкий семенной банк, около 17% – кратковременный стойкий и 22% –временный нестойкий. В сосняке характер распределения семенных банков по долговечности иной, менее половины растений (40%) способны формировать кратковременный стойкий семенной банк, около 36% – долговременный стойкий и 24% –временный нестойкий. В исследованных сообществах присутствуют виды, не способные образовывать постоянный семенной банк (*Pinus sylvestris*, *Polygonatum odoratum*, *Asarum europaeum*, *Dactylus glomerata*, *Polygonatum multiflorum*). Присутствующие в сообществах деревья и кустарники могут входить либо в кратковременный стойкий семенной банк (*Acer platanoides*, *Ulmus glabra*), либо во временный нестойкий (*Pinus sylvestris*).

Высокая актуальность семенного банка взаимосвязана с морфологией диаспор растений и соотношением способов их распространения. По соотношению способов распространения диаспор в сообществах преобладает энтомофилия (около 92–94% видов), единичны виды, использующие для распространения ветер (3–4%), причем доля видов с морфолого-анатомическими адаптации к баллистохории в сосняке выше (21%), чем в липо-кленовнике (9%), а доля анемохоров во всех сообществах соответственно ниже (до 6%).

Результат распространения успешный, если диаспора оказывается на незанятом месте в допустимых для растения экологических условиях, что достигается сочетанием распространения в пространстве и во времени, через семенной банк, когда диаспора может длительное время находиться в почве, сохраняя жизнеспособность, но не прорастая.

Способность диаспор сохранять жизнеспособность в почве коррелирует с их размером и формой. В почве лучше всего сохраняются относительно мелкие округлые диаспоры. В исследованных сообществах диаспоры 50–60% видов лишены каких-либо специальных придатков и имеют шаровидную или овальную форму. У диаспор некоторых растений имеются адаптации, позволяющие им преодолеть слой растительного опада и даже заглубиться в почву (*Solidago virgaurea* и *Rubus saxatilis*). В долговременном семенном банке представлены в значительном количестве растения с мелкими семенами весом до 0,74 мг (*Solidago virgaurea*, *Poa nemoralis* и *Galium odoratum*). В меньшем количестве встречаются растения с крупными семенами до 8,8–15,00 мг, для которых характерен либо долговременный тип семенного банка (*Aegopodium podagraria*, *Rubus saxatilis*, *Pulmonaria obscura*), либо кратковременный (*Convallaria majalis*, *Brachypodium sylvaticum*). Следовательно, в семенных банках выше доля мелких семян весом от 0,182 до 0,90 мг. Семена весом от 4,156 до 9,800 мг неустойчивы в семенном банке, но обеспечивают значительную конкурентную способность при прорастании (*Acer platanoides* и *Tilia cordata*).

Таким образом, в сообществах присутствуют виды растений способных формировать долговременный стойкий семенной банк, кратковременный стойкий семенной банк и временный нестойкий. Долговременный семенной банк формируют в значительном количестве растения с мелкими семенами весом до 0,74 мг, с увеличением веса семян способность сформировать семенной банк уменьшается.

Список литературы

1. Петров, В.В. Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР / В.В. Петров. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 176 с.
2. Тарасов, А.О. Руководство к изучению лесов Юго-Востока Европейской части СССР / А.О. Тарасов. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1981. 102 с.
3. Маевский, П.Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР / П.Ф. Маевский. Л.: Колос, 1964. 880 с.

Особенности строения семян и способы их распространения у некоторых растений-паразитов

Н. А. Гыльдэжов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия
nepes.21.07@gmail.com

Ключевые слова: растение-паразит, паразитизм, строения и распространения семян.

Паразитизм – форма взаимоотношений между организмами разного вида, где один организм является паразитом, а другой является хозяином. Это широко распространённое явление, как среди растений, так и среди животных [1]. Целью работы явилось изучение особенностей строения семян и способы их распространения у некоторых растений-паразитов.

В группу паразитных цветковых растений включаются зелёные и бесхлорофилльные чужеядные растения из Scrophulariaceae, Orobanchaceae, Santalaceae, Olacaceae, Opiliaceae, Misodendraceae, Loranthaceae, Balanophoraceae, Cynomoriaceae, Rafflesiaceae, Lennoaceae, Lauraceae и Cuscutaceae. Из этих семейств мировая флора насчитывает почти 33,5 тыс. видов, относящихся к более 1000 родам. В том числе бесхлорофилльных видов насчитывается почти 450 видов, относящихся к более 60 родам [2]. Во флоре России паразитные растения относятся к Scrophulariaceae, Santalaceae, Cuscutaceae, Orobanchaceae, Loranthaceae, Cynomoriaceae. Во флоре Саратовской области насчитывается 30 видов паразитных растений из Scrophulariaceae, Santalaceae, Cuscutaceae, Orobanchaceae. Наиболее богато паразитическими видами Scrophulariaceae [3].

В строении семян и способах их распространения хорошо выражены приспособления к паразитизму.

У паразитов редуцированы листья, нет фотосинтеза, преимущественное развитие получила генеративная сфера. Они обильно цветут, образуя множество многосемянных плодов. Так, у раффлезии Арнольда одно растение даёт огромное количество семян. У заразики плод коробочка содержит от 1200 до 2000 семян, а на всём растении созревает до 150000 семян [4]. У марьяника полевого, по нашим данным, одна особь образует до 90–140 коробочек, в которых созревает до 180–350 семян.

Различаются семена и по строению зародыша. У марьяников семена с эндоспермом, полностью сформированный зародыш занимает центральное положение. У повилики семена пылевидные, у зародыша полностью отсутствуют зародышевый корешок и семядоли. В таких семенах сочетаются две адаптации: к паразитизму и к распространению семян ветром или слабыми воздушными потоками. Редукция семян обеспечивает резкое увеличение числа семян, производимых паразитным растением.

У многих покрытосеменных растений функции расселения зародыша, его защиты, закрепления на субстрате и перенесения неблагоприятных для развития условий распределены между структурами плода и семени. Однако, например, у некоторых баланофор функции расселения, осуществляемые тканями плода, сведены к минимуму или плод вообще отсутствует, а основные заботы о зародыше берёт на себя семя.

Семена паразитных растений, например *Rafflesia* (Rafflesiaceae) и *Balanophora* (Balanophoraceae), распространяются крупными животными посредством клейкой пульпы, развивающейся в плодах или в тканях оси соцветия. У некоторых видов *Bdallophyton* (например, у *B. oxylepis*) (Rafflesiaceae) плоды при созревании погружаются в мякоть тканей оси соцветия, и, таким образом, в образовании пульпы принимают участие и ткани плода, и ткани оси соцветия.

У большинства представителей Loranthaceae, напротив, плоды осуществляют и присущие им биологические функции, и функции семени. У плодов (ягод) омелы клейкая пульпа, которая способствует прикреплению семян (после прохождения плодов через желудочный тракт птиц) к стеблям растений-хозяев.

Семена из сухих плодов некоторых представителей Orobanchaceae (*Cistanche*, *Phelypaea*, *Aeginetia*, *Epiphagus* и др.), Balanophoraceae (*Mystropetalon*, *Sarcophyte*), Scrophulariaceae (*Melampyrum*) разносятся главным образом с помощью мелких почвенных животных (муравьев, термитов). Крылатые семена, например у *Rhinantus* (Scrophulariaceae), – распространённая адаптация к анемохории.

У *Bdallophyton oxylepis*, *Rafflesia* (Rafflesiaceae), *Balanophora* (Balanophoraceae) плоды при созревании погружаются в мякоть тканей оси соцветия, и, таким образом, в образовании пульпы принимают участие и ткани плода, и ткани оси соцветия. У этих паразитных растений семена распространяются крупными животными при посредстве клейкой пульпы, развивающейся в плодах или же в тканях оси соцветия.

Дальневосточные виды рода *Phacellanthus* (Orobanchaceae) часто приурочены к местам, посещаемым лесными животными, в частности к кабаньим тропам. Семена этих растений, подобно семенам *Rafflesia*, также погружены в клейкую пульпу плода и разносятся крупными животными.

У паразитных растений часто встречается «слизевая» адгезия. Так, для высокоспециализированных паразитных растений из Balanophoraceae и Orobanchaceae характерно так называемое «донорзависимое» прорастание, при котором развитие проростка начинается после воздействия на семя (у *Orobanche*) или на односемянный плод (у *Balanophora*) выделениями из корней растений-хозяев. Эти выделения регулируют и направление роста у проростков.

У *Balanophora* перикарпий вокруг корневого полюса редуцированного зародыша разрывается трубчатыми выростами клеток эндосперма. Эти выросты секретируют клейкую слизь, посредством которой и фиксируют плод у поверхности корня растения-хозяина. Только после этого базальные клетки зародыша образуют гаусториальные выросты, которые и внедряются в ткани корня хозяина. У *Orobanche* подобная слизь выделяется клетками апикальной области проростка, фиксирующей его на поверхности корня растения-хозяина. После этого, часть его апикальных клеток образует гаусторию, которая с помощью выделяемых энзимов внедряется в ткани корня [6].

Особенности строения семян и способы их распространения среди растений-паразитов играют ключевую роль в их жизненном цикле и паразитарной стратегии. Семена этих растений имеют уникальное строение, например, неразвитый зародыш, который не расчленен на корень, стебель и семядоли, что позволяет им эффективно прорасти и заразить хозяев под воздействием стимулов со стороны корней растений-хозяев.

Список литературы

1. Ручин, А.Б. Экология популяций и сообществ: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.Б. Ручин. М.: ИЦ «Академия», 2006. 352 с.
2. Терёхин, Э.С. Паразитные цветковые растения: эволюция онтогенеза и образ жизни / Э.С. Терёхин. Л.: Наука, 1977. 220 с.
3. Еленевский, А.Г. Конспект флоры Саратовской области / А.Г. Еленевский, Ю.И. Буланый, В.И. Радыгина. Саратов: Издательский центр «Наука», 2008. 232 с.
4. Михайлов, В. Эволюция паразитизма / В. Михайлов // Паразитология. 1967. Т. 1, Вып. 2. С. 105–116.
5. Дерим-Оглу, Е.Н. Паразитизм в растительном и животном мире / Е.Н. Дерим-Оглу, Н.А. Фролова // Начальная школа. 2001. № 4. С. 50–55.
6. Терёхин, Э.С. Репродуктивная биология сорных заразиховых / Э.С. Терёхин. Л.: Наука, 1988. 120 с.

Изучение экологической взаимосвязи марганецоксиляющих микроорганизмов

К. Ю. Варюхина, Е. В. Плевакова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
karina-karina2005@mail.ru

Ключевые слова: марганецоксиляющие микроорганизмы, экологическая взаимосвязь.

В настоящее время актуальной остается проблема техносферного загрязнения окружающей среды. Одними из ведущих поллютантов являются тяжелые металлы, в частности, марганец. В водных объектах урбанизированных экосистем зачастую наблюдается превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) этого элемента [1]. Так как марганец принимает непосредственное участие в биологическом круговороте веществ и энергии и в регуляции метаболизма, изменение его концентрации оказывает негативное влияние на состояние экосистемы в целом и на здоровье человека в частности. В связи с этим остро встает вопрос об очистке вод от избыточных концентраций марганца. Существующие сейчас физико-химические методы очистки сточных вод значительно уступают биологическим по избирательности и общей стоимости [2]. Способностью окислять двухвалентные соединения марганца и адсорбировать оксиды этого элемента на поверхности собственной клетки обладают марганецоксиляющие бактерии, что говорит о возможности их использования для очистки сточных вод.

Для повышения эффективности в биотехнологиях очистки воды важно создание микробных консорциумов. В отличие от монокультур, они обладают большей адаптивностью, а также способны к более быстрому биологическому окислению [3]. Целью данной работы являлось определение экологической взаимосвязи марганецоксиляющих бактерий для дальнейшей оценки возможности создания на их основе эффективных микробных консорциумов.

В ходе эксперимента была изучена экологическая взаимосвязь микробных штаммов *Bacillus simplex* 55.2, *B. simplex* 13.2, *B. megaterium* 69.5 и *Listeria murrayi* 13.4, выделенных ранее из урбаноземов города Медногорска (Оренбургская область, Россия) [4]. Также в предыдущих исследованиях было показано, что данные микроорганизмы способны удалять высокие концентрации Mn (II) из водной среды, и представляют перспективу для использования их в биотехнологии очистки воды [5].

Нами был произведен перекрестный посев исследуемых микроорганизмов на среду МПА и отмечены особенности роста колоний в местах их соприкосновения (см. таблицу).

Таблица – Особенности роста марганецоксиляющих микроорганизмов при перекрестном посеве

Исследуемый штамм (горизонтальный посев)	Штамм, относительно которого наблюдается рост (вертикальный посев)			
	<i>Bacillus simplex</i> 13.2	<i>Listeria murrayi</i> 13.4	<i>Bacillus simplex</i> 55.2	<i>Bacillus megaterium</i> 69.5
<i>Bacillus simplex</i> 13.2		+-	-	+-
<i>Listeria murrayi</i> 13.4	+		+-	+-
<i>Bacillus simplex</i> 55.2	+	+		+
<i>Bacillus megaterium</i> 69.5	+	+-	-	

Примечание: «-» – отсутствие роста; «+-» – слабый рост; «+» – хороший рост.

Согласно полученным данным, штамм *B. simplex* 55.2 подавляет рост всех остальных микроорганизмов. Однако в одном из повторов относительно него наблюдался слабый рост *L. murrayi* 13.4. Микробные штаммы *B. simplex* 13.2, *L. murrayi* 13.4 и *B. megaterium* 69.5, по всей видимости, состоят в нейтральных отношениях, так как полного подавления роста того или иного штамма в местах их соприкосновения не происходит. Небольшую ингибирующую активность из них способны проявлять *L. murrayi* 13.4 и *B. megaterium* 69.5.

Для уточнения экологических взаимоотношений между штаммами *L. murrayi* 13.4 и *B. simplex* 55.2 был проведен посев микроорганизмов методом лунок на среду МПА. В результате была выявлена антагонистическая активность *B. simplex* 55.2 в отношении *L. murrayi* 13.4. В случае, когда в лунку вносилась бульонная культура *B. simplex* 55.2, а *L. murrayi* 13.4 высевалась на поверхность МПА, вокруг лунки наблюдались зоны подавления роста, связанные с ингибирующим действием первого штамма на второй. Когда же в лунке находилась культура *L. murrayi* 13.4, зон подавления роста не наблюдалось.

Как известно, антибиотическая активность микроорганизмов рода *Bacillus* связана с продукцией ими широкого спектра биологически активных веществ, в том числе ферментов, липопептидных и иных антибиотиков, которые способны угнетать рост других микроорганизмов [6].

Таким образом, в ходе исследования была определена экологическая взаимосвязь четырех штаммов марганецоксилирующих микроорганизмов. На основе полученных данных можно сделать вывод о нежелательности включения штамма *B. simplex* 55.2 в микробные консорциумы из-за его негативного воздействия на развитие других марганецоксилирующих микроорганизмов.

Список литературы

1. Рябова, Э.Г. Содержание тяжёлых металлов в городских водоемах / Э.Г. Рябова // Теоретическая и прикладная экология. 2019. №1. С. 36–40.
2. Бирзуль, А.Н. Сравнительная оценка методов удаления марганца из подземных вод / А.Н. Бирзуль, Д.А. Пителик // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2018. Т. 3. С. 290–295.
3. Биодеструкция нефти отдельными штаммами и принципы составления микробных консорциумов для очистки окружающей среды от углеводородов нефти / Ветрова А.А. [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2013. № 2–1. С. 241–257.
4. Микробиологическая и биохимическая индикация почв города Медногорска / Плешакова Е.В. [и др.] / Агрохимия. 2016. № 1. С. 66–73.
5. Касаткина, М.А. Изучение биологических и функциональных свойств микроорганизмов с высокой устойчивостью к марганцу (II) / М.А. Касаткина, М.В. Решетников, Е.В. Плешакова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, Вып. 3. С. 318–330.
6. Леяк, А.А. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacillus* spp. в отношении возбудителей болезней животных и растений / А.А. Леяк, М.В. Штерншис // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. №. 1, Т. 26. С. 42–55.

Влияние бруцеллина, конъюгированного с наночастицами золота, на выработку опсонизирующих антител

Р. Д. Вырицков, С. А. Староверов, Л. А. Дыкман

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия
roman18061@mail.ru

Ключевые слова: наночастицы золота, бруцеллин, иммунизация, антитела, опсонофагоцитарная реакция.

Brucella – род бактерий из семейства Brucellaceae класса альфа-протеобактерий. Бруцеллез – зоонозная инфекция, вызываемая микроорганизмами рода бруцелл, передающаяся от больных животных человеку, характеризующаяся множественным поражением органов и систем организма [1]. Бруцеллы обладают высокой проникающей способностью, внедряются в организм даже через неповрежденные слизистые оболочки пищеварительного тракта, легких, глаз, кожи, распространяются по лимфоток и депонируются в лимфатических узлах. Бруцеллы сохраняются внутри фагоцитов, выделяя низкомолекулярные факторы, ингибирующие слияние фагосом с лизосомами. Внутри фагоцитов бруцеллы могут переходить в L-формы и длительно персистировать [2]. Для диагностики бруцеллеза, в частности, используют кожные аллергические пробы с применением бруцеллина – полисахаридно-белкового комплекса, выделенного из вакцинного штамма *Brucella abortus* [3]. Профилактические мероприятия при бруцеллезе затруднены, поскольку массовые профилактические прививки животных не дали ожидаемого результата [4]. При производстве вакцин существует потребность в эффективных носителях для доставки антигенов в иммунокомпетентные клетки. Одними из эффективных наноносителей антигенов, предложенных для иммунизации и вакцинации, являются наночастицы золота [5]. Цель настоящего исследования – получение конъюгатов наночастиц золота с бруцеллином; иммунизация полученным конъюгатом лабораторных животных с оценкой показателей клеточного и гуморального иммунитета; изучение влияния нативного бруцеллина и его конъюгата с наночастицами золота на персистенцию бруцелл.

В настоящем исследовании был получен конъюгат бруцеллина с наночастицами золота, проведена иммунизация мышей полученным конъюгатом, исследована пролиферативная активность перитонеальных макрофагов и спленоцитов по способности клеток восстанавливать соли тетразолия до формазана. Также был определен титр полученных антител методом ИФА и проверена их чувствительность методом дот-иммуноанализа. Для оценки активности фагоцитоза иммунных сывороток, полученных от контрольной и экспериментальных групп животных, вакцинированных бруцеллином, была использована опсонофагоцитарная реакция. Анализ опсонофагоцитарного уничтожения используется для измерения функциональной способности антител. Его результаты коррелируют с защитными свойствами вакцин-кандидатов. Опсонофагоцитарная активность является основным показателем функциональной активности антител *in vitro* и зависит от связывания антител и фиксации комплемента, что ведет к гибели бактерий и клиренсу. Опсонофагоцитарная реакция – легко воспроизводимый анализ с доступными стандартными реагентами, который является ценным инструментом для оценки антител, специфичных для патогенов, в исследованиях естественного иммунитета и вакцин. Измерение функциональности опсонизирующих антител является важным компонентом клинического пути разработки эффективных вакцин.

В результате проведенных экспериментов обнаружено, что введение животным нативного бруцеллина приводило к угнетению пролиферации лимфоидных клеток.

Конъюгация бруцеллина с наночастицами золота снимала отрицательный эффект влияния антигена на фагоцитирующие клетки – пролиферативная активность увеличивалась в 4-5 раз и оставалась на уровне контроля или введения раствора неконъюгированных наночастиц золота. Сходные результаты были получены при поствакцинальном инъецировании животным клеток штамма *B. abortus* 82 – пролиферативная активность лимфоидных клеток увеличивалась в 7 раз по сравнению с введением нативного антигена и оставалась на уровне контроля или использования раствора неконъюгированных наночастиц золота.

Титр полученных после иммунизации бруцеллином антител в сыворотке крови определяли с помощью твердофазного ИФА. Максимальный титр был обнаружен при введении конъюгата антигена с наночастицами золота, он составил 1:10240. В отношении группы, которой вводили нативный антиген, наблюдали угнетение выработки антител (титр составил 1:320), то есть наблюдалось угнетение также антителообразующего (гуморального) звена иммунитета, и снова наночастицы золота ослабляли этот эффект. Результаты ИФА были подтверждены методом дот-иммуноанализа. Антисыворотка, полученная при иммунизации животных конъюгатом антигена с наночастицами золота, оказалась наиболее чувствительной. Предел обнаружения составил ~1 нг.

В результате проведения опсонофагоцитарной реакции после иммунизации мышей бруцеллином продемонстрировано, что в группе животных, иммунизированных конъюгатом антигена с наночастицами золота, обнаружена более интенсивная выработка опсонизирующих антител, что подтверждалось снижением КОЕ в 3 раза по сравнению с контролем. После инъецирования животным клеток штамма *B. abortus* 82 этот эффект стал еще более выраженным – количество КОЕ снизилось в 5 раз по сравнению с контролем. При этом введение нативного антигена в обоих случаях не приводило к значительному снижению КОЕ, то есть опсонизирующие антитела практически не вырабатывались.

Таким образом, впервые продемонстрировано, что конъюгат бруцеллина с наночастицами золота вызывает выраженный иммунный ответ при вакцинации животных. Предложенная схема иммунизации позволяет не только получать антитела для иммунохимических тестов, но и способствовать инактивации персистирующих микроорганизмов.

Список литературы

1. Brucellosis / G. Pappas [et al.] // N. Engl. J. Med. 2005. Vol. 352. P. 2325–2336.
2. Interactions of the human pathogenic *Brucella* species with their hosts / V.L. Atluri [et al.] // Annu. Rev. Microbiol. 2011. Vol. 65. P. 523–541.
3. Galińska, E.M. Brucellosis in humans – etiology, diagnostics, clinical forms / E.M. Galińska, J. Zagórski // Ann. Agric. Environ. Med. 2013. Vol. 20. P. 233–238.
4. Ko, J. Molecular host-pathogen interaction in brucellosis: current understanding and future approaches to vaccine development for mice and humans / J. Ko, G.A. Splitter // Clin. Microbiol. Rev. 2003. Vol. 16. P. 65–78.
5. Dykman, L.A. Gold nanoparticles for preparation of antibodies and vaccines against infectious diseases/ L.A. Dykman // Expert Rev. Vaccines. 2020. Vol. 19. P. 465–477.

Исследование фитотоксичности роккала и хлорамина Б в дистиллированной воде методом биотестирования

Д. Е. Гаранина

Владимирский государственный университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
Владимир, Россия
degaranina@gmail.com

Ключевые слова: роккал, хлорамин Б, биотестирование, красный редис с белым кончиком.

Во второй половине XXI в. во всем мире резко возросло производство и использование лекарств, что привело к загрязнению окружающей среды и живых организмов этими веществами [1]. Лекарства обладают биологической активностью, поэтому их присутствие в природных экосистемах может оказывать влияние на рост растений, особенно на начальных этапах их развития.

В исследовании применялись распространенные аптечные антисептики в форме растворов, используемые для дезинфекции рук, кожи при ранах, хирургического инструментария, операционных поверхностей, мебели, для ухода за пациентами, а также в пародонтологии и имплантологии. Были выбраны хлорамин Б и роккал [2].

Хлорамин Б ($C_6H_5SO_2N(Na)Cl \cdot 3H_2O$) – бензолсульфохламамид натрия. Взаимодействие с другими препаратами не исследовалось. Рабочие растворы концентрацией до 1% (по препарату) при многократных воздействиях не вызывают местно-раздражающего действия, а рабочие растворы концентрацией более 1% – вызывают сухость кожи, в аэрозольной форме вызывают раздражение органов дыхания и слизистых оболочек глаз. Роккал – смесь алкилдиметиламмония хлорида. Алкил (R) = от C_8H_{17} до $C_{18}H_{37}$. Раствор препарата проявляет несовместимость: с мылом, калия перманганатом, основаниями, анионитами, бромидами, нитратами, йодидами, солями ртути [3].

Аллергические реакции на компоненты препарата, бессонница, приступы страха, недомогание, тошнота, рвота, одышка, цианоз, судороги, при отравлении – обморок.

В работе применялись растворы антисептиков в диапазоне концентраций 0,01–100 мг/дм³, приготовленные путем последовательного разбавления исходных препаратов в дистиллированной воде.

Влияние выбранных препаратов оценивалось на основе показателя биологической активности вещества (ПБА), как описано в работе [4]. ПБА определялся по формуле: $ПБА = (\bar{L}_x / \bar{L}_0) \cdot 100, \%$, где \bar{L}_x – средняя длина корня и высота побега в опытном и контрольном образцах, соответственно.

Значение ПБА выше 100% указывает на стимуляцию роста, а ниже 100% – на ингибирование. Дополнительно, для оценки влияния лекарств на растения использовали показатель коррекции роста растений (ПКР), рассчитываемый как: $ПКР = \bar{L}_x / \bar{L}_n$.

Этот показатель отражает продуктивность растения и его способность адаптироваться к стрессовым условиям. В качестве тест-объекта были использованы семена белого редиса с красным кончиком (*Raphanus sativus* L.). Этот показатель характеризует продукционный потенциал растения и его стрессоустойчивость к вредным факторам окружающей среды [4].

На рисунке представлены эффекты воздействия роккала и хлорамина Б при различных концентрациях на проростки редиса в дистиллированной воде.

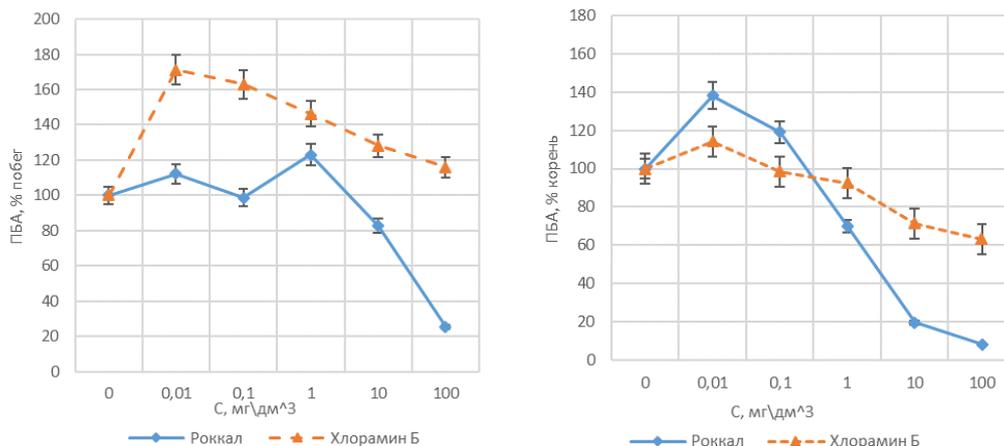


Рисунок – Зависимость величины ПБА побега и корня редиса от концентрации роккала и хлорамина Б в дистиллированной воде

Таблица – Зависимость ПКР лекарств от концентрации веществ в дистиллированной воде

Концентрация, мг/дм ³	ПКР	
	Хлорамин Б	Роккал
0,01	1.91	1.29
0,1	1.87	1.17
1	0.88	1.22
10	0.36	1.07
100	0.5	1.05

Таким образом, в дистиллированной воде при воздействии роккала на корень при концентрации 0,01 мг/дм³ происходила незначительная стимуляция роста, в интервале концентраций 0,1–100 мг/дм³ – ингибирование, возрастающее с увеличением концентраций. Воздействие роккала на побег при концентрациях 1–100 мг/дм³ приводили к ингибированию их роста, а при концентрациях 0,1–1 мг/дм³ – оказывало стимулирующее действие на их рост. Хлорамин Б стимулировал рост корней и побегов проростков редиса при концентрациях 0,01 мг/дм³, в интервале концентраций 0,1–100 мг/дм³ вызывал ингибирование роста, возрастающее с увеличением концентрации. ПКР во все опытах с увеличением концентраций снижается, что связано с преимущественным ингибированием роста корня.

Список литературы

1. Баренбойм, Г.М. Загрязнение поверхностных и сточных вод лекарственными препаратами / Г.М. Баренбойм, М.А. Чиганова. М.: Наука, 2015. 238 с.
2. Чеснокова, С.М. Оценка устойчивости антибиотиков различных групп в водной среде методом биотестирования / С.М. Чеснокова, О.В. Савельев // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 9–1, Т. 99. С. 101–109.
3. Машковский, М.Д. Лекарственные средства в двух частях. Ч. II, 12-е изд. перераб. и доп. М.: Медицина, 1993. С. 215–217.
4. Чеснокова, С.М. Оценка воздействия фторид-ионов на фитотоксичность антибиотиков методом биотестирования / С.М. Чеснокова, О.Г. Савельев // Безопасность жизнедеятельности. 2023. № 7. С. 41–46.

**Фаговые антитела и акустическая сенсорная система
для индикации белков теплового шока**

Р. Д. Вырщиков^{1,4}, *О. И. Гулий*¹, *Б. Д. Зайцев*², *И. А. Бородина*², *С. А. Староверов*¹,
*А. В. Федорова*¹, *К. К. Фурсова*³, *Ф. А. Бровко*³, *Л. А. Дыкман*¹

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия

²Саратовский филиал Института радиотехники и электроники

им. В.А. Котельникова РАН, Саратов, Россия

³Филиал Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и
Ю.А. Овчинникова РАН, Пушкино, Россия

⁴Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
gulyi_olga@mail.ru

Ключевые слова: фаговый дисплей, белки теплового шока, акустический датчик.

Постоянный рост численности онкологических заболеваний приводит к неуклонному увеличению смертности населения во всем мире и является основным фактором, побуждающим к развитию новых методов ранней диагностики онкологических заболеваний. Диагностика рака зависит от этапа развития заболевания, поэтому на каждой стадии прогрессирования болезни могут быть использованы разные диагностические методы. Особое внимание уделяется раннему выявлению онкологического заболевания, т. е. на том этапе развития, когда пациенты не замечают никаких клинических признаков. Классические общепринятые методы, используемые для диагностики рака, включают в себя: биопсию, визуализирующие исследования, диагностику по онкомаркерам, эндоскопические методы, гистологические и цитологические исследования [1]. Описаны также такие методы диагностики рака, как позитронно-эмиссионная томография, иммуноферментный анализ, полимеразная цепная реакция, ДНК секвенирование и флуоресцентная гибридизация *in situ* и др. [2]. Основная проблема всех описанных методов заключается в трудностях диагностики онкологического заболевания на ранней стадии его возникновения.

Диагностический анализ в онкологии может быть основан не только на традиционных методах диагностики, но и на поиске косвенных маркеров, свидетельствующих о наличии онкологического заболевания. Особого внимания в данном направлении заслуживает индикация белков теплового шока, как маркеров развития онкологического процесса [3]. Важная роль при развитии методов определения онкологических маркеров принадлежит биосенсорным технологиям, среди которых выделяются акустические биосенсоры [4]. Значительным преимуществом акустических датчиков является возможность интегрировать их с другими технологиями для разработки многопараметрических и интеллектуальных устройств, собирающих более полную информацию о биомаркерах. В качестве распознающего компонента акустической сенсорной системы могут, в частности, применяться рекомбинантные антитела, специфичные к онкологическому маркеру.

С использованием технологии фагового дисплея получены антитела, специфичные к белкам теплового шока, выделенным из клеток линии мышинной миеломы Р3Х63Ag8.653 [5]. Полученные фаговые антитела применяли в качестве сенсорного компонента акустической системы при индикации белков теплового шока, локализованных на поверхности клеток. Аналитическим сигналом сенсорной системы служило изменение модуля электрического импеданса резонатора после регистрации взаимодействия белков теплового шока со специфичными фаговыми антителами.

Показано, что величина изменения модуля электрического импеданса датчика зависит от количества фаговых антител, добавляемых к анализируемой суспензии.

Таким образом, технология фагового дисплея является многообещающей платформой для получения антител, специфичных к белкам теплового шока. Представлен способ быстрой иммуноиндикации белков теплового шока, локализованных на поверхности клеток, с помощью акустической сенсорной платформы на основе пьезоэлектрического резонатора с поперечным электрическим полем и использованием в качестве сенсорного компонента фаговых антител, специфичных к белкам теплового шока. Эффективность взаимодействия фаговых антител с белками теплового шока подтверждена данными микроскопического анализа и проточной цитофлуориметрии. Полученные результаты являются перспективными для развития неинвазивного экспресс-метода ранней диагностики рака на основе определения белков теплового шока, а также для контроля содержания этих биомаркеров при мониторинге противоопухолевого лечения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 24-29-00463.

Список литературы

1. Cancer diagnosis: from tumor to liquid biopsy and beyond / R. Vaidyanathan [et.al] // *Lab Chip*. 2019. Vol. 19. P. 11–34.
2. Topkaya, S.N. Electrochemical biosensors for cancer biomarkers detection: Recent advances and challenges / S.N. Topkaya, M. Azimzadeh, M. Ozsoz // *Electroanalysis* 2016. Vol. 28. P. 1402–1419.
3. Guliy, O.I. Heat shock proteins in cancer diagnostics / O.I. Guliy, S.A. Staroverov, L.A. Dykman // *Appl. Biochem. Microbiol.* 2023. Vol. 59. P. 395–407.
4. Recent advances in acoustic wave biosensors for the detection of disease-related biomarkers: a review / J. Zhang [et. al] // *Anal. Chim. Acta* 2021. Vol. 1164. P. 338321.
5. Phage antibodies against heat shock proteins as tools for in vitro cancer diagnosis / S.A. Staroverov [et. al] // *Biosens. Bioelectron.* 2022. Vol. 11. P. 100211.

УДК 612.42:57.089.24

Технология лимфатической доставки липосом в ткани мозга при глиоме у мышей

В. Н. Данильцева, Е. И. Саранцева, О. В. Семячкина-Глушковская

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
daniltseva.v22@bk.ru

Ключевые слова: липосомы, лекарственные препараты, лимфатическая доставка, фармакопунктура, акупунктура, гематоэнцефалический барьер, носители.

Липосомы выполняют ключевую роль в качестве наноносителей для доставки лекарственных средств в опухоли головного мозга, что представляет собой перспективный подход в его лечении. Эти везикулы могут повышать управляемость и точность доставки лекарственных препаратов, уменьшать их токсичность для окружающих тканей. Изучение новых методов лимфатической доставки лекарств к злокачественным опухолям обусловлено необходимостью поиска более эффективных методов лечения глиомы, которая часто приводит к тяжелым последствиям и смерти. В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование совмещения фотоздействия на акупунктурные и фармакопунктурные точки, что представляет собой альтернативный метод лечения патологий головного мозга, включая повышение

проницаемости гематоэнцефалического барьера (ГЭБ). Липосомы вводили через зоны акупунктуры с применением фотостимуляции 1267 нм, локализованной в районе решетчатой кости и в затылочной области для стимуляции лимфатической доставки наночастиц. Для дополнительного подтверждения результатов использовали флуоресцентную микроскопию, а также исследовали распределение FITC-декстрана 70 кДа по дорзальной и вентральной частям мозга и выведение его в глубокие шейные лимфоузлы после инъекции трейсера в правый боковой желудочек.

Результаты показали, что комбинированное применение фотостимуляции и введение игл в точки акупунктуры существенно увеличивает эффект активации лимфодренажной и лимфовыводящей функций головного мозга. Было подтверждено более интенсивное выведение FITC-декстрана из мозга по сравнению с контрольной группой (без какого-либо воздействия). Отмечалось накопление наночастиц в тканях глиомы у мышей при фотовоздействии на точки фармакопунктуры и акупунктуры, что является актуальной темой в современной медицине.

Таким образом, результаты *in vivo* и *ex vivo* экспериментов с применением разных методов мониторинга лимфовыводящей функции мозга свидетельствуют о том, что комбинированное фотовоздействие и иглоукалывание способствует накоплению наночастиц в тканях глиомы и стимулирует лимфовыводящую функцию мозга, что сопровождается очищением его тканей. Эти методы, будучи безопасными и альтернативными подходами к терапии заболеваний центральной нервной системы, могут способствовать разработке более эффективных методов лечения злокачественных опухолей, значительно улучшая прогнозы выживаемости и качество жизни пациентов.

Список литературы

1. Photomodulation of lymphatic delivery of liposomes to the brain bypassing the blood-brain barrier: new perspectives for glioma therapy / O.V. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Nanophotonics*. 2021. Vol. 10. P. 3215–3227.
2. Саранцева, Е.И. Молекулярные механизмы звукового открытия гемато-энцефалического барьера у грызунов: / Е.И. Саранцева, Т.Д. Искра, О.В. Семячкина-Глушковская // *Известия Саратовского университета*. 2023. Т. 23. С. 94–95.

УДК 57.044

Особенности влияния растворов полифосфата аммония на водные тест-организмы

А. Д. Демышева, Е. В. Плешакова

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

Ключевые слова: полифосфат аммония, *Chlorella vulgaris* Beijer, *Daphnia magna* Straus, *Lemna minor* L.

В современном мире широко применяются антипирены – вещества, введенные в материалы или нанесенные на них для подавления реакции возгорания или же препятствующие самому процессу горения, прогрессированию огня и тлению. В последние годы в качестве антипирена, благодаря безопасности и экономической эффективности, стал использоваться полифосфат аммония (ПФА), относящийся к классу аммониевых солей линейно-конденсированных полифосфорных кислот. Он применяется не только в качестве антипирена, но и при производстве

водорастворимых, хелатных удобрений и удобрений с контролируемым высвобождением. Также ПФА используют в пищевой промышленности в качестве пищевой добавки и эмульгатора (E545) [1].

В почве и осадке сточных вод ПФА распадается на аммиак и фосфаты [2]. При контакте с водой ПФА подвергается медленному гидролизу с выделением фосфата аммония [1]. Персистенция и биоаккумуляция ПФА зависит от длины цепи. При $n > 1000$ ПФА обладает высокой персистентностью и биоаккумуляцией, при $n < 1000$ – наоборот. Предельно допустимая концентрация (ПДК) ПФА в воде для хозяйственно-питьевого водопользования составляет 3,5 мг/л, класс опасности – 4 (малоопасные вещества).

Цель настоящего исследования состояла в сравнительной оценке токсического воздействия растворов полифосфата аммония на водные тест-организмы: *Chlorella vulgaris* Beijer, *Daphnia magna* Straus, *Lemna minor* L.

Из кристаллического ПФА (х.ч., торговый дом «Воткинский завод теплоизоляционных материалов», Россия) были приготовлены водные растворы с концентрациями ПФА: 3,5; 17,5 и 35 мг/л, что соответствует 1; 5 и 10 ПДК в воде хозяйственно-питьевого назначения. Оценка токсичности водных растворов ПФА с применением *C. vulgaris* проводили на комплексе оборудования «Лаборатория биотестирования вод» в соответствии с требованиями ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-043 [3]. Тест-культуру водоросли культивировали 22 ч в тестируемых растворах ПФА и в контроле, затем во всех вариантах измеряли оптическую плотность суспензии водоросли на спектрофотометре КФК-3 «ЗОМЗ» при длине волны 565,5 нм. Исследования на *D. magna* осуществлялись в соответствии с требованиями ГОСТ 32536-20134 [4]. Дафнии в исследуемых растворах ПФА культивировали 72 ч в устройстве для экспонирования рачков УЭР-03. Учет смертности дафний в опыте и контроле проводили каждые 24 ч, после их иммобилизации в течение 15 с.

Биотестирование с помощью водного растения ряски малой (*L. minor*) осуществлялось по методике [5] с собственными модификациями. Через 2, 4 и 7 сут. культивирования растений в растворах ПФА и в контроле фиксировали морфометрические и ростовые характеристики: среднее число растений (колоний), листецов (суммарный прирост ряски) и корней, размер листецов и корней. Через 7 сут. определяли суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* на спектрофотометре LEKI SS2107UV по величине поглощения спиртового экстракта при 665 нм и производили пересчет в мг/г.

Известно, что планктонные водоросли являются чувствительными индикаторами токсического воздействия различных веществ, поступающих в воду [6]. В настоящих исследованиях продемонстрировано, что водный раствор с концентрацией ПФА 3,5 мг/л не оказал достоверного воздействия на развитие *C. vulgaris*. Водные растворы с концентрацией ПФА 17,5 и 35 мг/л дозозависимо ингибировали рост клеток хлореллы. Отклонения величины оптической плотности культуры *C. vulgaris* от контроля составили 57,6 и 69,3%, соответственно. Не выявлено острого токсического действия растворов с концентрациями ПФА 3,5 и 17,5 мг/л на *D. magna* в 72-часовом эксперименте. В растворе с концентрацией ПФА 35 мг/л через 48 ч культивирования гибель дафний составила 25 %, через 72 ч – 53,3 %, что указывало на острое токсическое действие.

В эксперименте с ряской малой было выявлено, что показатели: среднее число растений ряски малой, среднее число корней, средняя длина корней и среднее число листецов через 2 и 4 сут. культивирования во всех исследованных водных растворах с ПФА и в контрольном водном растворе достоверно не отличались. Через 7 сут. среднее число растений в растворах с ПФА было примерно в 2 раза ниже, чем в контроле,

средняя длина корней была ниже в 1.2-1.6 раза. Среднее число корней *L. minor* в растворах с ПФА и среднее число листочков, напротив, было примерно в 2 раза выше чем в контроле. Показатель средний размер листочков во всех растворах ПФА через 2–4 сут. культивирования был выше, чем в контроле, а к 7 сут. размеры листочков уменьшались. Как показали эксперименты, ПФА оказал ингибирующий эффект на содержание хлорофилла в листочках ряски малой. В растворах с ПФА с концентрацией 3,5; 17,5 и 35,0 мг/л содержание хлорофилла было ниже, чем в контроле, на 54, 36 и 32%, соответственно.

Таким образом, установлено, что при превышении установленных нормативов по содержанию ПФА в воде хозяйственно-питьевого назначения в 5 и 10 раз проявляется экотоксическое действие его водных растворов по отношению к тест-организмам: *C. vulgaris*, *D. magna* и *L. minor*. На ряску малую токсическое действие оказывает и водный раствор с концентрацией ПФА 3,5 мг/л, соответствующей ПДК. Полученные данные расширяют сведения о параметрах токсичности ПФА и актуализируют вопросы контроля его содержания в водных объектах различного назначения.

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении экспериментов сотрудникам лаборатории химико-биологического мониторинга качества воды Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Список литературы

1. Precipitation and hydrolysis of water-soluble ammonium polyphosphate on calcite surface depend on the number of P species / L. Ji [et al.] // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2023. Vol. 656. Article number: 130331.
2. Grzyb, A. The significance of microbial transformation of nitrogen compounds in the light of integrated crop management / A. Grzyb, A. Wolna-Maruwka, A. Niewiadomska // Agronomy. 2021. Vol. 11, № 7. P. 1–27.
3. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. 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: ФЦАО, 2014.
4. ГОСТ 32536-2013. Методы испытания химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дафний. Москва: Стандартинформ, 2014.
5. Цаценко, Л.В. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды / Л.В. Цаценко, В.Г. Пасхалиди // Масличные культуры. 2018. Т. 4, № 176. С. 146–151.
6. Терехова, В.А. Биодиагностика и оценка воздействий на окружающую среду: учебное пособие / В.А. Терехова. Москва: ГЕОС, 2023. 102 с.

УДК 595.72

К фауне прямокрылых (Insecta, Orthoptera) семейств Настоящие кузнечики (Tettigoniidae) и Саранчовые (Acrididae) национального парка «Хвалынский»

О. Ю. Донских

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
oleg.donskikh05@gmail.com

Ключевые слова: Orthoptera, фауна, Саратовская область, Поволжье, Хвалынский.

Прямокрылые (*Orthoptera*) – крупный отряд насекомых, насчитывающий около 20000 видов, из них по актуальным данным 61 вид известен в Саратовской области (далее СО) [1]. В коллекции Зоологического музея Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского (далее СГУ) находится 37 видов Саранчовых [2], однако в настоящее время часть этих видов не обнаруживается на ранее

отмеченных территориях области. Прямокрылые в степных биотопах являются важным их компонентом, поддерживающим стабильность и устойчивость системы. Не менее значимы они и для человека, поскольку многие представители являются вредителями сельскохозяйственных культур. Способность Саранчовых образовывать стадийные фазы позволяет некоторым видам распространяться на схожие соседние биоценозы в СО [3]. Поэтому проведение мониторинговых исследований состояния фауны данной группы прямокрылых является одной из важных задач по контролю видов прямокрылых как особо опасных, так и потенциальных вредителей в степных ландшафтах Поволжья. Кроме того, отдельные виды в настоящее время редки и включены в Красную книгу СО и обитают в природных биотопах Хвалынского района.

С 25.06.24 по 17.07.24 в национальном парке «Хвалынский» (далее НПХ), в окрестностях базы СГУ, был собран материал посредством энтомологического сачка и ловушки Малеза в следующих локалитетах НПХ: 1) Хвалынк: Хвалынский р-н, 5 км 3 Хвалынска, окрестности базы СГУ, 52.493756° с.ш., 48.049573° в.д.; 2) Хвалынк: Хвалынский р-н, 5 км 3 Хвалынска, окрестности базы СГУ, меловые горки, 52.4955° с.ш., 48.05556° в.д.; 3) Хвалынк: Хвалынский р-н, 5 км 3 Хвалынска, Дача Хренова, база СГУ, 52.49056° с.ш., 48.05417° в.д.

Определение сборов Прямокрылых 2024 г. с территории НПХ позволило установить следующий видовой состав двух семейств отряда. Новые для фауны этого ООПТ виды в списке указаны как «+», для СО в списке обозначены – «+++», вредитель сельскохозяйственных культур – В.

Список видов
Отряд Orthoptera
Семейство Tettigoniidae

1. *Leptophyes albovittata* (Kollar, 1833).
Материал: 2, 14.07.24, 4♀, 1♂, 3, 05.07.24-17.07.24, 1♂. Ранее указан в НПХ [5], СО [1].
 2. *Bicolorana bicolor* (Phillipi, 1830).
Материал: 2, 14.07.24, 1♂. Ранее указан в НПХ [5], СО [1, 3].
 3. *Onconotus laxmanni* (Pallas, 1771).
Материал: 1, 25.06.24, 1♀. Ранее указан в НПХ [3, 4], СО [1].
 4. + *Onconotus servillei* (Fischer von Waldheim, 1846).
Материал: 2, 14.07.24, 1♀. Ранее указан для СО [1].
 5. + *Platycleis albopunctata* (Goeze, 1778).
Материал: 2, 14.07.24, 1♀. Ранее указан для СО [1, 3].
 6. ++ *Platycleis intermedia* (Serville, 1838) – В.
Материал: 2, 14.07.24, 1♂.
 7. *Saga pedo* (Pallas, 1771).
Материал: 1, 25.06.24, 1♀. Ранее указан для НПХ [3, 4], СО [1].
 8. + *Tessellana veyseli* (Koçak, 1984) – В.
Материал: 2, 14.07.24, 1♀, 1♂. Ранее указан в СО [1, 3].
- Семейство Acrididae
9. *Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758) – В.
Материал: 2, 14.07.24 6♀, 6♂, 3, 05.07.24-17.07.24, 1♂. Ранее указан для НПХ [2, 4, 5], СО [1, 2, 3].
 10. + *Chorthippus brunneus* (Thunberg, 1815).
Материал: 2, 14.07.24 1♂. Ранее указан для СО [1, 3].
 11. + *Chorthippus macrocerus* (Fischer von Waldheim, 1846).
Материал: 2, 14.07.24 3♂. Ранее указан для СО [1, 3].
 12. *Chorthippus vagans* (Eversmann, 1848).

- Материал: **2**, 14.07.24 1♀, **3**, 05.07.24-17.07.24, 1♀, 1♂. Ранее указан для НПХ [4], СО [1, 2, 3].
13. +*Euchorhippus pulvinatus* (Fischer von Waldheim, 1846).
Материал: **2**, 14.07.24 2♀, **3**, 05.07.24-17.07.24 1♀, 1♂. Ранее указан для СО [1, 3].
14. *Euthystira brachyptera* (Ocskaу, 1826).
Материал: **2**, 14.07.24 1♀. Ранее указан для НПХ [5], СО [1].
15. +*Oedaleus decorus* (Germar, 1825) – В.
Материал: **2**, 14.07.24 2♀. Ранее указан для СО [1, 3].
16. *Oedipoda caerulescens* (Linnaeus, 1758) – В.
Материал: **3**, 05.07.24-17.07.24, 2♂. Ранее указан для НПХ [4, 5], СО [1, 2, 3].
17. +*Omocestus viridulus* (Linnaeus, 1758).
Материал: **2**, 14.07.24, 1♂. Ранее указан для СО [1].
18. +*Stenobothrus lineatus* (Panzer, 1796).
Материал: **2**, 14.07.24, 1♂. Ранее указан для СО [1, 3].
19. *Stenobothrus nigromaculatus* (Herrich-Schäffer, 1840).
Материал: **2**, 14.07.24, 2♀. Ранее указан для НПХ [4], СО [1, 2].
20. +*Stenobothrus fischeri* (Eversmann, 1848).
Материал: **2**, 14.07.24 1♀. Ранее указан для СО [1].
21. +*Chrysochraon dispar* (Germar, 1834).
Материал: **2**, 14.07.24, 2♂. Ранее указан для СО [1, 3].

Таким образом, на основании обработанного материала, фауна Прямокрылых НПХ, ранее насчитывающая 40 видов [4, 5], пополнилась 12 видами, из которых 4 представителя из семейства Tettigoniidae и 8 из семейства Acrididae. Один вид из семейства Настоящих кузнечиков – *Platycleis intermedia*, ранее не отмечался для фауны СО [1].

Автор выражает благодарность доктору биологических наук, профессору кафедры морфологии и экологии животных СГУ им. Н.Г. Чернышевского Василию Викторовичу Аникину за предоставленный материал и помощь в оформлении работы.

Список литературы

1. Orthoptera and Mantodea in the Continental biogeographical region and adjacent areas of European Russia (data paper) / V. Aleksanov [et al.] // Acta Biologica Sibirica. 2024. № 10. P. 959–983.
2. Аникин, В.В. Первичная обработка коллекционного материала по прямокрылым, хранящегося в Зоологическом музее Саратовского государственного университета / В.В. Аникин, А.А. Назимова // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2008. Вып. 7. С. 62–66.
3. Аникин, В.В. Находки прямокрылых (Insecta, Orthoptera) в окрестностях Саратова и прилегающих территориях в 2024 году / В.В. Аникин, О.Ю. Донских // Полевой журнал биолога. 2024. Т. 6, № 4. С. 354–359. DOI: 10.52575/2712-9047-2024-6-4-354-359
4. Аникин, В.В. Отряда Orthoptera - Прямокрылые / В.В. Аникин // Членистоногие национального парка «Хвалынский». Саратов, ООО «Амирит», 2021. С. 51–54.
5. Кармазина, И.О. К фауне прямокрылых (Insecta: Orthoptera) национального парка «Хвалынский» / И.О. Кармазина // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2022. Вып. 19. С.129–130.

Фотостимуляция во сне лимфатического выведения бета-амилоида из мозга старых мышей

И. В. Елизарова, И. А. Блохина, О.В. Семячкина-Глушковская

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
inna.elizarowa7@yandex.ru

Ключевые слова: ФБМ (фотобиомодуляция), ЭЭГ (электроэнцефалография), МЛС (менингеальные лимфатические сосуды), лимфатический дренаж, нейродегенеративные заболевания.

Менингеальные лимфатические сосуды (МЛС) играют важную роль в выведении токсинов и метаболитов из тканей головного мозга [1]. Известно, что функции МЛС снижаются при различных заболеваниях головного мозга, включая болезни Альцгеймера и Паркинсона, поэтому разработка инновационных технологий для стимуляции их функций является перспективным направлением в медицине. В этом исследовании разработали новую портативную технологию транскраниальной фотобиомодуляции (ФБМ) во время сна под контролем электроэнцефалографии (ЭЭГ) для фотостимуляции удаления токсинов (например, растворимого бета-амилоида (Аβ)) из мозга старых мышей BALB/c, у которых снижены функции МЛС [2]. Такой выбор связан с тем, что ФБМ эффективно стимулирует МЛС и глубокий сон является естественным состоянием, при котором активируются процессы дренажа тканей мозга [2-5], поэтому логично ожидать, что фотостимуляция функций МЛС во время сна будет иметь наиболее выраженные эффекты. Однако на сегодняшний день коммерческих технологии для ФБМ во время сна не существует, что делает актуальным создание такой технологии [3]. В этом исследовании тестировали эффективность ФБМ во сне по сравнению с бодрствованием у старых и молодых мышей по показателям растворимой формы Аβ и распределения красителя в тканях мозга и его выведения в глубокие шейные лимфоузлы (ГШЛУ).

Для оптимизации параметров ФБМ были проведены эксперименты по подбору наиболее эффективной длины волны и режима стимуляции. В частности, осуществлялась конфокальная визуализация ГШЛУ для оценки лимфатического клиренса флуоресцентно меченного Аβ. Результаты выявили, что стимуляция с использованием светодиода с длиной волны 1050 нм в импульсном режиме обеспечила более эффективное лимфатическое выведение Аβ из головного мозга в ГШЛУ, чем другие длины волн в импульсном режиме (880 нм и 1300 нм), а также эта же длина волны (1050 нм), но в непрерывном режиме.

Конфокальный анализ накопления флуоресцентного Аβ в ГШЛУ выявил, что среди тестируемой интенсивности ФБМ 10-20-30 Дж/см² доза 30 Дж/см² оказывала максимальные эффекты, что позволило ее выбрать в качестве эффективной для стимуляции дренажной и выводящей функции МЛС.

После установления эффективной дозы и длины волны в отношении активации дренажной функции МЛС были проведены эксперименты по изучению влияния ФБМ во время сна и бодрствования на содержание Аβ в головном мозге мышей разного возраста. В мозге старых мышей было обнаружено значительно больше растворимого Аβ, чем в мозге молодых особей. Однако, курс ФБМ приводил к эффективному снижению уровня Аβ у старых мышей по сравнению с молодыми особями. Причем, курс только ФБС во сне приводил к снижению уровня Аβ у старых мышей до аналогичных значений у молодых животных.

Более эффективное удаление растворимого Аβ из мозговой ткани у спящих мышей по сравнению с бодрствующими, вероятно, обусловлено естественной

активацией дренажа мозговой ткани во время сна, а также способностью ФБМ восстанавливать лимфатическую функцию МЛС, снижающуюся с возрастом.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ФБМ (1050 нм, импульсный режим, во время сна) может быть перспективным терапевтическим подходом для снижения накопления растворимой формы Аβ в мозге и лечения ранних форм нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-75-30001).

Список литературы

1. Semyachkina-Glushkovskaya, O. The Brain's Lymphatic Drainage System: A New Player in Neuroscience / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. 2023. Vol. 59, №1. P. 3–19.
2. Blokina, I. Photobiomodulation under Electroencephalographic Controls of Sleep for Stimulation of Lymphatic Removal of Toxins from Mouse Brain / I. Blokina [et al.] // Journal of Visualized Experiments. 2024. Vol. 208. P. 1–22.
3. Semyachkina-Glushkovskaya, O. Photobiomodulation of lymphatic drainage and clearance: perspective strategy for augmentation of meningeal lymphatic functions / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // Biomedical Optics Express. 2020. Vol. 11. P. 725–734.
4. Dongyu, Li. Photostimulation of lymphatic clearance of β- amyloid from mouse brain: new strategy for the therapy of Alzheimer's disease / Li Dongyu [et al.] // Front Optoelectron. 2023. Vol. 16. P. 45.
5. Semyachkina-Glushkovskaya, O. Mechanisms of phototherapy of Alzheimer's disease during sleep and wakefulness: the role of the meningeal lymphatics / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // Front Optoelectron. 2023. Vol. 16. P. 22.

УДК 581.14+581.9

Пространственное распределение особей в популяциях *Colchicum sensu lato* Европейской России

В. С. Епифанов, А. О. Кондратьева, И. В. Шилова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
epifanov.v2015@yandex.ru

Ключевые слова: *Colchicum laetum* L., *Colchicum ancyrense* V.L. Burt, *Colchicum bulbocodium* var. *versicolor* (Ker Gawl.) K. Perss., пространственная структура, онтогенетическое состояние.

Объектом исследования является редкий поликарпический род *Colchicum sensu lato*, относящийся к эфемероидом с особенным циклом вегетации. Многие виды, например *C. laetum* L, являются гистерантными эфемероидами, которые зацветают осенью в безлистном состоянии [1]. Благодаря этому род обладает большей конкурентоспособностью.

Исследовались особи двух видов рода *Colchicum* s.str. (*C. laetum* и *C. ancyrense* V.L. Burt), произрастающие на территориях Волгоградской области, Ставропольского края, Республик Калмыкия, Дагестан, Крым, а также представитель рода *Colchicum* s.l., ранее вносимый в отдельный род *Bulbocodium* (*C. bulbocodium* subsp. *versicolor* (Ker Gawl.) K. Perss), произрастающий в ряде областей (Волгоградской, Воронежской, Саратовской, Тамбовской).

Целью работы являлось изучение распределения особей в пространстве в связи с их онтогенетическим состоянием и факторами окружающей среды. Выделяли четыре основных типа размещения особей: случайное, регулярное, клинальное и контагиозное. Случайным считают одинаковую вероятность появления особи в любой точке

пространства. Регулярный тип является наиболее редким, так как особи здесь распределяются равномерно, что в результате меняется. Клинальное распределение проявляется постепенным изменением плотности особей, в основном обусловленным изменением на самой территории. Агрегации (скопления групп точек с малым или большим количеством) указывают на контагиозный тип пространственной структуры [2].

Исследования ценопопуляций проводили по результатам картирования пробных площадок размером 1x4 м с определением возрастного состояния каждого растения. Анализ, проведённый с использованием схем распределения особей, представленный функцией Рипли, был реализован в пакете spatstat [3, 4] в среде статистического программирования R [5].

Для вида *C. laetum* на исследованных участках было установлено, что в четырёх его популяциях отсутствует пространственное взаимодействие между особями, так как они распределялись случайным образом, а наблюдаемые вариации плотности на картах-схемах были незначительными. В оставшихся 5-ти популяциях данного вида наблюдались вариации плотности, объясняемые воздействием внешних факторов среды, например неравномерностью увлажнения. Поэтому, это можно считать клинальным распределением.

Анализ популяций *C. ancycrense* показал, что в трёх крымских популяциях наблюдалось клинальное распределение особей. В четвёртой же отмечался выход функции за пределы доверительного интервала, что свидетельствовало об агрегациях.

Из всех исследованных популяций *C. bulbocodium* subsp. *versicolor*, четыре из семи имели клинальное распределение, а оставшиеся три определялись контагиозным распределением.

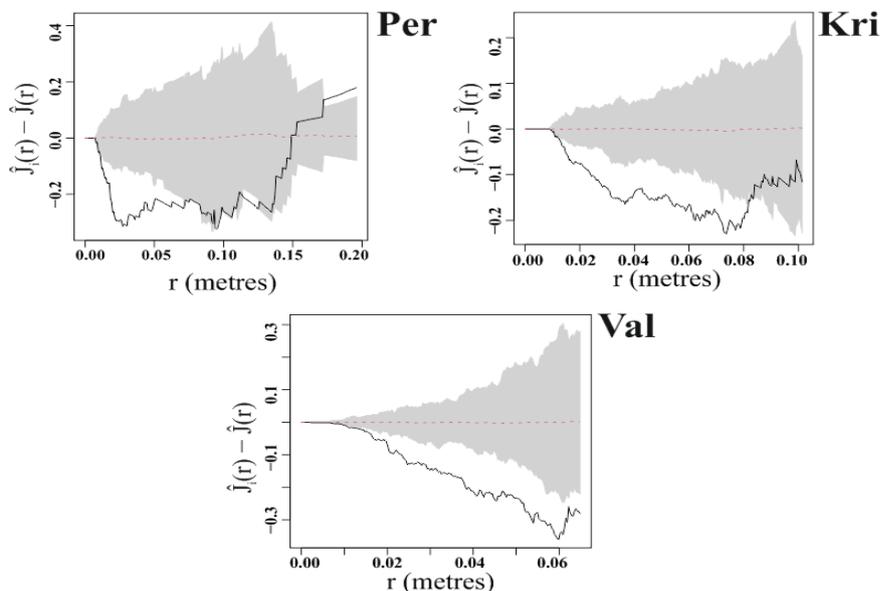


Рисунок – Поведение функции $\hat{J}_i(r) - \hat{J}(r)$ при оценке пространственного расположения прегенеративных особей относительно других возрастных групп в популяции *C. bulbocodium* subsp. *versicolor*: Per, Kri, Val. На графике: сплошная черная линия – оценка эмпирической функции, красная пунктирная линия – оценка теоретической функции в случае независимого расположения особей разных групп; серой заливкой отмечен «коридор» принятия нулевой гипотезы

Анализ межгруппового размещения показал, что вероятность обнаружения прегенеративных особей вблизи генеративных в большинстве популяций была низкой, о чем свидетельствует нахождение функции $\hat{J}_i(r) - \hat{J}(r)$ в пределах доверительного интервала, то есть их расположение было независимым. Лишь в двух Воронежских популяциях (Per – Калачеевский р-н, окр. с. Переволочное; Kri – Богучарский р-н, окр.

с. Криница) и одной Волгоградской (Val – Старополтавский р-н, окр. с. Валуевка), единственный вид *C. bulbocodium* subsp. *versicolor*, имел агрегации, как в функциях без, так и с учетом онтогенетического состояния. Выход за пределы доверительного интервала в область отрицательных значений свидетельствовал о вероятности обнаружения прегенеративных особей вблизи растений другого возрастного состояния (см. рисунок).

Таким образом, в каждом из исследуемых видов можно наблюдать в большей мере, клинальное и контагиозное распределение особей по территории, наиболее часто со слабыми агрегациями. Обуславливается это в большинстве случаев влиянием внешних факторов среды и биотических взаимодействий. Географически регионы, исследованных популяций не показали конкретных закономерностей, из-за которых можно говорить о типе размещения, Условием же для появления событий в исследовании чаще всего были именно ландшафтные изменения. Подобного рода распределение ранее отмечено и у некоторых других редких видов Европейской России [6].

Список литературы

1. Флора Нижнего Поволжья. Т. 1. / Отв. ред. А. К. Скворцов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 435 с.
2. Думачева, Е. В. Пространственная структура и возрастной спектр ценопопуляций *Medicago* L. в овражно-балочных комплексах юга Среднерусской возвышенности / Е.В. Думачева, В.И. Чернявских // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 500.
3. Baddeley, A. spatial point patterns: methodology and applications with R / A. Baddeley, E. Rubak, R. Turner. London: Chapman and Hall, CRC Press, 2015. 810 p.
4. Ripley, B.D. The second-order analysis of stationary point processes / B.D. Ripley // Journal of Applied Probability. 1976. Vol. 13. P. 255–266.
5. R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing [электронный ресурс]. URL: <http://www.R-project.org/> (Дата обращения 3. 10. 2024).
6. Кондратьева, А.О. Пространственно-возрастная структура ценопопуляций *Globularia bisnagarica* L. (Plantaginaceae) в северо-восточной части ареала / А.О. Кондратьева, А.С. Пархоменко, А.С. Кашин // Изв. Саратов. гос. ун-та. Новая сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2021. Вып. 3. С. 342–346.

УДК 579.64

Влияние ризосферных микроорганизмов на прорастание семян горчицы желтой

А. В. Ерофеева, А. Ш. Бареева, И. Ю. Лунова, Д. М. Гапизова

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

vsemdobra2014@mail.ru

Ключевые слова: ризосферные бактерии, семена, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, показатели проростков.

Микроорганизмы, входящие в состав биопрепаратов, служат альтернативой минеральным удобрениям и способствуют росту растений. Они взаимодействуют с растениями и другими микроорганизмами, используя прямые и непрямые механизмы. К их функциям относятся: фиксация атмосферного азота, продукция сидерофоров, фитогормонов и ферментов, растворение недоступных элементов минерального питания, подавление фитопатогенов, увеличение поглощения влаги и питательных веществ. Поиск новых штаммов микроорганизмов с комплексным стимулирующим действием на растения продолжается, это направление актуально для устойчивого сельского хозяйства и улучшения урожайности [1, 2].

Цель исследования: оценить влияние микроорганизмов на семена горчицы желтой при различных вариантах обработки (полив и замачивание семян).

В качестве тест-объекта выбрали семена горчицы желтой (культуры, применяемой в качестве сидерата) производителя «Садовита», дата фасовки 27.08.2024.

В ходе эксперимента исследовали влияние штаммов *Bacillus sp.1*, *Bacillus sp.2* и *Enterobacter sp.*, выделенных из состава ризосферы растений аридных экосистем Астраханской области, на семена горчицы желтой методом проращивания во влажных камерах. Для этого готовили водную суспензию микроорганизмов с титром клеток 10^6 кл/мл. Предварительно простерилизованные семена замачивали до набухания в стерильной воде на 4 часа. Далее часть семян замачивали в суспензии на 20 мин, часть поливали бактериальной суспензией. Проращивание проводили в климатостате при температуре 22°C в течение 4 суток. По истечении времени культивирования определяли энергию прорастания семян, лабораторную всхожесть, морфометрические показатели проростков (длина проростка и корня). В качестве контроля выступал вариант без обработки семян суспензией [3].

Установлено, что в результате обработки семян суспензиями исследуемых бактерий энергия прорастания варьировала в зависимости от варианта обработки. Под воздействием суспензии штамма *Bacillus sp.1* высокие показатели энергии прорастания семян отмечены в обоих вариантах обработки, при замачивании наблюдали значение 83,7%, при поливе – 82,5%. При замачивании семян в суспензии штамма *Bacillus sp.2* энергия прорастания семян составила 93,7%, что выше чем в контрольном варианте опыта (92,5%). При поливе семян суспензией этого штамма показатель энергии прорастания семян составил 87,5%. Отметим, что в варианте с поливом семян бактериальной суспензией штамма *Enterobacter sp.* наблюдается большее значение показателя энергии прорастания семян, при замачивании данный показатель равен 71,2%, что ниже контрольных значений данного параметра. Таким образом, максимальное увеличение энергии прорастания семян наблюдалось при замачивании семян в суспензии штамма *Bacillus sp.2*.

Суспензия изолята *Bacillus sp.1* при поливе и замачивании семян уменьшала всхожесть на 10% по сравнению с контрольным значением. Оба варианта обработки суспензией изолята *Bacillus sp.2* оказывали положительное влияние на семена и увеличивали значение всхожести на 1,2% относительно контроля. При поливе семян суспензией *Enterobacter sp.* их всхожесть составляла 85%, полученное значение является нижним пределом нормы. В варианте с замачиванием семян в суспензии данного изолята наблюдалось уменьшение лабораторной всхожести на 20% по отношению к контрольному значению. По данным литературы эффект ингибирования роста растений может быть связан с высокой концентрацией фитогормона индолил-3-уксусной кислоты, который в малых дозах способствует росту. При лабораторных условиях ингибирующее действие бактерий на прорастающие семена наблюдается из-за недостатка питательных элементов, необходимых для размножения микроорганизмов. Ризосферные бактерии в основном используют выделяемые прорастающими семенами продукты обмена. Однако в условиях отсутствия фотосинтеза их количество бывает ограничено. Это подчеркивает важность оптимального содержания питательных веществ для поддержания баланса между ростом растений и активностью микроорганизмов.

Изучение влияния исследуемых микроорганизмов на рост и развитие проростков горчицы позволило установить следующее: под воздействием суспензии штамма *Bacillus sp.1* при поливе семян наблюдалось увеличение длины корня на 4% по сравнению с контролем; при замачивании семян значение этого показателя не отличалось от контрольного. Интересно отметить, что обработка суспензией штамма

Bacillus sp.2, положительно влияющая на лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян как в форме замачивания, так и полива, способствует уменьшению длины корня на 9% по сравнению с контролем в варианте замачивания и на 22% в варианте полива. При обработке суспензией изолята *Enterobacter sp.* в обоих исследуемых вариантах отмечены наименьшие морфометрические показатели: длина корня уменьшилась на 11 и 25% при замачивании и поливе, соответственно.

Таким образом, установлено, что замачивание семян горчицы желтой в суспензии микроорганизмов способствует увеличению значений энергии прорастания семян, лабораторной всхожести и морфометрических показателей.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Микроорганизмы аридных зон как основа экиобиотехнологий для оздоровления экосистем Нижнего Поволжья», № государственной регистрации темы 124041100137-2.

Список литературы

1. Сидоренко, М.Л. Прорастание семян злаков под влиянием композиций азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий из почв, возделываемых в условиях Дальнего Востока / М.Л. Сидоренко // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. С. 146–157.
2. Гамзаева, Р.С. Влияние биопрепаратов Флавобактерин и Мизорин на физиолого-биохимические показатели различных сортов семян / Р.С. Гамзаева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. Т. 40. С. 38–41.
3. Sochorec, M.R. The effect of fertilizer seed coating on the germinating capacity and initial development of some turf grass species and white clover / M.R. Sochorec, P. Knot // Acta Universitatis et Silviculturae Mendeliana Brunensis. 2012. Vol. 60, № 5. P. 199–204.
4. Xie, H. Isolation and characterization of mutants of the plant growthpromoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* CR12-2 that overproduce indoleacetic acid / H. Xie, J.J. Pasternak, B.R. Glick // Current Microbiology. 1996. Vol.32, № 2. P. 67–71.
5. Золотарев, В.Н. Эффективность применения бактериальных биопрепаратов ассоциативных diaзотрофов и азотного удобрения в семенных посевах райграса однолетнего / В.Н. Золотарев // Агрехимия. 2015. №7. С.11–16.

УДК:575.22:576.08+58.086

Сравнительный анализ кариотипов представителей рода *Chondrilla* по рисунку DAPI-окрашивания

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

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

Ключевые слова: *Chondrilla*, DAPI-бэндинг, молекулярно-цитогенетический полиморфизм.

Род *Chondrilla* L. (Asteraceae) насчитывает примерно 30 видов. До сих пор нет однозначного представления о его таксономической структуре [1]. Известно, что большая часть таксонов рода *Chondrilla* (в том числе и являющиеся объектом исследования в данной работе) относятся к факультативно апомиктичным, с ярко выраженной поли-, анеу- и миксоплоидией [2], что затрудняет филогенетические исследования и установление таксономической структуры рода.

В настоящее время хромосомный анализ является единственным надежным способом выявления и идентификации хромосомных aberrаций у растений. Для их детекции используют современные методы дифференциального окрашивания хромосом, в число которых входит и DAPI-бэндинг. Применение данного метода на

представителях рода *Chondrilla* позволит провести идентификацию их хромосом, и по результатам сравнительного анализа выявить действительный статус этих таксонов, а также внести ясность в представления об эволюционной истории данного рода.

Использовали апикальную корневую меристему *Chondrilla* из 10-ти популяций 4-х таксонов. Для выявления DAPI-бэндов корни проростков обрабатывали 0,2% раствором HCl, затем готовили давленные препараты метафазных хромосом и обрабатывали их 5% водным раствором Ba(OH)₂ с последующей отмывкой в 0,2% HCl и заключением в фотозащитную среду, содержащую DAPI (Solarbio). Для каждой популяции просмотрено не менее 30 окрашенных метафазных пластинок. Просмотр препаратов осуществляли на микроскопе AxioScope A1 (Carl Zeiss, Германия). Для анализа и построения кариограмм в каждой популяции отбирали не менее 10 метафазных пластинок. Гаплоидное число хромосом *Chondrilla* равно 5. Образцы *C. ambigua* Fisch. были диплоидами ($2n=2x=10$), а образцы остальных таксонов – триплоидами ($2n=3x=15$) [2]. Все хромосомы делили на 5 групп по 2–3 в каждой группе в зависимости от пloidности.

У *C. ambigua* (Астраханская обл., Красноярский р-н, окр. п. Досанг) с помощью DAPI-бэндинга удалось определить гомологичные хромосомы в каждой из пяти пар. Первая пара хромосом помимо спутников, в которых визуализировались DAPI-бэнды, имела AT-богатые участки ещё и в прицентромерных районах обоих плеч хромосом, включая участок с самой центромерой. В хромосомах второй пары DAPI-бэнды отсутствовали. Метацентрические хромосомы третьей пары имели один DAPI-бэнд, располагающийся в середине одного из плеч. Четвертая пара хромосом отличалась от третьей присутствием в середине одного из плеч уже двух рядом располагающихся узких DAPI-бэндов. В пятой паре хромосом скопление AT-богатых участков наблюдалось в прицентромерной области обоих плеч, включая центромеру.

В образцах из популяции *C. pauciflora* Ledeb. (Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда) наблюдалась сходная с *C. ambigua* картина распределения на хромосомах AT-богатых участков. Единственным отличием у ряда образцов было присутствие DAPI-бэндов на хромосомах четвертой группы – бэнд был один и располагался в прицентромерной области одного из плеч. Остальные образцы по DAPI-рисунку хромосом данной группы были идентичны *C. ambigua*. Таким образом, у *C. ambigua* и *C. pauciflora* имеет место сходное распределение DAPI-бэндов по четырем из пяти групп хромосом. Это может указывать на давнее происхождение триплоидного цитотипа *C. pauciflora* от диплоидного *C. ambigua* и независимой последующей эволюции.

У образцов 4-х популяций *C. laticoronata* Leonova (Астраханская обл.: Харабалинский р-н, в окр. с. Сасыколи и в окр. с. Тамбовка; Ахтубинский р-н, окр. п. Верблюжий; Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда) по расположению DAPI-бэндов 1-я, 2-я, 3-я и 5-я группы хромосом были идентичны хромосомам соответствующих групп *C. ambigua* и *C. pauciflora*. Четвёртая группа у образцов всех популяций *C. laticoronata* состояла из хромосом, по морфологии значительно различающихся между собой [2]. При этом 10-я хромосома была субметацентриком средних размеров. DAPI-бэнд на ней был локализован в прицентромерном районе короткого плеча. 11-я хромосома была акроцентриком средних размеров с DAPI-бэндом, охватывающим всё короткое плечо. 12-я хромосома была субметацентриком и самой короткой в кариотипе с DAPI-бэндом в прицентромерном участке короткого плеча. Скорее всего, по крайней мере, 10-я и 13-я хромосомы имеют гибридную природу, а 12-я – происходит от кариотипа второго родительского вида. Также возможно, что хромосомы 1-ой, 2-ой, 3-ей и 5-ой групп достались *C. laticoronata* от

C. ambigua, а хромосома 4-ой группы, скорее всего, – от неизвестного мужского родительского вида.

Изучены образцы 4-х популяций *C. brevirostris* Fisch. et Mey из Астраханской обл.: Ахтубинского р-на, окр. п. Болхуны; Харабалинского р-на, окр. с. Вольное; Р. Калмыкия, Яшкульского р-на, окр. п. Хурхута; Р. Казахстан, Бокейординского р-на, окр. с. Урда. В 1-й, 3-й и 5-й группах хромосом у образцов всех изученных популяций *C. brevirostris* ДАPI-бэнды были аналогичны *C. ambigua*. По дифференциальному окрашиванию хромосом 2-й группы наблюдался внутри- и межпопуляционный полиморфизм. Так, у образцов из 3-х изученных популяций на хромосомах данной группы иногда визуализировался слабый бэнд в прицентромерном районе. Только в образцах из казахстанской популяции хромосомы 2-й группы не окрашивались вовсе. Четвертая группа хромосом у образцов *C. brevirostris* морфологически была сходна с хромосомами той же группы *C. laticoronata*, но по расположению ДАPI-бэндов наблюдался межпопуляционный полиморфизм. Во всех образцах из калмыцкой популяции на 12-й хромосоме не визуализировался ДАPI-бэнд. Остальные хромосомы данной группы по рисунку дифференциального окрашивания были аналогичны таковым *C. laticoronata*. Образцы из казахстанской популяции также отличались от *C. laticoronata* только по рисунку на 12-й хромосоме – ДАPI-бэнд визуализировался в прицентромерном районе. В образцах из астраханских популяций наблюдался не только меж-, но и внутривидовой полиморфизм. В популяции из окр. п. Болхуны 11-я хромосома, являющаяся акроцентриком, встречалась в двух вариантах ДАPI-рисунка – либо с бэндом в коротком плече, либо в прицентромерном участке длинного плеча. 12-я хромосома также отмечена в двух вариантах – либо ДАPI-бэнды не было вовсе, либо он был в прицентромерном районе короткого плеча. В популяции из окр. с. Вольное 11-я хромосома, являющаяся акроцентриком, встречалась в двух вариантах ДАPI-рисунка – либо с бэндом в прицентромерном участке длинного плеча, либо рисунок полностью отсутствовал. На 12-й хромосоме АТ-богатые участки не визуализировались на всех изученных образцах данной популяции.

Таким образом, характер распределения ДАPI-бэндов у образцов *C. laticoronata* и *C. brevirostris* указывает на справедливость выдвинутой ранее гипотезы о гибридогенном происхождении этих видов при участии *C. ambigua* в качестве одного из родительских видов и двух родительских видов, различных для каждой гибридной межвидовой комбинации.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 21-74-00004, <https://rscf.ru/project/21-74-00004/>.

Список литературы

1. Genetic polymorphism in *Chondrilla* (Asteraceae) in southern European Russia and the nature of *Chondrilla juncea* L. / A.S. Kashin [et al.] // Nordic Journal of Botany. 2019. Vol. 37, №11. P. 402–420.
2. Пархоменко, А.С. Полиморфизм хромосом видов *Chondrilla* (Asteraceae) Европейской части ареала / А.С. Пархоменко, А.С. Кашин, Л.В. Гребенюк // Бот. журн. 2019. Т. 104, № 4. С. 626–640.

Сайт-направленный мутагенез гена *fliD* бактерий рода *Azospirillum*

С. С. Жданова¹, И. В. Волохина², Л. П. Петрова²,
Ю. А. Филипьева², А. В. Шелудько²

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия
zhdanova.sonya@gmail.com

Ключевые слова: *Azospirillum*, подвижность, жгутики, биогенез.

Азоспириллы – это бактерии, относящиеся к группе PGPR и активно использующиеся в сельском хозяйстве. Они обладают подвижностью, которая играет важную роль в ризосферной колонизации злаковых растений. В жидкой среде азоспириллы перемещаются за счет полярного жгутика (Fla), а также могут синтезировать дополнительные латеральные жгутики (Laf) в более плотных средах [1]. Геном этих бактерий достаточно велик и состоит из хромосомы и нескольких мегаплазмид, содержащих гены, необходимые для адаптации к условиям окружающей среды. Количество изученных генов, обеспечивающих биогенез жгутиков азоспирилл, ограничено. Цель данной работы – исследование и анализ влияния инактивации гена *fliD* на подвижность клеток и синтез полярного жгутика с помощью сайт-направленного мутагенеза CDS Sp245p_22700.

В работе использовали выделенный в Бразилии из корней пшеницы штамм *A. baldaniorum* Sp245 (IBPPM 219). Плазмиды, использованные в работе: pRK2013, pJET1.2/blunt, pUC4K (источник гена *aphAI* (Km^R кассеты)), pEX18Tc. Для поддержания сконструированных плазмид использованы штаммы *Escherichia coli* K802 и *E. coli* DH5α (*supE44 ΔlacU169* (φ80 *lacZ* ΔM15) *hsdR17 recA1 endA1 gyrA96 thi-1 relA1*).

Азоспириллы выращивали на малатно-солевой среде (MCC) с NH₄Cl (1 г/л) [2, 3] при 28°C, кишечные палочки – на среде Luria-Bertani (LB) при 37°C. Концентрация бактоагара в плотных средах составляла 20 г/л, pH питательных сред доводили до 6,8–7,0. Жидкие бактериальные культуры инкубировали на платформе шейкера-инкубатора Excella E24 (New Brunswick Scientific, США) при 140 об/мин. При необходимости в среды вносили канамицин (Km; 30–50 мкг/мл), тетрациклин (Tc; 25 мкг/мл). Подвижность бактерий из 18 ч жидких культур оценивали с использованием фазово-контрастной микроскопии. Через 24–72 ч измеряли диаметр колоний и скорость движения клеток.

Для постановки ПЦР использовали геномную ДНК, выделенную из жидких бактериальных культур с использованием набора GeneJET Genomic DNA Purification Kit (ThermoScientific, США). Праймеры и бактериальную ДНК, растворенные в стерильной воде Milli-Q, добавляли в ПЦР-смеси до концентрации 0,5 мкМ и 0,5–1 мкг/50 мкл, соответственно. Для амплификации ДНК использовали готовую для употребления смесь экстра-микс для ПЦР HS-Taq PCR (Диаэм) или высокоточную ДНК полимеразу iProof High-Fidelity DNA Polymerase (Bio-Rad).

ПЦР ставили в термоциклере T100 (BioRad Laboratories, США) не менее чем в трех независимых повторностях. Продукты ПЦР визуализировали с помощью электрофореза в гелях, содержащих 1% агарозы и ТЕВ-буфер в стандартных условиях [4]. Ампликоны и плазмиды очищали с использованием наборов GeneJet PCR Purification и GeneJet Plasmid Miniprep Kits (ThermoScientific, США), соответственно.

Гидролиз ДНК эндонуклеазами рестрикции, разделение фрагментов ДНК в агарозном геле, лигирование ДНК, клонирование рекомбинантных ДНК в клетках

E. coli осуществляли общепринятыми методами [4]. Для анализа нуклеотидных последовательностей использовали базы данных и программы, представленные на серверах Национального центра биотехнологической информации США (NCBI).

Процедура получения мутанта состояла из следующих этапов: создание конструкции для мутагенеза; мутагенез; отбор и характеристика предполагаемых мутантов (рекомбинантов).

Создание конструкции для мутагенеза состояло из следующих этапов: наработка в ПЦР центрального сегмента CDS Sp245p_22700 (767-п.н.); клонирование этого ампликона в векторе pJET1.2/blunt; клонирование по имеющемуся в ампликоне SalI сайту рестрикции гена устойчивости к канамицину из pUC4K (*aphAI*); перенос p_22700::*Km* в pEX18Tc (получение pEX18Tc-p_22700::*Km*). Сайт-направленный мутагенез производили методом трех-родительского скрещивания штаммов *E. coli* DH5a (pEX18Tc- p_22700::*Km*), *E. coli* K802(pRK2013) и *A. baldaniorum* Sp245. Предполагаемые рекомбинанты рассеивали до получения чистых культур, затем отбирали устойчивые к канамицину, но чувствительные к тетрациклину клоны азоспирилл (клоны, в которых прошла двойная рекомбинация между плазмидой pEX18Tc- p_22700::*Km* и целевой ДНК азоспирилл). Для подтверждения вставки гена устойчивости к канамицину в CDS Sp245p_22700 штамма Sp245 использовали праймеры к гену p_22700 Sp245 (*fliDF*, *fliDR*). Результаты ПЦР анализа ДНК Km^R мутантных клонов (предположительно Sp245-*fliD*::Km) показали, что размер целевого ампликона составил 2019-п.н., тогда как у родительского штамма Sp245 он составляет 767-п.н., что говорит о том, что Km^R кассета была удачно встроена в ген.

Клетки полученных Sp245-*fliD*::Km мутантов из 18 ч жидких культур были неподвижны, что согласуется с отсутствием у них полярного жгутика (Fla). Таким образом, ген, кодирующий белок FliD, необходим для биогенеза Fla. Также исследуется подвижность мутантов на средах различной плотности и способность образовывать биопленки.

Список литературы

1. Petrova, L.P. The effect of the *flhB* plasmid gene of the flagellar export component on flagellation and motility in *Azospirillum* bacteria. / L.P. Petrova, I.V. Volokhina, A.V. Sheludko // Molecular Genetics, Microbiology and Virology. 2023. Vol. 38. P. 168–176.
2. Chromosomal gene of hybrid multisensor histidine kinase is involved in motility regulation in the rhizobacterium *Azospirillum baldaniorum* Sp245 under mechanical and water stress/ A.V. Shelud'ko [et al.] // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2023. Vol. 39. P. 336.
3. Влияние гена AZOBR_p60123, кодирующего белок WZT, на синтез липополисахаридов и формирование биопленок у бактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245 / Л.П. Петрова [и др.] // Микробиология. 2023. Т. 92, № 3. С. 289.
4. Sambrook, J. Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd edn. / J. Sambrook, E.F. Fritsch, T. Maniatis. N.Y.: Cold Spring Harbor Laboratory, 1989.

**Молекулярно-генетический полиморфизм
Colchicum bulbocodium Ker Gawl. на уровне пластидной ДНК**

В. Д. Жукова, А. О. Кондратьева

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского, Саратов, Россия
zhukovalera2002@yandex.ru

Ключевые слова: *Colchicum bulbocodium*, пластидные сиквенсы, инделсы, гаплотипы, филогенетический анализ.

Брандушка разноцветная (*Colchicum bulbocodium* Ker Gawl.) является исчезающим видом [1], генетический полиморфизм которой ранее не исследовался на территории Российской Федерации. Материалом исследования послужили образцы листьев 35 популяций *C. bulbocodium* из Белгородской, Волгоградской, Воронежской, Ростовской, Саратовской и Тамбовской областей. Для секвенирования использовали потенциально высоко вариабельные регионы *atpB-rbcL*, *trnL-trnF*, *trnY-trnD*, *trnH-psbA*, *rbcL* и *rpS16* хлоропластной ДНК (хлДНК) [2]. Статистическая обработка была произведена в программах BioEdit 7.0.5.3. (выравнивание последовательностей), TCS v. 1.21 (метод максимальной экономии) и MrBayes 3.1.23 (метод Байеса).

В исследуемых популяциях *C. bulbocodium* только последовательности региона *rpS16* оказались информативными. У 30,38% особей был выявлен дублированный фрагмент размером 19 п.н., присутствовавший полностью или частично (5–7 п.н.) в последовательностях некоторых популяций других видов *Colchicum*, взятых из GenBank. На основании обнаруженных уникальных замен в этом регионе образцы *C. bulbocodium* разделились на четыре гаплотипа: центральный внутренний гаплотип А (самый многочисленный) и дочерние по отношению к нему концевые гаплотипы А1, А2 и А3. Особи с дублированным фрагментом объединились в те же гаплотипы, что и особи без него. В гаплотип А также вошли западноевропейские образцы *C. bulbocodium* и *C. vernum*, что поддерживает предположение об синонимичности этих таксонов [3]. Топология филогенетического дерева, полученного методом Байеса, и эволюционной сети, полученного методом максимальной экономии, полностью соответствуют друг другу. Расположение *C. bulbocodium* относительно остальных внешних групп топологически согласуется с филогенетическими обобщениями, сделанными ранее другими исследователями [2].

Исследуемые популяции, содержащие дублированный фрагмент в гене *rpS16*, образуют четкий паттерн на восточной границе ареала в Европейской части Российской Федерации, и река Волга не является географическим барьером для потока генов. Особи других видов *Colchicum*, несущие полный дублированный фрагмент, произрастают преимущественно на Балканском полуострове (*C. bivonae*, *C. macedonicum*, *C. parnassicum* и *C. szovitsii*). Популяции, в которых обнаружен частичный индел, расположены на юге Турции (*C. imperatoris-friderici* и *C. szovitsii*) (см. рисунок).



Рисунок – Географическое распределение гаплотипов хлоропластной ДНК *Colchicum* с частичным или полным инделом в гене *rpS16* (Каждая круговая диаграмма представляет собой исследованную популяцию, каждый сектор – особь)

Таким образом, выявлена генетическая консервативность *C. bulbocodium* на уровне хлДНК. Из шести потенциально высоко варибельных регионов хлДНК лишь в одном были обнаружены информативные замены. Тем не менее, обнаружен дублицированный фрагмент размером 19 п.н. в гене *rpS16*, по наличию/отсутствию которого выборка разделилась на две группы с чёткой географической приуроченностью. *C. bulbocodium* и *C. vernum* оказались идентичными и не разделились ни одним методом. Требуется дальнейшее изучение объекта с вовлечением в анализ образцов с Балканского полуострова и Предкавказья. Подобного рода генетический консерватизм показан нами и еще у одного редкого вида Европейской России *Globularia bisnagarica* [4].

Список литературы

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
2. A phylogenetic analysis of the genus *Colchicum* L. (Colchicaceae) based on sequences from six plastid regions / K. Persson [et al.] // *Taxon*. 2011. Vol. 60. P. 1349–1365.
3. Leaf width, nrDNA and cpDNA its sequence variation within central European *Bulbocodium vernum* and *B. versicolor* (Colchicaceae) populations: are there really two taxa? / G. Sramko [et al.] // *Acta Biologica Hungarica*. 2008. Vol. 59. P. 103–114.
4. Variation patterns in populations of Eastern European *Globularia* (Plantaginaceae, Magnoliopsida) species due to habitat conditions / A.O. Kondratieva [et al.] // *Biology Bulletin*. 2024. Vol. 51, № 10. P. 3337–3352.

**Восприимчивость некоторых интрогрессивных линий мягкой пшеницы
к солевому стрессу**

А. А. Зубехина, В. В. Коробко

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

Ключевые слова: интрогрессивные линии, *Triticum aestivum* L., индекс восприимчивости к засолению.

Изучение устойчивости растений, полученных в результате интрогрессивной селекции, к действию различных факторов, в том числе к засолению, является важным этапом селекционной работы [1, 2].

Материал для исследования был предоставлен сотрудниками лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «Федерального аграрного научного центра Юго-Востока». Исследование проведено в лабораторных условиях на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского в 2024-2025 году. Объектами исследования являются два сорта яровой мягкой пшеницы – Саратовская 70 и Саратовская 68; три линии - L3 (C68/ThatcherLr29*4//C68), L9 (C68/ThatcherLr28*4//C68), L12 (C70/ ThatcherLr29* 4//C70). Для изучения влияния засоления на морфогенез проростка зерновки проращивали в чашках Петри; субстрат культивирования - 0,98% раствор NaCl (осмотическое давление 0,7 МПа) и дистиллированная вода (контроль). Культивирование осуществляли в климатокамере при температуре $19 \pm 1^\circ\text{C}$; фотопериод 16/8 часов света/темноты. Количественный учет проводили на семидневных проростках (n=20, три повторности). Морфометрический анализ проростков проведен на семидневных проростках: измерена длина побега, длина корней. Для комплексной оценки влияние засоления на рост и развитие проростков используются индексы устойчивости, основанные на сравнении различных показателей в благоприятных и стрессовых условиях. Количество индексов, применяемых в современных исследованиях, достигает нескольких десятков [3]. Для оценки результатов эксперимента использовали индекс восприимчивости к стрессу (SSI), определенный для каждого объекта по формуле: $SSI = [1 - (Y_s / Y_p)] / [1 - (Y`s / Y`p)]$, где Y_s – значение морфометрического показателя сорта в условиях стресса Y_p – значение морфометрического показателя в контроле, $Y`s$ и $Y`p$ – средние значения всех показателя объектов соответственно в условиях солевого стресса и без него [4, 5]. Статистическая обработка данных проведена в табличном процессоре Excel пакета MS Office 2010.

Данные морфометрического анализа, выраженные в процентах от контрольных значений, представлены в таблице. Основываясь на полученных данных был рассчитан индекс восприимчивости к стрессу по морфометрическим показателям – длине побега (SSI(L)), максимальной длине корня в корневой системе проростка ($R_{\max}(L)$), общей длине корневой системы ($R_s(L)$). Индекс восприимчивости к стрессу SSI, рассчитанного по длине побега у всех изученных линий и сорта Саратовская 70 выше, чем у сорта Саратовская 68, при этом значение используемого индекса позволяет выявить один объект – линия L12, проростки которого характеризуются как неустойчивые к солевому стрессу (значение индекса восприимчивости к стрессу SSI превышает 1,00). На основании значения индекса восприимчивости к засолению субстрата, рассчитанного по длине корневой системе и максимальной длине корня в корневой системе каждого проростка, установлено, что индекс восприимчивости к

стрессу SSI линий L9 и L12 превышают значение 1,00 и аналогичного индекса сорта-реципиента генов, отвечающих за устойчивость к ржавчине (для растений линии L9 – это Саратовская 68, для L12 – сорт Саратовская 70).

Таблица – Влияние засоление на морфометрические показатели проростков

Сорт/линия	L, % от контроля	SSI(L)	Rs, % от контроля	SSI(Rs)	Rmax, % от контроля	SSI(Rmax)
Саратовская 68	61	0,86	43	0,96	39	1,00
L3	56	0,97	47	0,89	41	0,97
L9	56	0,97	37	1,06	36	1,05
Саратовская 70	55	0,98	42	0,97	45	0,90
L12	45	1,20	35	1,09	36	1,06
НСР	12		12		10	

Примечание: L – длина побега, Rs – общая длина корневой системы; Rmax – длина самого длинного корня корневой системы каждого проростка.

Таким образом, на основании проведенного исследования установлено, что интрогрессивные линии, имеющие одинаковые транслокации с геном Lr29, отвечающим за устойчивость к ржавчине, но полученные с использованием разных реципиентов (Саратовская 70 и Саратовская 68), имеют значительное отличие по показателю индекса восприимчивости к солевому стрессу: проростки линии L9, реципиентом при создании которой является сорт Саратовская 70, отличается превышением порогового значения индекса SSI, т.е. высокой восприимчивостью к засолению по всем морфометрическим показателям корневой системы и побега. Сравнительный анализ индекса восприимчивости к стрессу проростков линий, полученных на основе одного реципиента и содержащих транслокацию с генами Lr28 и Lr29, показал отличия индекса восприимчивости SSI, рассчитанного по морфометрическим параметрам корневой системы, а именно по общей длине корней и по максимальному значению длины корня в корневой системе каждого проростка. Восприимчивой к засолению оказалась корневая система проростков линии L9, имеющей транслокацию с геном Lr28, тогда как значение индексов SSI(Rs) и SSI(Rmax) проростков линии L3 ниже аналогичных показателей сорта-реципиента Саратовская 68.

Результаты проведенного исследования позволяют оценить особенности морфогенеза растений интрогрессивных линий мягкой пшеницы, их экологическую пластичность, устойчивость к факторам окружающей среды, что важно для эффективного вовлечения их в селекционный процесс.

Авторы выражают глубокую признательность за предоставление объектов исследования и консультации в ходе проведения эксперимента сотрудникам лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока».

Список литературы

1. Адонина, И.Г. Интрогрессивная гибридизация мягкой пшеницы: результаты и перспективы / И.Г. Адонина, Е.М. Тимонова, Е.А. Салина // Генетика. 2021. Т. 57, № 4. С. 384-402.
2. Даштоян, Ю.В. Влияние засоления на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops columnaris* / Ю.В. Даштоян, А.В. Калинина, В.В. Коробко // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, Вып. 3. С. 308–317.
3. Evaluation of faba bean genotypes in normal and drought stress conditions by tolerance and susceptibility indices / P. Sharifi [et al.] // Central Asian Journal of Plant Science Innovation. 2021. Vol.1, № 4. P. 176–179.
4. Prospects of Inducing Resistance in Fodder Species against Toxic Ions and Metals / Saeed Rauf [et al.] // Bioremediation Journal. 2013. Vol. 17, Iss. 4. P. 212–230.
5. Assessment of salt stress effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) / Z.E.A. Fellahi [et al.] // Cultivars at Seedling Stage. 2019. Vol. 84, №4. P. 347–355.

Сравнение методов изготовления микропрепаратов щитовок цитрусовых культур для их дальнейшей идентификации

А. А. Иванова^{1,2}, О. В. Синкевич²

¹Псковский государственный университет, Псков, Россия

²ФГБУ «ВНИИКР» Североморский филиал, Петрозаводск, Россия
anna.tereshko.99@mail.ru, ovbio@mail.ru

Ключевые слова: Щитовки, микропрепарат, метод приготовления.

Щитовки – мелкие насекомые с явно выраженным половым диморфизмом, достаточно распространенные вредители растений. Они встречаются как на декоративной растительности, так и на сельскохозяйственных культурах. Заселяют и повреждают практически все надземные органы растений: побеги, ветви, листья, плоды. Самки и личинки ведут неподвижный образ жизни, прикрепляясь к растению и образуя щиток. Тело взрослой самки лишено ног, усики и глаза редуцированы. Ротовой аппарат состоит из хоботка и нитевидных хоботных щетинок. Передний отдел тела не сегментирован, состоит из головы, слитой с переднегрудью, среднегрудь также чаще всего слита с переднегрудью, заднегрудь чаще всего ясно отделена от среднегрудки. Брюшко самки делится на переднюю сегментированную часть и заднюю, состоящую из нескольких слитых вместе склеротизированных сегментов. Задняя часть брюшка называется пигидием [1], на морфологических особенностях которого проводится идентификация видов.

Самцы ведут свободный образ жизни, тело ясно разделено на голову, грудь и брюшко, ноги хорошо развиты, имеются крылья. Ротовой аппарат недоразвит, имеют простые глаза и нитевидные усики [1].

Около 20 видов щитовок являются вредителями цитрусовых культур [1]. Среди них встречаются виды с карантинным статусом, это красная померанцевая щитовка (*Aonidiella aurantii*), коричневая щитовка (*Chrysomphalus dictyospermi*), японская палочковидная щитовка (*Lopholeucaspis japonica* (Cockerell)) [2]. Правильная и своевременная идентификация вредных организмов позволяет предотвращать дальнейшее заражение культурных растений и образование карантинных очагов. Щитовки, как правило, определяются по микропризнакам пигидия самки. Возможно определение по морфологическим особенностям щитка, но этот способ не считается достоверным, так как совершенно разные виды и роды могут иметь сходные по строению щитки, а щитки особей одного вида могут варьировать по цвету и расположению личиночных шкур [1].

Для определения щитовки до вида по микропризнакам необходимо изготовить микропрепарат. Он может быть постоянный или временный. Постоянные микропрепараты чаще изготавливают для дальнейшего составления коллекций, а для быстрой идентификации – временный.

В лабораторной практике при фитосанитарном исследовании применяется три способа приготовления временных микропрепаратов.

Первый способ заключается в следующем. Живых насекомых щитовки помещают на предметное стекло в жидкость Хойера, делая предварительный надрез или прокол препаративной иглой. Далее насекомых накрывают покровным стеклом и подогревают до просветления покровов. После такой обработки препарат готов для анализа под микроскопом.

Такой метод приготовления микропрепарата имеет преимущество в скорости и небольшой затрате расходных материалов, по сравнению с остальными, но есть и существенный минус в том, что без очистки тела щитовки от внутреннего

содержимого, насекомое может не полностью просветлиться и при идентификации будут утеряны важные диагностические микропризнаки.

При приготовлении временных микропрепаратов вторым способом живых насекомых щитовки переносят на 10 мин в спиртовой раствор (сухие объекты опускают непосредственно в концентрированную молочную кислоту). Из спирта щитовок переносят в концентрированную молочную кислоту и нагревают на водяной бане или над спиртовой горелкой до полного просветления (для ускорения процесса рекомендуется из самок, содержащих яйца, осторожно их удалить). После обработки молочной кислотой остатки ее удаляют фильтровальной бумагой, а объекты переносят в жидкость Берлезе.

Метод прост в исполнении и не занимает много времени, тело насекомого хорошо просветляется под воздействием молочной кислоты, но при этапе работы с кислотой важно не переосветлить объект, чтобы не потерять важные диагностические признаки.

Для приготовления временных микропрепаратов третьим методом необходимо поместить самок щитовок в специальный фарфоровый тигелек со щелочью и подогреть до кипения. Далее насекомых нужно перенести из тигля на предметное стекло и, сделав прокол в передней части тела, очистить от внутреннего содержимого. Затем перенести на обычное предметное стекло с каплей специального состава, накрыть покровным стеклом и нагреть.

Существенный плюс метода заключается в том, что получается чистый и светлый препарат, с хорошо различимыми морфологическими признаками. Готовится недолго, в среднем полчаса–час, но требует кропотливости при очистке тела самки щитовки от внутреннего содержимого. Очень важно не повредить насекомое, особенно пигидий, несущий важные диагностические признаки.

В результате тестирования методов подготовки микропрепаратов можно заключить, что наиболее простым в исполнении является первый способ. Этот метод не требует значительных временных затрат, за исключением времени, необходимого для достижения просветления препарата. В сравнении с третьим методом он имеет более высокую вероятность избежать повреждения насекомого, так как не требует очистки тела от внутреннего содержимого. Однако, это может стать минусом при просветлении, поскольку содержимое может закрыть необходимые признаки для идентификации. Третий метод оказался наиболее затратным по времени и сложным в исполнении в сравнении с остальными. При его исполнении есть высокий риск повредить пигидий щитовки, в результате чего препарат будет испорчен. Несмотря на трудности при приготовлении, удается достичь качественного результата, что существенно облегчает дальнейшую идентификацию. Второй метод изготовления временных микропрепаратов по времени дольше, чем первый, но легче и быстрее в реализации, чем третий.

Список литературы:

1. Песоцкая, Е.А. Определитель вредителей и болезней citrusовых плодов / Е.А. Песоцкая, Н.С. Яковлева. Москва: Изд-во Министерства сел. хоз-ва СССР, 1959. 100 с.
2. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений» ФГБУ «ВНИИКР». URL: <https://vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes/> (Дата обращения: 10.02.2025).

**Особенности флоры ООПТ «Болото Железное»
Волжского района республики Марий Эл**

А. С. Иванова

Ивановский государственный университет, Иваново, Россия
ivanovaaleksandra194@gmail.com

Ключевые слова: флора, ООПТ, редкие и адвентивные виды.

Республика Марий Эл расположена в центре европейской части России, на востоке Восточно-Европейской равнины, в средней части бассейна Волги, входит в состав Приволжского федерального округа. Площадь республики – 23,4 тыс. км², столицей является город Йошкар-Ола. Волжский район, где проводились исследования, является административно-территориальной единицей и муниципальным образованием республики. Он расположен на левобережье р. Волги (юго-восток Марий Эл) и граничит с Звениговским и Моркинским районами, а с востока – с республикой Татарстан. Площадь района – 913,86 км². На территории республики сохранились уникальные природные комплексы, многие из которых труднодоступны и малоизучены.

По состоянию на 1.01.2025 г. в природно-заповедный фонд Республики Марий Эл входит 61 особо охраняемая природная территория [4], из них 3 – федерального значения: Государственный природный заповедник «Большая Кокшага», Национальный парк «Марий Чодра», Ботанический сад-институт ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет». 53 ООПТ имеют региональное значение: государственные природные заказники республиканского значения («Горное Заделье», «Холодный ключ», «Каменная Гора» и др.), памятники природы («Болото Железное», «Болото Березовое», «Кедровая роща» и т.д.). Остальные 5 особо охраняемых территорий – местного значения. На территории Волжского района расположены 6 ООПТ: Национальный парк «Марий Чодра», государственный природный заказник «Шайра Кундем – Сотнурская возвышенность», болота Железное и Берёзовое, охраняемые зелёные зоны «Лесопарк микрорайона ВДК Дубовая роща» и «Лесопарк микрорайона Дружба». Не все ООПТ республики хорошо изучены, поэтому работа по их обследованию и мониторингу биоразнообразия остаётся актуальной.

Памятник природы «Болото Железное» организован постановлением совета министров МАССР от 04.10.1974 г. № 660 «О признании водных объектов памятниками природы и культуры марийской АССР». Он расположен в центральной части Волжского района, в 0,5 км к северо-востоку от ж.-д. станции Помары. Общая площадь болота – 40 га, относится к переходному типу. Со всех сторон объект окружают возделываемые поля, по форме оно похоже на большое округлое блюдо. Болото образовалось в пониженных участках рельефа с мощным подстилающим слоем из глинистых почв, его глубина от 25 до 150 см. Основным источником питания, поддерживающим запасы воды в болоте, являются осадки, ключевые воды отсутствуют. ООПТ получило свое название из-за буровато рыжих иловых отложений на дне, кочках и побережью [5].

Флористические исследования ООПТ «Болото Железное» проводились в августе 2023 г., с мая по август 2024 г. традиционным маршрутно-рекогносцировочным методом и сопровождалась гербаризацией растений, составлением общего списка флоры, кратких ботанических описаний и созданием фототеки.

В результате работы был подготовлен аннотированный конспект флоры (система принята по А. Энглеру). Выявлено 130 видов сосудистых растений, относящихся к 3 отделам, 5 классам, 44 семействам и 97 родам. По числу видов преобладают семейства

Compositae – 17 видов, Gramineae – 14 и Cyperaceae – 9 видов. Крупными являются роды осока (*Carex*) – 8 видов и ива (*Salix*) – 4, что типично для флоры переходных болот бореальных областей.

Особенностью флоры болота является присутствие некоторых редких и адвентивных видов сосудистых растений. Среди редких особый интерес представляет находка ивы лопарской (*Salix lapponum*), которая с 1997 г. занесена в Красную книгу Республики Марий Эл со статусом 2 – сокращающийся в численности вид [3]. На верховом участке в юго-восточной части болота был найден единственный экземпляр высотой около 40 см без повреждений, среди *Menyanthes trifoliata*, *Oxycoccus palustris* и сфагновых мхов (7 августа 2024 г., А. Иванова; 55.97170° с. ш., 48.42406° в. д.). Это новое местонахождение вида в республике.

Интересна находка пузырчатки промежуточной (*Urticularia intermedia*), которая включена в «Перечень растений и грибов, нуждающихся в особом контроле за их состоянием в природной среде на территории республики Марий Эл». Вид был найден на низинном обводнённом участке болота в нескольких местах, среди *Lemna minor*, *Potamogeton natans* и *Hydrocharis morsus-ranae*. Из других редких видов важны находки урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum*) – единственный экземпляр найден на обводнённом переходном участке в юго-восточной части болота, а также повойничка мокричного (*Elatine alsinastrum*) – мелкая группа вегетирующих растений встречена на обводнённом низинном участке болота, в юго-восточной части. Эти виды в республике встречаются редко [1], являются редкими и в других субъектах средней полосы Европейской части России, занесены в некоторые региональные Красные книги.

Также на территории ООПТ найдены три инвазионных вида, включённых в Чёрную книгу флоры Средней России [2]: череда олиственная (*Bidens frondosa*), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus*) и мелколепестник однолетний (*Erigeron annuus*). *Bidens frondosa* распространена на значительной территории, группами и одиночно отмечается по берегам низинного участка, вдоль обочин песчаной грунтовой дороги, а так же в ивовых зарослях. Несколько цветущих особей *Lupinus polyphyllus* обнаружено вдоль обочины песчаной грунтовой дороги, на юго-западной границе ООПТ. *Erigeron annuus* единично встречается вдоль троп на низинном участке болота, по берегам. Распространение многих заносных и инвазионных видов в основном связано с антропогенным фактором, т.к. земли вокруг ООПТ обрабатываются, а само болото посещается местными жителями.

Полученные результаты свидетельствуют о репрезентативности ООПТ и важности его сохранения. Болото имеет большое водоохранное, ресурсное, научное значение, перспективно для образовательного и культурного туризма. Флористические исследования и мониторинг биоразнообразия болота Железное следует продолжать.

Автор выражает благодарность научному руководителю – доценту кафедры биологии ИвГУ, канд. биол. наук Курганову Антону Александровичу.

Список литературы

1. Абрамов, Н.В. Конспект флоры Республики Марий Эл / Н.В. Абрамов. Йошкар-Ола: МарГУ, 1995. 192 с.
2. Виноградова, Ю.К. Черная книга флоры средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России) / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л. Хорун. М.: ГЕОС, 2009. 494 с.
3. Красная книга Республики Марий Эл. Растения. Грибы / под. ред. О.Г. Барановой, Л.В. Рыжовой, Ю.Г. Суетиной. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2023. 352 с.
4. Перечень ООПТ, расположенных на территории Республики Марий Эл, по состоянию на 1.01.2025. [Электронный ресурс] URL: <https://mari-el.gov.ru/> (Дата обращения: 01.02.2025).
5. Файзуллина, С.Я. Памятники природы Марийской Республики // С.Я. Файзуллина, Н.В. Кречетова. Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1989. 81 с.

УДК 582.26.

Таксономический и экологический состав эпифитных цианопрокариот и водорослей мхов г. Уфы и его окрестностей

Я. А. Иманова, И.Е. Дубовик

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Институт природы и человека, Уфа, Россия

emanovaiana1@gmail.com

Ключевые слова: цианопрокариоты, эпифитные водоросли.

Тема эпифитных водорослей мало изучена на данный момент, хотя не является новой в научных кругах. Её исследованием занимались такие ученые как: И.Н. Егорова, Г.Г. Кузяхметов, И.Е. Дубовик, М.Ю. Шарипова и другие [1–3]. Изучали эпифитные водоросли в консорциях древесных растений в различных населенных пунктах России. Эпифитные водоросли, известные также как альгоэпифиты, это группа водорослей, которые произрастают на определенных лишайниках, мхах и коре деревьев.

Этот тип водорослей отличается небольшим количеством устойчивых видов, что объясняется строгим отбором в условиях, где влага поступает только из атмосферных осадков на поверхность мхов и коры деревьев. Тем не менее, эпифитные цианопрокариоты и водоросли мхов (группы споровых высших растений) практически не изучены, в частности очень мало сведений по эпифитной альгофлоре нашего региона, что и определяет актуальность наших исследований.

Цель данного исследования: изучение таксономического и экологического состава цианопрокариот и водорослей мхов г. Уфы и его окрестностей.

Фрагменты мхов собирались с территории г. Уфы и его окрестностей. Также для сравнения видового биоразнообразия цианопрокариот и водорослей, пробы со мхов были собраны в природном парке Иремель. Место сбора фиксировалось. Для предварительной оценки видового разнообразия эпифитных цианопрокариот и водорослей смывы со мхов просматривали методом прямого микрофотографирования. Для более полного выявления состава и видовой принадлежности альгоэпифитов использовали метод чистых культур в жидкой среде Громова № 6.

Исследования альгофлоры проводили на 9 видах мхов, относящихся к 9 родам, 7 семействам, 4 порядкам и 1 классу. *Abietinella abietina*, *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*, *Dicranum montanum*, *Leskea polycarpa*, *Nyctolmiella obtusifolia*, *Pylaisia polyantha*, *Sanionia uncinata* *Paraleucobryum longifolium*.

В результате проведенных исследований на мхах с различных субстратов г. Уфы и его окрестностей выявлено (во всех исследованных зонах) 54 видовых и внутривидовых таксонов цианопрокариот и водорослей, относящихся к 43 родам, 36 семействам, 24 порядкам и 8 классам из пяти отделов: Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Bacillariophyta, Heterokontophyta. Ведущая роль в эпифитной альгофлоре принадлежит двум отделам: Cyanobacteria и Chlorophyta, на долю которых приходится 37 и 33% от общего числа выявленных видов альгоэпифитов, соответственно. Меньшее число видов из отделов Bacillariophyta и Charophyta – 11 и 2%, соответственно.

Исследования показали, что эпифитная альгофлора мхов практически не имеет сходства (коэффициент общности Серенсена не превышал 52%), что указывает на случайное попадание клеток цианопрокариот и водорослей на их листья, зависимости от состояния окружающей среды также не обнаружено. Спектр эковиоморф выглядит следующим образом: $Chl_{10}X_6hydr_6CF_5C_5Aer_5H_5B_4P_4M_2PF_1$ (см. таблицу).

Таблица – Распределение водорослей по отделам и экобиоморфам в промышленной (1) и рекреационной (2) зонах

Таксоны мхов	Отделы водорослей на мхах		Экобиоморфы		Всего таксонов 1 и 2 зонах	
	1	2	1	2		
<i>Ceratodon purpureus</i>	C ₃₇ Д ₅ Ж ₁ ХарЗ ₁	С ₃₂ Д ₂	B ₄ hydr ₃ Ch ₂ C ₁ P ₁ M ₁ X ₁ amph ₁ H ₁	B ₂ P ₁ C ₁	15	4
<i>Dicranum montanum</i>	С ₃₁₀ З ₅ Ж ₁	Ж ₆ С ₃₂	Ch ₄ CF ₂ P ₂ Aer ₃ C ₂ M ₁ H ₁ amph ₁	X ₃ H ₂ Ch ₂ M ₁	16	8
<i>Nycholmiella obtusifolia</i>	С ₃₂ З ₂	С ₃₄ Ж ₁ Д ₁ З ₁	Ch ₂ P ₁ C ₁	Ch ₂ CF ₁ B ₁ C ₁ amph ₁ Aer ₁	4	7
<i>Pylaisia polyantha</i>	С ₃₅ З ₂ Д ₁	С ₃₄ З ₁	Aer ₂ P ₂ B ₁ C ₁ X ₁ Ch ₁	CF ₂ C ₁ Ch ₁ PF ₁	8	5

Наиболее часто встречаются следующие виды: *Microcystis aeruginosa*, *Synechococcus elongatus*, *Phormidium autumnale*, *Nostoc punctiforme*, *Pinnularia borealis*. Водорослей, которые обитали на всех видах мхов, не было обнаружено.

Рекомендуется дальнейшее изучение этих водорослей из промышленной и рекреационной зон, так как сравнение альгофлоры мхов показало, что в промышленной зоне видовое разнообразие больше, чем в рекреационной зоне (57 и 42 вида соответственно). Необходимо дальнейшее изучение данного вопроса.

Список литературы

1. Дубовик, И.Е. Разнообразие и структура сообществ эпифитных водорослей открытого и закрытого грунта Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН / И.Е. Дубовик, М.Ю. Шарипова // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19, №. 1. С. 85–89.
2. Егорова, И.Н. Эпифитные водоросли Южного Предбайкалья / И.Н. Егорова, Е.А. Судакова // Новости систематики низших растений. 2005.
3. Кузяхметов, Г.Г. Эпифитные водоросли в консорциях древесных растений / Г.Г. Кузяхметов // Экология и охрана окружающей среды. 1995. Ч. 3. Пермь, 1995. С. 19–20.

УДК 581.95843

Этноботанические знания кыргызов

А. Канназарова, Н. Иманбердиева

Кыргызско-Турецкий университет Манас, Кыргызстан

nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

2012.02024@manas.edu.kg

Ключевые слова: этноботаника, кыргызы, лекарственные растения, Ноокат.

Растительный мир Кыргызстана очень богат и практически все его представители обладают лечебными свойствами [1]. Жители Кыргызстана издавна знали значение лекарственных растений и широко использовали их целебные свойства. Хотя на бумаге не записывали, целебные свойства некоторых трав для человека и животных передавались из поколения в поколение устно, и это продолжает передаваться по сей день. Наши предки с давних пор знали, что целебные вещества в растениях накапливаются в зависимости от времени года, возраста растения и его экологии [2].

Ноокат находится в юго-западной части Кыргызстана на высоте 1200–1700 м над уровнем моря. Разнообразие природных условий, включая горные склоны и

плодородные долины, способствует богатому растительному миру, что в свою очередь формирует богатые традиции в использовании растений для различных нужд [3].

Чтобы изучить место этноботаники в настоящее время и в какой степени используются лекарственные растения в сельской местности, провели исследование, проводя опрос среди жителей Ноокатского района юга Кыргызстана. Жители Ноокатского района используют растения не только в качестве пищи и сырья для строительства, но и для медицинских целей. Этноботанические знания местных жителей передаются из поколения в поколение и становятся неотъемлемой частью их повседневной жизни [4]. Одним из важнейших аспектов этноботанических знаний является использование растений в народной медицине. В Ноокате активно применяются местные растения для лечения различных заболеваний, таких как простуды, боли в животе, кожные болезни и заболевания дыхательных путей. Например, *Matricaria recutita*, *Mentha silvestris*, часто используются для приготовления настоев и отваров. Существуют также более специфические растения, применяемые в лечении хронических заболеваний. В повседневной жизни жители активно используют местные растения для приготовления пищи. На территории района произрастает большое количество фруктов, ягод, злаков (пшеница и ячмень). Местные жители часто употребляют в пищу дикорастущие растения – *Urtica dioica*, *Thymus marschallianus*, *Rosa* sp. и различные виды чеснока и лука, которые растут в изобилии в сельской местности (см. рисунок).



Рисунок – Растительный мир Ноокатского района (с. Жар-Коргон)

В исследовании приняли участие более 50 жителей Ноокатского района, возраст которых старше 55 лет. В целом получили информацию о 58 лекарственных растениях, большинство из которых являются дикорастущими, а остальные – культурными растениями.

Дикорастущие растения широко используются местным населением: *Helichrysum maracandicum*, *Thymus Marschallianus*, *Artemisia absinthium*, *Hepericum perforatum*, *Capsella bursa pastoris*, *Matricaria recutita*, *Equisetum arvense*, *Plantago major*, *Tussilago farfara*, *Urtica dioica*, *Allium schoenoprasum*, *Allium ursinum*, *Berberis heteropoda*, виды рода *Juniperus*, *Hippophae turkestanica*, *Ribes nigrum* и др. [5].

Получили информацию о разнообразном использовании растений местными жителями, например, мята используется, как средство для чистки зубов, а крапива двудомная и ромашка – средство, для мытья волос. Ромашку, молодые девушки применяют для осветления кожи. В результате исследования было выявлено, что

практически все местные жители широко используют такие растения, как черная смородина, облепиха, подорожник и крапива. Это связано с тем, что ягоды, корни, стебли и листья черной смородины обладают целебными свойствами и способствуют улучшению работы сердечно-сосудистой системы, укреплению иммунитета, зрения, защищает от патогенов, предотвращает вспышки герпеса и т. д.

Местное население широко применяют ягоды облепихи, кусты которого растут на пойменных лесах региона. Листья подорожника используют для заживления ран и язв, при диарее у маленьких детей, лечат заболевания органов дыхания и пищеварения, репродуктивную и нервную системы. Крапиву используют, как кровоостанавливающее, мочегонное и желчегонное средство, для снятия воспалительных процессов, ускорения восстановления слизистых оболочек органов желудочно-кишечного тракта и др.

Местные хранители традиционных знаний различают вышеуказанные признаки на различных фазах развития растений, знают особенности и объем местных ресурсов агроценоза и дикой природы, поскольку они ежедневно сталкиваются с ними в местах их произрастания, от всходов до цветения и плодоношения. Таким образом, признаки, которые они используют для характеристики растений, очень важны и взаимосвязаны.

Важным является сравнение данных с традиционными знаниями разных народов потому, что оно вычлняет важные и достоверные сведения и позволяет наметить наиболее перспективные направления для поисков новых лекарственных растений.

Выражаю благодарность научному руководителю Иманбердиеву Н. А. за помощь и поддержку в написании и финансировании статьи.

Список литературы

1. Лекарственные растения Кыргызстана и их устойчивое использование: учебное пособие / Сост. Н. А. Рогова, Н. В. Яковлева. Бишкек, 2012. 134 с.
2. Основы традиционных знаний кыргызов (Кыргыз элинин салттуу билимдеринин негиздери) / М.Б. Айтматов [и др.]. Изд-во: Max Print, Бишкек, 2017.
3. Молдобаев, Ж.Ш. Ноокат – Образование и Презентация (Ноокат Таалим-баян) / Ж.Ш. Молдобаев. Ош, 2021.
4. Ткаченко, К.Г. Этноботаника в современном мире // К.Г. Ткаченко, Т.П. Лебедев. СПб, 2018.
5. Ботбаева, М.М. Растительный мир Кыргызстана (Кыргызстандын өсүмдүктөр дүйнөсү) / М.М. Ботбаева. Бишкек, 2012. 437 с.

УДК 579.6

Фаговые антитела для определения гентамицина

О. А. Караваева¹, Е. С. Козлов², С. А. Староверов^{1,2}, О. И. Гулий¹

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия

²Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия
helga1121@yandex.ru

Ключевые слова: фаговые антитела, гентамицин, антибиотики.

Остаточные количества антибиотиков в воде и пищевых продуктах могут привести к серьезным проблемам не только со здоровьем человека, но и с загрязнением окружающей среды. В течение длительного времени антибиотики широко и необоснованно использовались в медицине, животноводстве, аквакультуре и других областях. К 2015 г. глобальное потребление антибиотиков достигло 34,8 млрд установленных суточных доз и по прогнозам к 2030 г. удвоится [1]. Особую опасность

представляют аминокликозидные антибиотики, суммарный объем продаж которых составляет 6,5% от общего объема реализации антибиотиков (по данным на 2022 г.), одним из представителей которых является гентамицин [2].

Гентамицин широко используется при лечении бактериальных инфекций в медицине, животноводстве и сельскохозяйственном производстве, также его добавляют в корм животных. Остатки гентамицина с питьевой водой, молоком, яйцами, мясом попадают в организм человека и приводят к потере слуха, нефротоксичности и аллергическим реакциям на лекарственные препараты [3], поэтому интенсивно развиваются методы для быстрого и своевременного анализа антибиотиков, в том числе гентамицина, в воде и пищевых продуктах с применением простых и чувствительных методов. Весьма успешными для анализа антибиотиков, в том числе гентамицина, являются разнообразные сенсорные системы.

В качестве узнающего компонента аналитических систем могут выступать антитела, полученные с помощью технологии фагового дисплея. Фаговый дисплей антител зарекомендовал себя как надежный и эффективный молекулярный метод для создания обширных библиотек, содержащих миллионы или даже миллиарды различных пептидов или белков [4, 5].

В работе продемонстрирована возможность применения технологии фагового дисплея для получения антигентамициновых антител. Методом дот-иммуноанализа при биоспецифичном взаимодействии отобранных антигентамициновых фаговых антител проведено определение гентамицина в водных растворах, при минимальной определяемой концентрации 0,5 мкг/мл (различимое связывание метки, отличное от фонового уровня). Показано, что антигентамициновые антитела обладают специфичностью не только к гентамицину, но и канамицину, при этом нижний предел детекции канамицина составляет 1 мкг/мл, но не взаимодействуют с антибиотиками других групп – ампициллином и тетрациклином.

Таким образом, технология фагового дисплея является многообещающей платформой для получения антител, специфичных к гентамицину. Представлен способ быстрой иммуоиндикации гентамицина с помощью метода дот-иммуноанализа. Представленные результаты являются перспективными и имеют большой потенциал для развития методов определения антибиотиков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 24-24-00309.

Список литературы

6. Smartphone-assisted colorimetric sensing platform based on molybdenum-doped carbon dots nanozyme for visual monitoring of ampicillin / Wenjing Lu. [et al.] // *Chemical Engineering Journal*. 2023. Vol. 468. P. 143615.
7. European Medicines Agency, European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption, 2022. 'Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2022' (EMA/299538/2023).
8. Simple and sensitive colorimetric sensor for determination of gentamicin in milk based on lysine functionalized gold nanoparticles / S. Zhang [et al.] // *Microchemical Journal*. 2020. Vol. 158. P. 105190.
9. Фаговые антитела как биорецепторы для определения ампициллина / О.И. Гулий [и др.] // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2022. Т. 58, № 5. С. 513–519.
10. Фаговые антитела для определения канамицина / О.И. Гулий [и др.] // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2023. Т. 59, № 5. С. 512–519.

**Онколитическая активность штамма вируса болезни Ньюкасла
NDV/Altai/pigeon/777/2010 на экспериментальной модели
солидной карциномы Льюиса**

*Ю. И. Каркавин, К. С. Юрченко, Л. С. Адаменко, А. В. Глущенко,
А. М. Шестопалов*

Федеральный исследовательский центр фундаментальной
и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия
karkaviny@mail.ru

Ключевые слова: вирус болезни Ньюкасла, виротерапия, карцинома легких Льюиса, онколитические вирусы, опухолевая прогрессия.

Одной из задач современной медицины является своевременная диагностика и лечение злокачественных новообразований. Согласно Всемирной Организации Здравоохранения, онкологические заболевания занимают второе место по причинам гибели людей после сердечно-сосудистых заболеваний [1], поэтому поиск и разработка новых препаратов и подходов онкотерапии, основанных на внедрении новейших технологий и достижений клинической онкологии, остается актуальным направлением в области биологии и экспериментальной медицины. Это является критически важным шагом для предотвращения распространения заболеваемости и повышения продолжительности жизни пациентов.

Одним из наиболее перспективных онколитических агентов является вирус болезни Ньюкасла (ВБН), принадлежащий к роду *Orthoavulavirus*, подсемейству *Avulovirinae* семейства *Paramyxoviridae*. В ряде исследований было продемонстрировано, что природные штаммы ВБН могут служить основой для создания эффективного противоопухолевого препарата [2]. Их цитотоксическое действие на культуры опухолевых клеток и их безопасность для нормальных клеток демонстрируют эффективность ВБН как онколитического агента. Исходя из этого, проводятся исследования, в которых изучается онколитический потенциал природных изолятов ВБН на различных линиях опухолевых клеток человека для оценки терапевтической эффективности и избирательности действия этих штаммов.

В данном исследовании мезогенный штамм вируса болезни Ньюкасла NDV/Altai/pigeon/777/2010 [3] был наработан путем культивирования в аллантоисной полости 9-10-дневных развивающихся куриных эмбрионов (РКЭ) и на клеточной культуре Vero. В качестве экспериментальной модели для исследования выбрана опухолевая линия карциномы Льюиса (КЛЛ). Был продемонстрирован цитотоксический потенциал вируса на клетках КЛЛ *in vitro* и статистически значимое снижение жизнеспособности клеток после инфицирования. В эксперименте *in vivo* изучено влияние интратуморальной виротерапии штаммом ВБН на процессы опухолевой прогрессии солидной подкожной карциномы Льюиса с оценкой динамики роста опухолевых подкожных узлов и исследованием изменения показателей уровней деструктивных изменений в опухолевой ткани.

В ходе исследования было выявлено, что однократная интратуморальная инъекция вирусом NDV/Altai/pigeon/777/2010 не останавливает рост опухоли, а оказывает лишь сдерживающий эффект (см. рисунок).



Рисунок – Изменение объема опухолевых узлов карциномы Льюиса, привитых мышам C57Bl/6, у животных без лечения (контроль) и у животных, получавших однократную интратуморальную инъекцию вируса болезни Ньюкасла NDV/Altai/pigeon/777/2010, нарабатанного в аллантоисной полости РКЭ

Результаты данного исследования показывают, что природные изоляты ВБН могут быть использованы для создания противораковых препаратов в будущем.

Источник финансирования: работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 24–24–00367.

Список литературы

1. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants / C. Xia [et al.] // Chin. Med. J. 2022. Vol. 135, № 5. P. 584–590.
2. Intratumoral virotherapy with wild-type newcastle disease virus in carcinoma Krebs-2 cancer model / K.S. Yurchenko [et al.] // Viruses. 2021. Vol. 13, № 4. P. 1–16.
3. Complete genome sequences of two newcastle disease virus strains isolated from a wild duck and a pigeon in Russia / M.R. Kabilov [et al.] // Genome Announc, 2016, Vol. 4, № 6. e01348-16. P. 1–2.

УДК [579.64:635.646](470.44)

Сезонная динамика качественных и количественных характеристик микробиома растений баклажана (*Solanum melongena* L., 1753), выращиваемых в условиях Саратовской области

А. В. Карпулянская, А. М. Петерсон

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

Ключевые слова: *Solanum melongena*, микробиота, Саратовская область.

На территории России баклажаны выращиваются преимущественно в южных регионах. Порядка 75% продукции поступают из хозяйств Краснодарского края, Волгоградской, Астраханской, Ростовской и Саратовской областей [1]. Таким образом, Саратовская область входит в число лидеров по производству данной сельскохозяйственной культуры. На урожайность баклажана существенное влияние оказывают различные инфекционные заболевания [2]. Устойчивость растений к патогенам зависит от целого ряда факторов, в том числе и от их колонизационной резистентности, которую обеспечивает нормальная микробиота. Её видовое

разнообразии, количественные характеристики неизбежно будут меняться в течение вегетационного сезона, что будет сказываться на устойчивости растений к патогенам, поэтому целью работы стало изучение сезонной динамики микробиоты растений баклажана (*Solanum melongena* L., 1753) в условиях Саратовской области.

Материалом для микробиологических исследований послужили листья растений баклажана, выращенных в УНПК «Агроцентр» СГУГБиИ им. Н.И. Вавилова и фермерских хозяйствах Энгельского района. Всего в ходе работы было исследовано 70 образцов здоровых листьев растений баклажана.

При микробиологических исследованиях осуществляли посев поверхности листовой пластинки методом отпечатка на плотную питательную среду PDA, а также культивирование фрагментов листовых пластинок в условиях влажной камеры. Посевы культивировали при температуре 28°C в течение 3–5 суток. Идентификацию доминирующих грибных изолятов осуществляли на основании анализа культуральных свойств и особенностей морфологии мицелия гриба и органов спороношения на разных стадиях развития при помощи определителей [3]. Идентификацию бактерий проводили по стандартным фенотипическим свойствам по определителю бактерий «Bergey's manual of determinative bacteriology» и сайту ABIS (BIOCHEMICAL IDENTIFICATION) [4].

В результате исследования были выявлены существенные различия в микробиоме растений баклажана в начале и в конце сезона (см. таблицу).

Таблица – Индекс встречаемости микроорганизмов на поверхности растений баклажана в разные периоды вегетационного сезона

Виды микроорганизмов	Индекс встречаемости, %	
	в летний период	в осенний период
Бактерии:		
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	23	0
<i>B. bataviensis</i>	13	0
<i>B. cereus</i>	100	0
<i>B. circulans</i>	0	33
<i>B. coagulans</i>	0	50
<i>B. drentensis</i>	6	0
<i>B. halodurans</i>	60	33
<i>B. lentus</i>	0	33
<i>B. oleronius</i>	40	0
<i>B. pseudomicoides</i>	3	0
<i>B. psychrodurans</i>	6	0
<i>B. simplex</i>	0	60
<i>Aneurinibacillus aneuriniliticus</i>	43	0
<i>Jonesia denitrificans</i>	6	0
<i>Raoultella terrigana</i>	0	13
Микромицеты:		
<i>Alternaria solani</i>	46	26
<i>Aspergillus flavus</i>	6	0
<i>A. niger</i>	83	0
<i>A. ustus</i>	13	0
<i>Penicillium janthinellum</i>	0	33
<i>Trichoderma harzianum</i>	20	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	66	26
<i>Rhizopus stolonifer</i>	86	53
<i>Mucor ramosissimus</i>	20	33

Наиболее динамична была его бактериальная составляющая: индекс общности видового состава составил 6,7%. Микокомплекс баклажан был более стабилен в течение сезона (индекс общности 55,6%).

В летний период было изолировано 10 видов бактерий и 8 видов грибов. Наиболее распространёнными ассоциантами растений в этот период были бактерии *Bacillus cereus* (индекс встречаемости 100%), *Bacillus halodurans* (60%) и микромицеты *Rhizopus stolonifer* (86%), *Aspergillus niger* (83%). Наибольшие количественные показатели содержания на поверхности растений были характерны для бактерий *B. cereus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. oleronius* (10^2 КОЕ/см²), грибов *R. stolonifer*, *Trichoderma harzianum* (10^3 КОЕ/см²).

В осенний период видовое разнообразие микроорганизмов снизилось: было изолировано 6 видов бактерий и 6 видов грибов. Наиболее распространёнными ассоциантами растений в этот период стали бактерии *B. simplex* (индекс встречаемости 60%) и *B. coagulans* (50%) и микромицет *R. stolonifer* (53%). Количественное содержание бактерий на поверхности растений выросло на порядок. Наибольших количественных показателей достигали *B. halodurans* и *B. lentus* (10^3 КОЕ/см²).

Количественные показатели грибов изменились незначительно. Наибольшей численности по-прежнему достигал *R. stolonifer* (10^3 КОЕ/см²).

В течение всего сезона на растениях присутствовали лишь бактерии *B. halodurans*, и грибы *A. solani*, *F. oxysporum*, *R. stolonifer* и *M. ramosissimus*. К осени встречаемость почти всех этих видов уменьшилась. Статистический анализ (коэффициент Уилкоксона) изменения их численности на поверхности растений (КОЕ/см²) показал, что к концу вегетационного сезона этот показатель увеличивался у *B. halodurans* ($p=0,00009$) и уменьшался у микромицетов *A. solani* ($p=0,005$), *F. oxysporum* ($p=0,007$), *M. ramosissimus* ($p=0,043$). Данная закономерность может быть связана с фунгистатической активностью *B. halodurans*. Подавление в конце сезона фитопатогенных грибов *A. solani*, *F. oxysporum*, *R. stolonifer* может быть также следствием увеличения в этот период на поверхности растений грибов рода *Penicillium*, которые обладают антагонистической активностью в отношении многих микромицетов.

Список литературы

1. Анализ рынка баклажанов в России / [Электронный ресурс] / Гидмаркет: [сайт]. URL: <https://gidmark.ru/cat1/marketingovoe-issledovanie-rynka-baklazhanov> (Дата обращения: 15.01.2024).
2. Мишина, М.Н. Собственные защитные реакции растений на поражение фитопатогенами / М.Н. Мишина // Наука и образование. 2020. Т. 3, № 3. С. 23–26.
3. Саттон, Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. М.: Мир, 2001. 486 с.
4. Определитель бактерий Берджи: в 2 т. / Дж. Хоулт [и др.]. М.: Мир, 1997. 800 с.

УДК 616.8-001.31

Моделирование контузионных травм центральной нервной системы как метод биомедицинских исследований

А. Д. Колабухова, Т. Д. Искра, О.В. Семячкина-Глушковская

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
anastasiak.09@mail.ru

Ключевые слова: моделирование травм центральной нервной системы, биомедицинские исследования.

Важным этапом для решения биомедицинских задач является создание животной модели. По этическим и законодательным причинам возможности биомедицинских исследований ограничены, и поэтому животные модели человеческих заболеваний широко используются в биомедицине. Наиболее популярными лабораторными животными являются грызуны, которые, благодаря физиологической и генетической гомологии, привели к фундаментальным открытиям в области биомедицины [1].

Контузионное повреждение центральной нервной системы – это состояние, возникающее в результате силового воздействия и проникающих травм. Это может произойти во время дорожно-транспортных происшествий, падений, занятий спортом и несчастных случаях на производстве. Травмы центральной нервной системы часто приводят к инвалидности, когнитивным нарушениям и характеризуются высоким уровнем летальности [2]. Несмотря на разработку и внедрение в клиническую практику алгоритмов обследования, современных методов реанимации и усовершенствование хирургических методик лечения, показатели летальности при контузионных травмах спинного мозга в разных медицинских организациях составляет 45,6%, а при травмах головного мозга от 10 до 85% в зависимости от тяжести травмы. Таким образом, проблема лечения контузионных травм центральной нервной системы является актуальной на сегодняшний день. Поиск новых способов лечения данного заболевания остаётся одной из главных задач современной медицины, для решения которой необходима животная модель, позволяющая изучить новые методы терапии.

Целью данного исследования является разработка методов моделирования контузионных травм спинного и головного мозга у мышей. Для создания модели контузионной травмы спинного и головного мозга использовалась разработанная нами установка, включающая в себя 5-граммовый металлический стержень, который сбрасывается с высоты 10 мм. Моделирование контузионной травмы спинного мозга проводилось на уровне позвонков Т9–Т11, на головном мозге – в области височной кости на расстоянии 3 мм от глаза мыши. Для оценки результатов эксперимента проводилось гистологическое исследование тканей спинного и головного мозга.

Результаты исследования выявили нарушение целостности гистологических структур, разрушение нейронных связей и образование отёка в области контузии. Таким образом, результаты исследования показали, что данный метод является эффективным для моделирования контузионных травм центральной нервной системы у грызунов. Метод является значимым для дальнейшей разработки методик лечения травматических повреждений центральной нервной системы.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-75-30001).

Список литературы

1. Epidemiological Review of Spinal Cord Injury due to Road Traffic Accidents in Latin America / L.L.F. Londoño [et al.] // Med Princ Pract. 2022. Vol. 31. P. 11–19.

УДК 577.21:612.215

Рецепторы горького вкуса: биологические механизмы в патогенезе бронхиальной обструкции

А. В. Конев

Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,
г. Благовещенск, Россия
andrkonov@vk.com

Ключевые слова: Горьковкусовые рецепторы (TAS2R), полиморфизм генов, экспрессия генов, обструкция дыхательных путей, патогенез бронхиальной астмы.

Рецепторы горького вкуса задействованы в комплексе функций во многих органах и тканях организма человека за пределами их традиционной роли в распознавании горьких веществ [1]. Подтверждено, что горьковкусовые рецепторы (TAS2R) при бронхиальной астме (БА) участвуют в физиологии эпителиальных клеток, усиливая мукоцилиарный клиренс; в физиологии гладкомышечных клеток, вызывая релаксацию; а также иммунных клеток, в том числе на мембранах эозинофилов, базофилов и тучных клеток [2]. Представляет интерес углубление понимания биологических механизмов, лежащих в основе патогенеза БА, опосредованных рецепторами TAS2R.

Цель исследования – оценить влияние полиморфизма 20-го гена горького вкуса (TAS2R20) на особенности бронхиальной проходимости при БА.

Исследуемая выборка состояла из двух групп, 120 пациентов с БА и 128 человек контрольной группы. Изучены показатели вентиляционной функции внешнего дыхания методом спирометрии на оборудовании Easy on (NDD Medizintechnik AG, Швейцария): ФЖЕЛ, ОФВ₁, соотношение ОФВ₁/ФЖЕЛ, ПОС. Исследование проведено с информированного согласия участников, одобрено биомедицинским этическим комитетом, соблюдены принципы Хельсинкской декларации. В базе данных генетических полиморфизмов dbSNP (NCBI) отобраны целевые полиморфизмы 20-го гена с учетом неравновесия по сцеплению (см. таблицу). Учитывалась частота минорного аллеля выбранных полиморфизмов более 0,05 согласно данным «1000 Genomes» [3].

Таблица – Характеристика генотипированных полиморфизмов

ID полиморфизма	Генетическая вариация	Фрагмент
rs61912291	g.10996791T>G	3'-нетранслируемый регион
rs10845281	c.706A>G (p.Ile236Val)	кодирующий регион
rs79420812	c.421G>A (p.Val141Ile)	кодирующий регион

Проведено генотипирование однонуклеотидных последовательностей (ОНП) 20-го TAS2R гена rs79420812, rs10845281, rs61912291 методом асимметричной ПЦР с анализом плавления зондов. Статистика рассчитана с применением логистической регрессии и критериев (t) Стьюдента, Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса, χ^2 .

Группа больных БА имела разнородный состав по анамнезу патологии, большую часть составили лица с легкой персистирующей БА (39%), меньшую – лица с тяжелой астмой (9%).

По частотам генотипов соблюдено равновесие Харди-Вайнберга для всех ОНП в обеих группах. Изучение ассоциаций каждого ОНП с наличием диагноза не установило связи между TAS2R20 и БА. Были обнаружены существенные различия показателя ОФВ₁/ФЖЕЛ в зависимости от генотипа ОНП rs61912291. Так, ОФВ₁/ФЖЕЛ, %, для генотипа GG = 85,4 (79,0-91,0), GT= 78,0 (70,0-85,0), TT= 75,4 (65,3-87,0). Носители генотипа GG показали более высокое значение, по сравнению с GT (p=0,02) и TT (p=0,007). Было установлено при попарном сравнении, что для GG характерны показатели ОФВ₁ и ПОС выше чем у GT (p=0,02 и p=0,03, соответственно) и TT (p=0,06 и p=0,03, соответственно). При сравнении групп по ранжированным данным с использованием критерия Краскела-Уоллиса заметных различий среди исследуемых параметров не отмечено. Показатель ОФВ₁<80% от должного достоверно чаще встречался у носителей аллеля Т, 96,6% против 3,4% у GG в доминантной модели наследования. Обнаруженный эффект аллеля Т может быть связан с его подавляющим влиянием на экспрессию рецептора, так как связанный с ним ОНП расположен в 3'-не транслируемом регионе гена и влияет на течение транскрипта [4]. Согласно данным проекта GTEx можно утверждать, что у носителей генотипа TT скорее будет проявляться снижение экспрессии ОНП в тканях легких, относительно других аллельных вариантов. В группе больных БА носителей ОНП rs79420812 и rs10845281 статистически достоверных взаимосвязей с данными спирографии не обнаружено.

Зафиксирована связь проходимости дыхательных путей и аллеля Т полиморфизма rs61912291 TAS2R20. Генотипы TT и TG можно рассматривать в качестве маркеров риска обструкции при БА. Вероятный биологический механизм обусловлен негативным воздействием на экспрессию TAS2R20, для уточнения которого необходимо дальнейшее изучение характера влияния полиморфизмов генов семейства TAS2R в патогенезе хронических обструктивных патологий дыхательных путей у человека.

Список литературы

1. Наумов, Д.Е. Современные представления о роли TAS2R рецепторов в патогенезе респираторных заболеваний / Д.Е. Наумов, Д.А. Гассан, Ю.М. Перельман // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2023. Вып.90. С.133–146.
2. The expression and relaxant effect of bitter taste receptors in human bronchi / S. Grassin-Delyle [et al.] // Respir. Res. 2013. Vol. 14, № 1. P. 134.
3. Xu, Z. SNPinfo: integrating GWAS and candidate gene information into functional SNP selection for genetic association studies / Z. Xu, J.A. Taylor // Nucleic Acids Res. 2009. Vol. 37. W600–5.
4. The ensemble variant effect predictor /W. McLaren [et al.] // Genome Biol. 2016. Vol. 17, № 1. 122.

УДК 579.66:663.54

Сравнительная характеристика биоконверсии лактозы в этанол двумя промышленными штаммами *Kluveromyces lactis*: контроль условий в биореакторе

А. Д. Коробкин

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

korobkin.volg@gmail.com

Ключевые слова: молочная сыворотка, лактоза, ферментация, биоэтанол, *Kluveromyces lactis*.

Последние 10 лет Российская сырная промышленность показала рост в 50%, это связано с ростом потребительского спроса, а также с возможностью обеспечить производство необходимым оборудованием [1]. Экологически значимым отходом сыроваренной промышленности является молочная сыворотка, годовой объем

производства которой достигает 200 млн тонн, а последующей обработке подвержены не более 25% от этого количества. Сыворотка обладает свойствами, позволяющими осуществлять ее промышленную переработку, однако при попадании в водоемы она проявляет себя как опасный загрязнитель [2]. Одним из продуктов, получаемых при биоконверсии молочной сыворотки является этанол [3, 4].

Дрожжи *Kluveromyces* spp., наиболее эффективно способны синтезировать глюкозу и галактозу, что делает их широко используемыми в молочной промышленности [5]. Изложенное выше говорит о необходимости разработки и внедрения новых эффективных методов биотехнологической переработки отходов молочного производства с использованием современных высокоэффективных штаммов.

Цель исследования – сравнение возможности двух штаммов дрожжей *Kluveromyces lactis* к удалению лактозы из молочной сыворотки путем ее конверсии в этанол и характеристика этого биотехнологического процесса в лабораторной модели.

Для ферментации использовали два штамма дрожжей *K. lactis*, маркированных в соответствии с каталогом ВКПМ Национального биоресурсного центра России как Y-2037, Y-2040. В качестве отрицательного контроля был взят штамм *Saccharomyces cerevisiae* Y-187 с минимальной способностью к ферментации лактозы.

Для культивирования использовался ферментер ФА-02 объемом 2,0 л в контролируемых условиях перемешивания, температуры (34°C), pH (4,34) и аэрации культуральной жидкости. В рабочую камеру ферментера в каждой серии опытов загружали 1,55 л молочной сыворотки и 0,05 л предварительно приготовленного инокулята одного из штаммов *K. lactis*, содержащий 10^8 клеток/мл. Процесс биоконверсии занимал 48 ч.

Определение основных компонентов культуральной жидкости проводили спектрофотометрическим методом, используя коммерческие наборы для анализа белка (ООО «Эйлитон», Россия), лактозы (R-Biopharm AG, Германия) и этанола (Steroglass S.r.l., Италия), результат выражали в г/л. По итогам биохимического анализа рассчитывали долю утилизированной лактозы (%), а также среднюю скорость утилизации лактозы и среднюю скорость образования этанола за 48 ч, которые выражали в г/(л×ч).

Обработку количественных результатов проводили с использованием программного пакета Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Описание выборок представляли в формате медианы и межквартильного интервала – Me (Q1÷Q3), для сравнений использовали критерии Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

В результате показано, что штаммы дрожжей *K. lactis* Y-2035, Y-2037 и *K. lactis* Y-2040 оказались способны в течение 48 ч утилизировать от 76,3 до 86,0% лактозы, значительно превосходя по активности штамм сравнения *S. cerevisiae* Y-187. В процессе ферментации концентрация белка в сыворотке уменьшалась при использовании *K. lactis* Y-2037 2.28 раза), Y-2040 – в 1.89 раза, *S. cerevisiae* Y-187 – в 1.71 раза ($p < 0.05$).

Ферментативная утилизация лактозы молочной сыворотки сопровождалась образованием этанола. Штамм сравнения, *S. cerevisiae* Y-187 обладал минимальной способностью к конверсии: к 48 ч концентрация этанола в среде составила менее 2 г/л. Содержание этанола в сыворотке при культивировании штаммов *K. lactis* было значительно выше, для штамма Y-2037 эта величина превышала 20 г/л (см. таблицу).

Чтобы оценить эффективность ферментации, рассчитали скорости утилизации основного субстрата и образования конечного продукта.

Расчет скоростей утилизации лактозы и образования этанола показал, что они были минимальными для *S. cerevisiae* Y-187, а для штаммов *K. lactis* определялись возле 0,7 и 0,4 г/(л×ч). Соответственно, эффективность ферментации этими штаммами в десять с лишним раз превышала эффективность дрожжей *S. cerevisiae* (5,6%), составляя для наиболее активного штамма *K. lactis* Y-2037 – 89,7%, а для штамма Y-2040 – 75,6%.

Таблица – Изменение состава молочной сыворотки при культивировании двух штаммов *Kluyveromyces lactis* в сравнении со штаммом *Saccharomyces cerevisiae* Y-187

Показатель	До ферментации	Через 48 ч ферментации		
		<i>K. lactis</i> Y-2037	<i>K. lactis</i> Y-2040	<i>S. cerevisiae</i> Y-187
Белок, г/л	6.41 [6.15÷ 6.70]	2.81 [2.65÷2.96] *#	3.12 [2.95÷3.27] *#	3.76 [3.60÷3.91] *
Лактоза, г/л	43.5 [41.7÷45.3]	21.0[18.8÷23.3] *#	10.3 [9.2÷11.3] *#	39.6 [37.7÷41.8]
Этанол, г/л	0.6 [0.4÷0.8]	6.1 [5.7÷6.9] *#	17.7 [15.8÷19.5] *#	1.9 [1.7÷2.2]

Примечание: знаком * отмечены статистически значимые различия со стартовыми значениями до ферментации; знаком # – со значениями при культивировании *S. cerevisiae*.

В перспективе, для улучшения конвертирующей способности штаммов дрожжей по отношению к лактозе могут использоваться методы классической и молекулярной селекции, геной инженерии в виде трансгенеза или геномного редактирования.

Таким образом, переработка лактоза-содержащих отходов молочной промышленности на основе биоконверсии лактозы в этанол дрожжевыми культурами *K. lactis* является эффективной стратегией для получения перспективного сырья и/или уменьшения объемов загрязнений, а также для внутреннего производства биоэтанола. В качестве перспективного среди изученных для этих целей рекомендуется штамм *K. lactis* Y-2037.

Список литературы

1. Просеков, А.Ю. Тенденции развития сыродельной отрасли в России / А.Ю. Просеков // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 4. С. 3–6.
2. Tesfaw, A. The current trends of bioethanol production from cheese whey using yeasts: biological and economical perspectives / A.Tesfaw // Frontiers in energy research. 2023. Vol. 11. 1183035.
3. Evaluation of *Kluyveromyces* spp. for conversion of lactose in different types of whey from dairy processing waste into ethanol / A.M. Ohstrom [et al.] // Frontiers in Microbiology. 2023. Vol. 14. e1208284.
4. Whey utilization: sustainable uses and environmental approach / E. Zandona [et al.] // Food technology and biotechnology. 2021. Vol. 59, № 2. P. 147–161.
5. Молекулярный полиморфизм генов β-галактозидазы LAC4 у молочных и природных штаммов дрожжей *Kluyveromyces* / Л.В. Лютова [и др.] // Молекулярная биология. 2021. Т. 55, № 1. С. 75–85.

УДК 58.006

Фиторазнообразие экологических троп Национального парка «Хвалынский»

П. Э. Кочерова¹, Г. Ф. Сулейманова^{1, 2}

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

² Национальный парк «Хвалынский», Хвалынский, Россия
suleymanovagf@mail.ru

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, редкие виды, Саратовская область, туризм.

Одним из важных направлений деятельности особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является сохранение природных экосистем и их экологического разнообразия, реализация которого осуществляется, в большинстве, через систему постоянных наблюдений за состоянием окружающей среды и ее динамикой, то есть экологический мониторинг [1]. Целью изучения явилось: проведение первичной флористической инвентаризации видов сосудистых растений на экологических маршрутах национального парка «Хвалынский» (далее НП) и оценка степени антропогенного влияния. Для достижения данной цели на первом этапе для каждой экологической тропы проводились: 1) оценка флористического богатства; 2) установление перечня растительных сообществ; 3) определение степени рекреационной деградации лесной экосистемы, нарушенности экосистем, почвенного покрова.

Исследование проводилось в период с июня по июль 2024 года на экологических тропах НП «Хвалынский»: «Барский пруд» (Алексеевское участковое лесничество), «Елшанский хребет» (Сосново-Мазинское участковое лесничество), «Святой родник» и «В царстве птиц» (Хвалынское участковое лесничество). Фитоценотический анализ флоры был выполнен на основе флористических списков и геоботанических описаний, составленных в результате маршрутных и полустационарных исследований по стандартным методикам [2]. Для определения уязвимости природных комплексов использовались известная шкала [3].

Фиторазнообразие на экологических тропах составило 188 видов (см. рисунок).

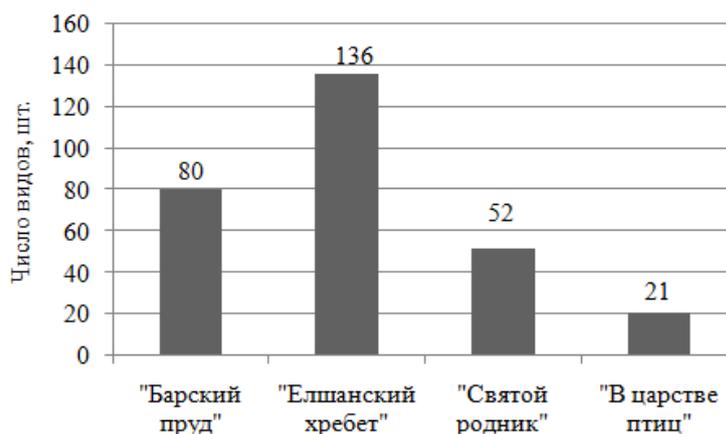


Рисунок – Распределение видов на экологических тропах НП «Хвалынский»

Как следует из рисунка, большее число видов растений характерно для экологической тропы «Елшанский хребет». Наименьшее фиторазнообразие мы наблюдали на тропе «В царстве птиц». Это объясняется различным сочетанием экотопов и экотонов на этих тропах. Разнообразие фитоценозов характерное для экологической тропы «Барский пруд» (9 ассоциаций), «Елшанский хребет» (7), «Святой родник» (2), «В царстве птиц» (1 ассоциация).

Наибольшее число редких видов наблюдалось на тропе «Елшанский хребет» (11 видов: адонис весенний (*Adonis vernalis* L.), ветреница лесная (*Anemone sylvestris* L.) и др), наименьшее – на тропах «Барский пруд» (*Stipa pennata* L.), «В царстве птиц» и «Святой родник» (*Campanula latifolia* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz.). Чем больше охраняемых видов на маршруте, тем выше вероятность уязвимости флоры. Ведущие семейства Asteraceae (29 видов), Fabaceae (17), Rosaceae (15 видов) образуют 124 вида. Видовая насыщенность составила 3,92 (4 вида/семейство).

Для изученных экологических троп характерна средняя степень рекреационной дегградации (см. таблицу). Главные признаки рекреационной дигрессии или

деградации – вытоптанная площадь, уничтоженный подрост, поврежденные деревья, оголенные корни, отсутствие растений на полотне тропы, смена лесных трав на луговые и затем на сорные. При II и III степени рекреационной деградации требуется регулирование рекреационной деятельности. При IV степени предпринимают активное ограничение рекреационной деятельности, а при V – закрытие экологических троп.

Таблица – Стадии рекреационной деградации биоценозов на экологических тропах

Стадии рекреационной деградации	Краткая характеристика	Экологическая тропа
I	Изменения лесной среды не наблюдаются	Нет
II	Изменения лесной среды незначительны, проективное покрытие (ПП) мохового покрова уменьшается до 20%, а травяного увеличивается до 59%. В травяном покрове появляются луговые травы, нехарактерные для данного типа леса. В подросте и подлеске поврежденные и усыхающие экземпляры составляют 5-20%, больные деревья – не более 20% от их общего числа.	«Елшанский хребет», «В царстве птиц», «Барский пруд»
III	Изменения лесной среды средней степени. Напочвенный покров в значительной степени вытоптан, ПП 50–10%, мхи встречаются только у стволов деревьев. ПП травостоя – 80%, из них 10–20% – луговые травы. Подрост и подлесок средней густоты. В древостое больных и усыхающих деревьев 20–50%.	«Святой родник»
IV	Изменение лесной среды в сильной степени. Подлесок и живой напочвенный покров вытоптаны, почва заметно уплотнена. Мхи отсутствуют, травяной покров составляет 40%, из них 20% – луговые травы. В древостое от 50 до 70% больных и усыхающих деревьев. Деревья имеют механические повреждения или следы действия вредителей. Подрост редкий, сильно поврежденный. Или отсутствует.	Нет
V	Лесная среда деградирована. Моховой покров отсутствует. Травяной покров не более 10%, состоит из злаков, устойчивых к вытаптыванию. Подрост и подлесок отсутствуют, почва сильно уплотнена. Древостой изрежен, больные и усыхающие деревья – 70%.	Нет

Выводы. В целом на изученных экологических тропах НП «Хвалынский» обнаружено 188 видов из 48 семейств. наибольшее число видов характерно для экологической тропы «Елшанский хребет» (136 видов) в связи с большой протяженностью маршрута и многообразием растительных ассоциаций лесного и степного типа растительности и их сочетаний. Наличие охраняемых видов растений показало высокий уровень сохранности экосистем и почвенного покрова. Для изученных экологических троп характерна средняя степень рекреационной деградации, при которой необходимо регулирование рекреационной деятельности. При разработке мер по восстановлению и охране экосистем на экологических тропах НП «Хвалынский» необходим дальнейший экологический мониторинг.

Список литературы

1. Ботанико-экологический практикум: методы сбора и анализа данных: Учеб.-метод. пособие / О. Н. Давиденко и др. // Саратов, 2011. 67 с.
2. Глибко, О.Я. Организация и ведение экологического мониторинга на территории национальных парков / О.Я. Глибко, А.В. Барсова // Биосфера. 2015. Т. 7, № 3. С. 321–327.
3. Полевые экологические исследования: Учебное пособие для бакалавров направления 022000.62 «Экология и природопользование» / А.А. Беляченко и др. // Саратов, 2013. 112 с.

**Структурные и функциональные особенности поверхностных биополимеров
Halomonas fontilapidosi KR25**

М. С. Кузина¹, Е. Н. Сигида¹, М. С. Кокоулин², В. С. Гринева^{1,3}, С. А. Коннова^{1,3},
Ю. П. Федоненко^{1,3}

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия

²Тихоокеанский институт биоорганической химии РАН, Владивосток, Россия

³Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
kuzina-marina10@inbox.ru

Ключевые слова: *Halomonas fontilapidosi*, липополисахариды, структура.

Гиперсоленые водоемы можно найти по всему миру, их экосистемы в большинстве представлены галофильными археями и бактериями, в том числе *Halomonas* spp. Эти грамотрицательные микроорганизмы являются универсальными хемогетеротрофами, характеризуются фенотипической гетерогенностью и большой приспособляемостью к условиям окружающей среды, что обеспечивает им широкое распространение. Они хорошо растут при концентрации соли от 3 до 25%, оптимальная температура для них до 50°C, а pH может достигать 10. Культивирование в таких экстремальных условиях снижает риск контаминации и затраты на стерилизацию. Осмоадаптация к гиперсоленым водоёмам обеспечивает высокую продуктивность и накопление гидролаз, полигидроксиалканоатов, полисахаридов, биосурфактантов и антибиотиков, что делает их основой для промышленной биотехнологии нового поколения [1]. Род *Halomonas* является типовым для семейства *Halomonadaceae*. Его внутривидовая гетерогенность привела к обособлению родов *Chromohalobacter*, *Cobetia*, *Salinicola* и *Kushneria* [2]. На конец 2024 года род включал более 170 видов, 24 из которых выделены за последние три года. На основании недавних исследований геномов типовых штаммов было предложено выделить из рода *Halomonas* семь самостоятельных родов [3]. Принимая во внимание разнообразие *Halomonas* spp. и их важность для биотехнологических процессов, актуальным остается поиск методов быстрой идентификации, например, специфического хемотипирования на основе структурной вариабельности термостабильных О-антигенов (липополисахаридов ЛПС) – преобладающих компонентов внешней мембраны [4]. Это обстоятельство обуславливает необходимость исследования структурных особенностей гликополимеров бактерий рода *Halomonas*.

Целью данной работы были идентификация грамотрицательных галофильных бактерий с мукоидным фенотипом, выделенных из образцов соли озера Сасык-Сиваш (Крым, Россия), собранных летом 2021 г. на соляном пляже у села Прибрежное, последующая оптимизация условий культивирования для получения максимального выхода экстраклеточных полисахаридов, выделение и установление структуры повторяющегося звена О-антигена выделенного штамма бактерий, определение эмульгирующей и антиоксидантной активности исследуемых полисахаридов.

Для выделения чистых культур галофильных бактерий была использована модифицированная среда S-G (Sehgal and Gibbons, 1960) с содержанием NaCl в среде от 0 до 25%. Были выделены штаммы грамотрицательных бактерий с мукоидными колониями. Идентификация каждого выделенного штамма проводилась на основе изучения их культуральных, морфологических и биохимических характеристик, а также данных секвенирования генов 16S рРНК.

Для дальнейших исследований был отобран изолят KR25, обладающий высокой продуктивностью полисахаридов. В ходе исследования было выявлено, что это

каталазо- и оксидазо-положительные бактерии, способные гидролизовать желатин, мочевины и ДНК, фиксировать азот и использовать D-фруктозу и ацетат в качестве источника углерода. Условия культивирования оптимизировали для получения максимального выхода гликополимеров и биомассы клеток. Бактерии демонстрировали активный рост при концентрации NaCl 5–25% (оптимум 10–15%), в диапазоне температур 4–40°C (оптимум 30–35°C) и pH 6–11 (оптимум 6,5–8,0). Далее штамм KR25 культивировали на богатой среде NB (2 л) в оптимальных по продукции экстраклеточных полимеров условиях. Клетки осаждали центрифугированием (4000 об/мин, 30 мин), дважды промывали физраствором, несколько раз обрабатывали ацетоном и высушивали на воздухе. Смытый с поверхности клеток капсульный материал концентрировали на вакуумном испарителе, диализовали против деионизованной воды и лиофилизировали. Культуральную жидкость концентрировали, диализовали и лиофилизировали.

Анализ структуры полисахаридов проводился по стандартной методике. Для определения моносахаридного состава и абсолютных конфигураций сахаров использовались методы газожидкостной хроматографии ацетатов полиолов и ацетилированных октил-гликозидов. Положение замещения моносахаридных остатков определялось с помощью газожидкостной хроматографии-масс-спектрометрии. Структуры повторяющихся звеньев O-специфических полисахаридов устанавливались с использованием одно- и двумерной ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии. O-полисахарид штамма KR25 является линейным полимером D-маннозы с дисахаридным повторяющимся звеном: $[\rightarrow 3)\text{-}\alpha\text{-D-Manp}\text{-(1}\rightarrow 3)\text{-}\beta\text{-D-Manp}\text{-(1}\rightarrow]$. В составе КПС и ЭПС исследуемого штамма было показано присутствие поли- γ -глутаминовой кислоты и маннополисахаридов.

Для ЭПС и КПС характеризовали способность стабилизировать водные эмульсии гидрофобных веществ (подсолнечное масло, керосин, o-ксилол), определяя индекс эмульгирования (E_{24} и E_{48} , %) в соответствии с методом, описанным в работе [5]. Для оценки антиоксидантной активности экстраклеточных гликополимеров использовали тест на способность связывать радикалы DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) и ABTS (2,2'-азино-бис-(3-этилбензтиозолин-6-сульфоукислоты) диаммониевая соль). ЭПС и КПС штамма KR25 в диапазоне концентраций 0,5–4 мг/мл проявляли довольно высокий уровень антиоксидантной активности в отношении выбранных субстратов, причем, если для ЭПС отмечалась концентрационная зависимость – 60–90%, то активность КПС во всех используемых концентрациях различалась незначительно 75–85%.

Список литературы

1. Biotechnological impacts of *Halomonas*: a promising cell factory for industrially relevant biomolecules / J. Biswas [et al.] // *Biotechnol. Gen. Engin. Rev.* 2023. Vol. 39, № 2. P. 348–377.
2. Microbiology and epidemiology of *Halomonas* species / K.K. Kim [et al.] // *Future Microbiol.* 2013. Vol. 8, № 12. P. 1559–1573.
3. A long-awaited taxogenomic investigation of the family *Halomonadaceae* / R.R. De la Haba [et al.] // *Front. Microbiol.* 2023. Vol. 14. P. 1–28.
4. Caroff, M. Lipopolysaccharides: structure, function and bacterial identification / M. Caroff, A. Novikov // *OCL.* 2020. Vol. 27. P. 31.
5. Cooper, D.G. Surface-active agents from two *Bacillus* species / D.G. Cooper., B.G. Goldenberg // *Appl. Environ. Microbiol.* 1987. Vol. 53. P. 224–229.

**Об особенностях биоты памятника природы регионального значения
«Родник Девятая пятница» (Хворостянский район Самарской области)**

Д. М. Кузьмина, В. Н. Ильина, А. А. Бондарь

Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия
5iva@mail.ru

Ключевые слова: биота, флора, фауна, памятник природы.

Изучение памятников природы не всегда является системным, однако ООПТ должны быть хорошо изучены. Мониторинг ООПТ является необходимым звеном для их сохранения [2, 4], так как негативные изменения происходят зачастую очень быстро, особенно при интенсивной эксплуатации объектов, например, при рекреационном использовании.

Памятник природы регионального значения Самарской области «Родник Девятая пятница» (Хворостянский район) имеет общую охранную территорию 0,5 га [4]. Основные объекты, подлежащие охране, – это сам родник и растительность на прилегающей территории, некоторые виды растений занесены в Красную книгу Самарской области [3]. Родник расположен приблизительно в 400 м к юго-востоку от села Дубровка, в небольшом овраге. При подходе к роднику открывается вид на окружающие степи, глубокий овраг и озеро. считается, что данный источник появился в конце XIX в. С ним связан ряд легенд и преданий. Источник считается святым местом для православных христиан, поэтому он является местом притяжения туристов и верующих людей. Здесь возведена часовня и купель (см. рисунок).

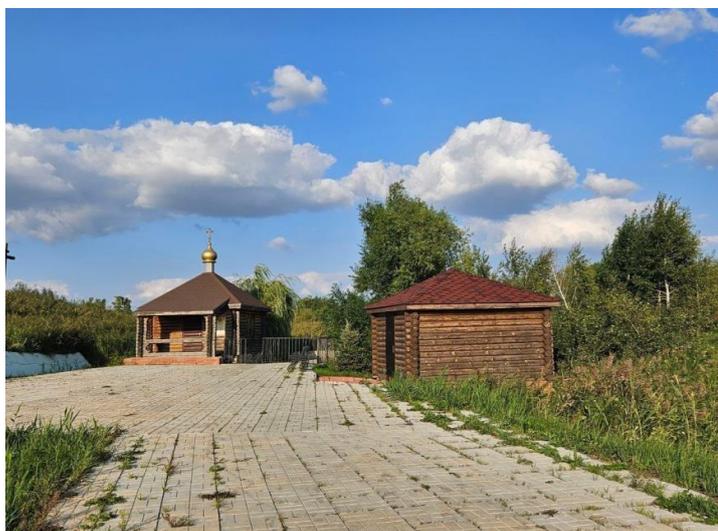


Рисунок – Территория, прилегающая к роднику «Девятая пятница»

В связи с высокой рекреационной нагрузкой состояние памятника природы необходимо регулярно отслеживать. С 1993 г., когда здесь был утвержден памятник природы, воздействие на территорию существенно возросло.

В 2023–2024 гг. нами проведено изучение территории памятника природы с использованием геоботанических, флористических, зоологических и экологических методов исследования [1, 5–7].

Выявлено произрастание 105 видов сосудистых растений. Основу флоры составляют покрытосеменные растения, а также 1 вид относится к голосеменным, 1 – к

папоротникам. Среди двудольных выявлено 80 видов. Однодольные представлены 23 видами. Ведущими семействами являются Сложноцветные, Злаки, Бобовые, Крестоцветные и Лютиковые. Первые три семейства соответствуют типичному семейственному спектру для Самарской области, а Крестоцветные и Лютиковые выходят на высокие позиции в связи с условиями местообитания, хотя для территории региона не имеют высокого вклада в состав флоры.

Во флоре отмечены *Trifolium medium*, *Melilotus officinalis*, *Astragalus cicer*, *A. testiculatus*, *A. macropus*, *Myosotis palustris*, *Symphytum officinale*, *Cynoglossum officinale*, *Ulmus pumila*, *Bromus squarrosus*, *Dactylis glomerata*, *Stipa pennata*, *Phragmites australis*, *Barbarea vulgaris*, *Iris pumila*, *Adonis vernalis*, *Clematis integrifolia*, *Pulsatilla patens*, *Typha latifolia*, *Achillea setacea*, *Phlomis pungens*, *Salvia stepposa* и другие растения.

Флора имеет мезофитный характер, поскольку 53% видов относятся к мезофитам. На второй позиции во флоре объекта располагаются ксерофиты, насчитывающие 28%. Спектр жизненных форм по классификации И.Г. Серебрякова показывает на преобладание травянистых многолетников (в основном это стержневые и корневищные растения) – 77% флоры. Группа малолетников насчитывает около 18%. Древесно-кустарниковая флора малочисленна.

Среди фитоценотивов преобладающими являются лесные, луговые и прибрежно-водные группы растений (23, 19, 18%, соответственно). Остальные группы насчитывают от 1 до 9% (болотные, степные, лесостепные, сорно-рудеральные, лугово-лесные, лугово-степные, горностепные).

Фауна не очень разнообразна, пока нами установлено обитание 30 видов животных. Среди них, например, зарегистрированы *Lumbricus terrestris*, *Lymnaea stagnalis*, *Anodonta cygnea*, *Unio pictorum*, *Sympetrum vulgatum*, *Pyrrhocoris apterus*, *Aglais urticae*, *Tettigonia viridissima*, *Gryllus campestris*, *Apis mellifera*, *Vespula vulgaris*, *Vespa crabro*, *Bombus proteus*, *Lasius niger*, *Culex pipiens*, *Carassius carassius*, *Rana ridibunda*, *Lacerta agilis*, *Natrix natrix*, *Vipera berus*, *Columba livia*, *Passer domesticus*, *Apodemus agrarius*, *Capreolus capreolus*.

Видовое разнообразие памятника природы нельзя назвать богатым, однако здесь встречены редкие для Самарской области виды растений и животных. Мониторинг памятника природы «Родник Девятая пятница» и регламентация рекреационной нагрузки наряду с повышением экологической культуры населения должны способствовать сохранению объекта. К сожалению, здесь нет аншлага, предупреждающего об уникальности объекта и правилах поведения на территории, прилегающей к роднику. Информирование населения для сохранения природного комплекса и его биоты также необходимо.

Список литературы

1. Банников, А.Г. Летняя практика по зоологии позвоночных / А.Г. Банников, А.В. Михеев. М.: Учпедгиз, 1956. 472 с.
2. Ильина, В.Н. Организация и мониторинг особо охраняемых природных территорий в Самарской области / В.Н. Ильина, А.Е. Митрошенкова, А.А. Устинова // Самарский научный вестник. 2013. № 3, Вып. 4. С. 41–44.
3. Красная книга Самарской области. Том I. Редкие виды растений и грибов. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Самара, 2017. 384 с.
4. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области: материалы государственного кадастра, изд. второе / сост. А.С. Паженков. Самара: ООО «Лаборатория Экотон», 2018. 377 с.
5. Плаксина, Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона / Т.И. Плаксина Самара: Изд-во Самарский университет, 2001. 388 с.
6. Плаксина, Т.И. Анализ флоры / Т.И. Плаксина. Самара: Изд-во «Самарский ун-т», 2004. 152 с.
7. Сосудистые растения Самарской области: Учебное пособие / под ред. А.А. Устиновой, Н.С. Ильиной. Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2007. 400 с.

Выявление специфических антител класса IgG к возбудителям природно-очаговых инфекций, передающихся клещами, в сыворотках крови жителей Саратовской области в 2024 г.

М. А. Кулагин¹, А. В. Казанцев¹, М. Д. Клокова^{1,2}, К. Д. Блинова¹, Д. А. Пахарева^{1,2},
Е. В. Казорина¹, Е. В. Найденова¹

¹Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
kulaginmaksim341@yandex.ru

Ключевые слова: иммунная прослойка, антитела класса IgG, лихорадка Ку, клещевой энцефалит, крымская геморрагическая лихорадка, иксодовый клещевой боррелиоз.

В настоящее время природно-очаговые инфекционные болезни (ПОИБ), передающиеся клещами – актуальная проблема для здравоохранения многих стран мира. В Российской Федерации ежегодно регистрируются заболевания Крымской геморрагической лихорадкой (КГЛ), клещевым вирусным энцефалитом (КВЭ), иксодовым клещевым боррелиозом (ИКБ) и др.

На территории Саратовской области в разные годы была показана циркуляция возбудителей ИКБ [1]. Область граничит с территориями, где регулярно регистрируются случаи заболевания людей КГЛ (Волгоградская область и Республика Казахстан) и ВКЭ (Самарская область) и выявлены маркеры возбудителей этих инфекций в пробах из окружающей среды [2-5]. Эти факты не исключают возможность интродукции инфицированных переносчиков на территорию Саратовской области, что может привести к осложнению эпидемиологической ситуации по ПОИБ в регионе.

Одним из показателей возможной циркуляции возбудителей ПОИБ на определенной территории является выявление специфических антител к ним в сыворотках крови населения. В связи с этим фактомавторами была организована и проведена работа в данном направлении.

Цель работы – выявление специфических антител класса IgG к возбудителям ИКБ, ВКЭ и КГЛ в сыворотках крови населения Саратовской области в 2024 г.

Для исследования осенью 2024 г. (т. е. после завершения эпидсезона) были собраны образцы крови практически здоровых людей, не имевших признаков инфекционных заболеваний (возраст от 17 до 90 лет), которые проживали в Красноармейском, Ровенском, Федоровском и Энгельском районах Саратовской области. Методом иммуноферментного анализа на наличие специфических иммуноглобулинов класса IgG к возбудителям ИКБ, ВКЭ, КГЛ исследовано 400 образцов сывороток крови (по 100 из каждого исследованного района). В работе использованы наборы реагентов «ЛаймБест-IgG», «ВектоКрым-КГЛ-IgG» и «ВектоВКЭ-IgG» (АО «Вектор-Бест», Россия).

В результате исследования наличие иммуноглобулинов класса IgG к возбудителям ИКБ выявлено в 8 образцах (2,00%), ВКЭ – в 16 (4,00%), КГЛ – в 1 (0,25%).

Маркеры возбудителя ИКБ обнаружены у 4 жителей Красноармейского района, 3 – Ровенского района и 1 – жителя Федоровского района. Полученные результаты указывают на наличие контакта населения с возбудителем *Borrelia burgdorferi sensu lato* и согласуются с ранее опубликованными данными [1].

Специфические антитела к вирусу клещевого энцефалита выявлены во всех исследованных районах Саратовской области: в Федоровском – у 7 человек, Ровенском и Красноармейском – по 4 и в Энгельском районе – у 1 обследуемого. Эти результаты

требуют особого внимания ввиду отсутствия на территории региона природных очагов и случаев заболеваний ВКЭ. Также не исключена перекрестная реакция тест-системы с другими представителями семейства *Flaviviridae*, что требует дальнейших исследований.

Единичный случай выявления антител класса IgGк возбудителю КГЛ в Энгельсском районе может быть связан с заносом инфекции из эндемичных регионов (Волгоградская область, Республика Казахстан). Это подчеркивает важность эпизоотологического мониторинга и организации контроля за перемещением переносчиков, особенно в районах, граничащих с эндемичными территориями.

Таким образом, выявление специфических антител класса IgG в сыворотках крови жителей Саратовской области указывает на контакт населения с возбудителями данных инфекций. Важно отметить, что исследование проводилось среди практически здоровых людей, что допускает возможность бессимптомного или легкого течения данных инфекций. Полученные данные подтверждают необходимость дальнейших исследований, нацеленных на выявление специфических антител к перечисленным ПОИБ на территории Саратовской области.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году по Саратовской области. Матер. гос. доклада. Саратов. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Саратовской области. 2024. 205 с.
2. Эпидемиологическая ситуация по природно-очаговым инфекциям в Волгоградской области в 2022 году / В.П. Смелянский [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2024. № 2. С. 163–170.
3. Оценка влияния климатических факторов на заболеваемость Крымской геморрагической лихорадкой: комплексный анализ данных по России, Казахстану, Турции и Ирану с 1999 по 2022 г. / И.А. Лизинфельд [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2024. № 3. С. 133–143.
4. Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in Kazakhstan (1948–2013) / Т. Nurmakhanov [et al.] // Int. J. Infect. Dis. 2015. № 38. P. 19–23.
5. Эпидемиологические особенности клещевых инфекций на территории Самарской области / А.П. Кулагина, А.А. Суздальцев, Т.В. Вандышева, Н.Ж. Наушеев // Инфекционные болезни в современном мире: эволюция, текущие и будущие угрозы: Сб. тр. XIV Ежегодного Всероссийского Конгресса по инфекционным болезням имени академика В.И.Покровского, Москва, 28–30 марта 2022 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Медицинское Маркетинговое Агентство», 2022. С. 91–92.

УДК [581.54:582.736]

Потенциальный ареал *Calophaca wolgarica* L. и прогностическая оценка его трансформации в XXI в.

Ю. И. Кулисёва, А. О. Кондратьева, И. В. Шилова

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

Ключевые слова: *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC., потенциальный биоклиматический ареал, сценарии изменения климата.

Необходимость сохранения растительных сообществ и отдельных видов растений в природных местообитаниях очевидна. Для этого требуется сбор информации об особенностях биологии и экологии видов, перспективах их выживания в определённых условиях и освоения ими новых территорий [1]. Известно, что в будущие десятилетия

будут значительно меняться климатические параметры, вследствие чего будет происходить трансформация ареалов разных видов, в том числе *Calophaca wolgarica* (L. fil.) DC., занесённого в Красную книгу Российской Федерации [2]. Целью работы является определение современного потенциального биоклиматического ареала *C. wolgarica*, а также прогноз его трансформации в связи с изменением климата в течение XXI в.

В качестве известных мест произрастания *C. wolgarica* в естественной среде рассматривались 676 локаций, из которых 297 местоположений были отобраны для анализа как достаточно точные. Источниками данных о современных и будущих параметрах среды были базы данных WorldClim и CHELSA, соответственно. Моделирование проводилось на основе набора из 19 биоклиматических параметров, а также значений высоты над уровнем моря. С целью прогнозирования возможных изменений ареала вида использовались модели SSP, отражающие разные сценарии мирового развития и изменения климатической системы до 2070 и 2100 гг. [3, 4]. Моделирование современного и будущего потенциальных ареалов выполнено в программе R 4.4.2 с помощью алгоритма максимальной энтропии.

Популяции *C. wolgarica* многочисленны в Волгоградской области, западной части Республики Калмыкия, южной половине Ростовской области, на северо-западе Ставропольского края, в Донецкой Народной Республике и Запорожской области. Анализ известных местообитаний вида позволил спрогнозировать расположение участков, где с высокой долей вероятности (более 0,5) может существовать вид: северо-запад Астраханской области, Ставропольский край, северная часть Краснодарского края, Херсонская область, северо-запад Запорожской области, а также юг Днепропетровской, восток Николаевской областей Украины.

Выявлено, что в будущие десятилетия ареал будет смещаться к северо-востоку. К 2100 г. наиболее пригодные для произрастания вида территории будут ограничены следующими регионами: на севере – Кировской областью, Республикой Удмуртия; на юге – Самарской и Оренбургской областями; на востоке – Пермским краем и Республикой Башкортостан; на западе – Костромской и Ивановской областями. Эти участки локализованы в пределах 54–59° с. ш. Трансформация потенциального ареала *C. wolgarica* в северо-восточном направлении во многом совпадает с тенденцией увеличения среднегодовых температур по сравнению с их современными значениями. В конце XXI в. для наиболее благоприятных территорий, которые предположительно мог бы осваивать вид, прогнозируется потепление на 5–9 °С. Вследствие повышения температуры климатические условия участков, где обитает растение, будут становиться менее пригодными, а более северные территории – всё более близкими к оптимальным для существования вида.

Необходимо учитывать потенциальный биоклиматический ареал при реинтродукции. В последующие десятилетия (по мере изменения климата) представляется перспективной реинтродукция вида в Саратовскую, Самарскую, Ульяновскую, Пензенскую области. Касательно Саратовской области, в Правобережье условия климата будут достаточно благоприятны до 2070 г., но перестанут быть таковыми к концу века. В то же время в Левобережье, исходя из результатов моделирования, подходящие участки отсутствуют. Однако наличие в Фёдоровском и Ершовском р-нах процветающих и стабильных реинтродукционных популяций *C. wolgarica* [5] может косвенно подтверждать справедливость гипотезы о том, что на северо-востоке ареала уже сейчас есть места с потенциально благоприятными условиями для сохранения данного вида.

Несмотря на вышеперечисленные предпосылки, выживание изучаемого вида в естественной среде вызывает большие сомнения. *C. wolgarica* – палеоэндемик Юго-Восточной Европы, приспособленный к определённому комплексу условий среды.

Воспроизводство растений ограничивается многими факторами, такими как низкая семенная продуктивность, немногочисленный самосев и медленное развитие. Для прорастания семян необходимы участки с нарушенным верхним слоем почвенного покрова, либо сыпучий субстрат на относительно крутых склонах балок. В связи с этим затруднено как самовозобновление существующих природных популяций, так и расселение вида на новые территории. В настоящее время *C. wolgarica* считается исчезнувшим в Оренбургской, Ульяновской, Самарской и Саратовской областях. Отметим, что смещение ареала вида прогнозируется именно в направлении упомянутых регионов. Скорее всего, без вмешательства человека растение практически не способно заселить участки, расположенные на десятки, а тем более сотни километров севернее современных мест его обитания.

Таким образом, в течение XXI в. вследствие существенных изменений климата Европейской России ареал *C. wolgarica* подвергнется значительной трансформации. Высока вероятность дальнейшего сокращения ареала и снижения численности вида к концу столетия. При отсутствии достаточно эффективных мер сохранения и восстановления популяций вида не исключено и полное его исчезновение в естественной среде. Для более точного прогноза состояния вида *in situ* требуются подробные исследования, в том числе использующие методы моделирования, учитывающие воздействие и возможные изменения разных компонентов среды.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-24-00305, <https://rscf.ru/project/24-24-00305/>.

Список литературы

1. Экологическая характеристика биотопов и структура сообществ с участием *Globularia* L. (Plantaginaceae, Magnoliopsida) в пределах восточно-европейского фрагмента ареала / А.С. Пархоменко [и др.] // Поволжский экологический журнал. 2024. Вып. 2. С. 166–188.
2. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. 2-е офиц. изд. Москва: ВНИИ «Экология», 2024. 944 с.
3. Семенов, С.М. Сценарии антропогенных изменений климатической системы в XXI веке / С.М. Семенов, А.А. Гладильщикова // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8, № 1. С. 75–106.
4. MaxEnt modeling based on CMIP6 models to project potential suitable zones for *Cunninghamia lanceolata* in China / Y. Zhou [et al.] // Forests. 2022. № 12. P. 1–20.
5. Результаты мониторинга реинтродукционных популяций *Calophaca wolgarica* на территории Саратовской области / С.Ф. Ефименко [и др.] // Известия Саратов. ун-та. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2024. Т. 24, Вып. 4. С. 415–429.

УДК 594.1:574.52

Пространственное распределение *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) в средней зоне Волгоградского водохранилища

А. А. Лебедева^{1, 2}, *Е. И. Филинова*¹

¹«СаратовНИРО», Саратов, Россия

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
lebedevaaa@saratov.vniro.ru

Ключевые слова: *Dreissena polymorpha*, Волгоградское водохранилище, моллюски.

Волгоградское водохранилище, замыкающее Волжский каскад, создано в 1958 г. По гидрологическому режиму его акваторию условно делят на три зоны: верхнюю – от

г. Саратова до г. Балаково с режимом близким к речному, нижнюю – от г. Камышина до плотины Волжской ГЭС с озерным режимом, среднюю – от г. Саратова до г. Камышина переходная от речного к озерному. Площадь средней зоны составляет 50% общей площади водохранилища (3117 км²).

На исследуемом участке р. Волги двустворчатые моллюски *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) обитали задолго до зарегулирования стока реки [1, 2]. В водохранилище для фильтратора-седиментатора *D. polymorpha* сложились благоприятные условия, массовое развитие этого перифитонного вида в значительной степени определялось наличием затопленного древостоя, послужившего для него субстратом, что привело к увеличению общих кормовых ресурсов и повышению самоочистительной способности экосистемы [3]. Максимальных величин биомасса *D. polymorpha* во всех зонах Волгоградского водохранилища достигла к 1983–1984 гг. В указанные годы биомасса в русловых участках на заиленных коренных донных грунтах достигала 900 г/м² и составляла 80% биомассы всего макрозообентоса. В 1999 г. в Волгоградском водохранилище зарегистрирован стихийный вселенец *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), развитие популяции которого носило взрывной характер, и с 2003 по 2010 г. данный вид стал доминирующим в кормовом зообентосе. В тоже время популяция *D. polymorpha* в водохранилище пространственно и количественно сократилась, и ее доля в биомассе макрозообентоса не превышала 5% [4].

Цель исследований – определение количественных характеристик и изучение закономерности пространственного распределения популяции моллюсков *D. polymorpha*, в средней зоне Волгоградского водохранилища.

Работы выполнены в 2023 г. в рамках программы комплексных мониторинговых исследований водохранилищной экосистемы. В средней зоне Волгоградского водохранилища проведено 3 съемки (в августе, сентябре, ноябре) на станциях, расположенных в русле, у левого и правого берегов на 3-х трансектах. Пробы отбирали дночерпателем ДАК-250 (1/40 м²) по 3 подъема на каждой станции. Всего за период исследований собрана и обработана 81 проба. Камеральную обработку проб проводили в соответствии с общепринятой в гидробиологии методикой.

На основании полученных данных выявлены предпочтительные биотопы для обитания *D. polymorpha*. На камнях с наилком и детритом – субстрате, наиболее заселяемом этим видом моллюсков во многих водоемах, в средней зоне Волгоградского водохранилища также зарегистрирована максимальная встречаемость (72%). Незначительно уступает по данному показателю (61%) субстрат, представленный ракушечником (массовыми скоплениями створок дрейссенид) с илом и детритом. *D. polymorpha* обитает в большом диапазоне глубин: от 1,2 м в литорали до 23 м в профундали. В отличие от водоемов с постоянным режимом уровня, где данный вид заселяет литораль от уреза воды, в Волгоградском водохранилище участок литорали до изобаты 1,2 м, периодически осушаемый в межень, им не заселен. На плотных отложениях ила ниже десятиметровой изобаты *D. polymorpha* не была обнаружена и встречалась только на илистом субстрате с ракушечником. В профундали глубже 23 м, где возможен дефицит кислорода в придонном слое воды, *D. polymorpha* не зарегистрирована.

Численность популяции *D. polymorpha* в среднем на исследуемом участке равнялась 212±52 экз./м², биомасса – 44,11±9,74 г/м², и составила 10% общей численности макрозообентоса, и 7,8% – общей биомассы, а также 16 и 7,9% соответствующих показателей всех прочих видов малакофауны. Максимальные значения численности и биомассы *D. polymorpha* (2080 экз./м² и 326,4 г/м², соответственно) зарегистрированы на ракушечнике с илом и детритом на глубине 5 м – постоянно обводненном и достаточно аэрируемом биотопе.

Результаты проведенных исследований позволили установить, что в настоящий период сукцессии Волгоградского водохранилища наблюдается накопление толщи иловых отложений в его ложе, что способствует ограничению площади дна, благоприятной для обитания *D. polymorpha*.

D. polymorpha является источником питания для бентосоядных рыб, в Волгоградском водохранилище она входит в рацион таких промысловых видов как плотва, лещ, густера, ерш, бычок [5]. Результаты проведенных исследований предназначены для установления участия этого вида моллюсков в потенциальной кормовой обеспеченности бентосоядных видов рыб, оценки условий обитания водных биологических ресурсов в Волгоградском водохранилище и разработки рекомендаций по их рациональному использованию.

Авторы признательны сотрудникам «СаратовНИРО» М.П. Гашникову, С.М. Боброву, Д.В. Шевчуку и Я.В. Александрову, осуществившим сбор материала в ходе экспедиционных съёмок для проведения настоящих исследований.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» №076-00001-24-00 «Рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях».

Список литературы:

1. Бенинг, А.Л. К изучению придонной жизни реки Волги / А.Л. Бенинг. Саратов, 1924. 398 с.
2. Белявская, Л.И. Состав и распределение зообентоса на участке Куйбышев–Сталинград / Л.И. Белявская // Труды Саратовского отделения ГосНИОРХ. Т. 6. Саратов, 1960. С. 232–238.
3. Спиридонов, Ю.И. Роль *Dreissena polymorpha* в биологическом самоочищении Волгоградского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ю.И. Спиридонов. Саратов., 1971. 37 с.
4. Филинова, Е.И. Дрейссениды в водохранилищах Нижней Волги / Е.И. Филинова // Дрейссениды: эволюция, систематика, экология. Лекции и Материалы докладов II Международной школы-конференции. Борок, 2013. С. 118–121.
5. Karatayev, A.Y. Natural enemies of zebra and quagga mussels: predators, parasites, and ecological competitors / A.Y. Karatayev, D.P. Molloy, L.E. Burlakova // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 2023. Vol. 32, № 11. P. 1–80.

УДК 57.013

Структурно-функциональная характеристика экстраклеточного полимера, продуцируемого *Bacillus* sp. B221

Н. Н. Лунатов¹, Ю. П. Федоненко^{1,2}

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

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия
nikitalipat@yandex.ru

Ключевые слова: γ -полиглутаминовая кислота, *Bacillus*, биотехнология.

Галофильные бактерии представляют собой группу микроорганизмов, для роста которых в среде необходимо наличие соли – хлорида натрия. Находясь в условиях повышенного осмотического давления, сочетающегося с аномальными температурами, экстремальными значениями рН среды, высушивания и регидратации, бактерии выработали различные адаптационные стратегии, предотвращающие обезвоживание клеток. Одним из механизмов адаптации галофилов к экстремальным условиям среды является экстраклеточная продукция полимеров (полисахаридов, полипептидов, полиглутаминовой кислоты и др.), создающих вокруг клеток микроокружение с относительно постоянными значениями рН, солёности и температуры [1]. Эта

экстраклеточная полимерная субстанция (ЭПС) обладает спектром свойств (влагоудерживающая, эмульгирующая, флокулирующая активности, поверхностно-активные свойства), которые потенциально востребованы в биотехнологиях, используемых при очистке сточных вод, в сельском хозяйстве, пищевой и косметической отраслях промышленности. Одним из преимуществ использования галофилов в качестве продуцентов биополимеров является малая вероятность контаминации культуры клеток, что позволяет использовать более низкие требования к микробиологическому контролю, уменьшающие затраты на стерилизацию. Однако, высокая концентрация соли может подвергать коррозии металлические части биореакторов, для предотвращения чего рекомендуется использовать коррозионно-устойчивые материалы [2].

Целью настоящего исследования является характеристика структуры и определение физико-химических свойств продуцируемой *Bacillus* sp. B221 ЭПС, а также оптимизация условий культивирования для получения наибольшего выхода ЭПС.

Штамм *Bacillus* sp. B221 был изолирован из пелоида, собранного на оз. Боткуль (Волгоградская область, Россия). ДНК выделяли из бактериальной массы для дальнейшей амплификации гена 16S РНК методом ПЦР с использованием универсальных праймеров 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') и 1525R (5'-AAGGAGGTGATCCCAAGCC-3'), после очистки ПЦР продукт гена 16S РНК секвенировали. Для идентификации изолята использовали сервисы BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>) и EzBioCloud (<https://www.ezbiocloud.net/>), а построения филогенетического дерева программу MEGA (<https://www.megasoftware.net/>).

Штамм культивировали до окончания экспоненциальной фазы роста на средах: S-G, S-G с NH₄Cl в качестве единственного источника азота, ГРМ с добавлением глицерина (20 г/л). Выделение ЭПС происходило по схеме, представленной в работе [3].

Определение содержания белков и углеводов в ЭПС проводили по методу Бредфорда и фенол-серноокислым методом соответственно. Анализ состава ЭПС проводили методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинах Sorbfil с силикагелем СМХ-1А, после предварительного гидролиза в 2М трифторуксусной кислоте (120°C, 2 ч). В качестве элюента использовали смесь: пиридин, этилацетат, вода, уксусная кислота (5:5:3:1). Структуру ЭПС характеризовали методом ¹H и ¹³C ЯМР-спектроскопией на приборе Varian 400 МГц (США) при 30°C в DMSO-D₆. Моносахаридный состав определяли методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) ацетилированных производных моносахаридов на хроматографе GC 2010 (Shimadzu, Япония), снабженным колонкой DB-5 (Agilent, США). Для определения эмульгирующей активности (ЭА) к 2 мл 2% раствора образца добавляли 3 мл гидрофобного субстрата и встряхивали в течении 5 минут, через 24 и 48 ч измеряли отношение высоты эмульсии к общей высоте столба жидкости и рассчитывали индекс эмульгирования. Определение влагоудерживающей активности (ВА) проводили, растворяя навеску ЭПС в определенном объеме дистиллированной воды, затем осадок после центрифугирования (10000 g, 4 °C, 30 мин) лиофилизировали с помощью Benchtop 2K (VirTis, США) и взвешивали. ВА рассчитывали как объём воды, связанной с одним граммом ЭПС.

По результатам ТСХ гидролизата ЭПС была выявлена одна фракция с коэффициентом удержания (R_f) равном 0,52, что соответствовало глутаминовой кислоте, взятой в качестве стандарта. На основании ЯМР-спектроскопии было показано, что ЭПС штамма B221 представлена γ-полиглутаминовой кислотой (γ-ПГК).

ГЖХ ацетилированных производных моносахаридов показало наличие в ЭПС незначительного количества маннозы и глюкозы.

При культивировании в среде S-G, где источником углерода являлись глюкоза и сахароза, и среде ГРМ с глицерином в качестве источника углерода, выход ЭПС составил 2,9 г и 7,5 г на 1 г сухих бактериальных клеток соответственно. Увеличение продукции ЭПС в 2,5 раза на модифицированной среде ГРМ связана, вероятно, с активацией полиглутаминсинтазы глицерином [4]. В составе ЭПС было показано присутствие белков и углеводов менее 2%, причем при культивировании бактерий на ГРМ с глицерином их доля в ЭПС возрастала примерно в 1,5 раза. Для штамма B221 был показан глутамат-независимый синтез γ -ПГК, что существенно снижает стоимость целевого продукта за счет использования более дешевых субстратов.

ЭПС показал способность стабилизировать водные эмульсии с керосином, растительным маслом, *o*-ксилолом и нефтью с индексом эмульгирования $2,9 \pm 0,8$, $55,2 \pm 5,1$, $55,8 \pm 2,8$ и $66,7 \pm 3,3\%$, соответственно. При этом максимальная активность была показана для ЭПС, полученной при культивировании на среде ГРМ с глицерином. Высокая ЭА исследуемой ЭПС в отношении растительного масла демонстрирует возможность потенциального использования в пищевой промышленности при производстве хлеба, йогуртов и мороженого. Измерение ВА показало, что 1 г ЭПС способна связывать $38,4 \pm 1,6$ г воды, что позволяет предполагать востребованность данного полимера в косметологической и пищевой промышленности.

Таким образом, *Bacillus* sp. B221 продуцировал ЭПС, состоящую преимущественно из γ -ПГК, потенциально востребованной для биотехнологического применения в различных отраслях промышленности. Показано увеличение выхода ЭПС при культивировании *Bacillus* sp. B221 на среде с глицерином, являющимся отходом от производства биодизеля.

Работа была выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект 24-24-00407; <https://rscf.ru/project/24-24-00407/>).

Список литературы

1. Biofilms: the microbial “protective clothing” in extreme environments / W. Yin [et al.] // International journal of molecular sciences. 2019. Vol. 20, № 14. P. 3423.
2. Яковлева, А.К. Перспективы использования галофильных и галотолерантных микроорганизмов в биотехнологии / А.К. Яковлева, Канарская З.А., Канарский А.В. // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20, № 8. С. 147–151.
3. Оценка вторичной структуры поли- γ -глутаминовой кислоты, продуцируемой *Bacillus subtilis* EGP5QL12, методом спектроскопии кругового дихроизма / М. В. Черных [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, №3. С. 274–279.
4. Contribution of glycerol on production of poly (γ -glutamic acid) in *Bacillus subtilis* NX-2 / Q. Wu [et al.] // Applied biochemistry and biotechnology. 2010. Vol. 160. P. 3864–392.

Научное обоснование увеличения ресурсов благородного оленя в Беларуси

Е. И. Машков, В. П. Бычков, В. В. Шакун

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Минск, Беларусь

mashkov.evgenii25@gmail.com

Ключевые слова: благородный олень, реинтродукция, вселение, охотхозяйство, Беларусь.

Благородный олень (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758) – не только ключевой элемент биологического разнообразия Беларуси, но и стратегический ресурс для устойчивого развития охотничьего хозяйства и экотуризма. Его историческое исчезновение к середине XVIII века, вызванное неконтролируемой охотой и деградацией лесов, стало отправной точкой для масштабных программ реинтродукции, стартовавших в XIX веке [1, 2]. Современная популяция, восстановленная до 47,1 тыс. особей к 2023 г., демонстрирует положительную динамику, однако остается почти в 2 раза ниже оптимального уровня (88,5 тыс.), установленного для поддержания экологического баланса и экономической рентабельности охотничьих угодий [3]. В контексте депопуляции кабана из-за африканской чумы свиней (АЧС), спровоцировавшей экономические потери в охотничьем секторе, роль благородного оленя как компенсаторного вида приобрела особую значимость [4].

С 2024 г. Беларусь реализует мероприятия в рамках Национальной стратегии сохранения биоразнообразия до 2030 г., где особый акцент сделан на восстановление мигрирующих видов копытных. Данные мероприятия направлены на оптимизацию управления ресурсами благородного оленя через адресное вселение в депрессивные регионы, что соответствует целям устойчивого развития и глобальной повестке в области сохранения мегафауны [5].

Одна из основных задач настоящего исследования является изучение и оптимизация реинтродукции благородного оленя в Беларуси. Особое значение при этом уделяется возможности охотпользователей обеспечить необходимую охрану мест выпуска и устойчивое управление создаваемой популяцией. При условии наличия низкой плотности населения в угодьях (менее 5 особей / 1000 га) возможен выпуск животных и на территории уже существующих популяций (см. рисунок).

В рамках разработки биологического обоснования вселения благородного оленя в новые экосистемы предусмотрен комплекс мероприятий, направленных на обеспечение устойчивости формируемой популяции и минимизацию антропогенного стресса.

1. *Оптимизация половозрастной структуры.* Рекомендуемое соотношение полов среди вселяемых особей варьирует в диапазоне 1:4–1:8 (самцы:самки). Данный параметр корректируется с учётом локальных условий, включая наличие резидентных групп оленей и историю предыдущих реинтродукций.

2. *Транспортировка и адаптация.* Перевозка животных регламентируется действующими ветеринарно-санитарными нормами (Постановление Минсельхозпрода РБ № 67, 2021). В условиях низких температур (менее –15°C) транспортные клетки оснащаются брезентовыми укрытиями для профилактики гипотермии.

3. *Передержка и акклиматизация.* Временное содержание в вольерах (30–60 суток) способствует формированию у особей «эффекта хоминга», что снижает дисперсию после выпуска. Выпуск в естественную среду синхронизируется с фенологическими циклами: оптимальным периодом считается постнатальная фаза (июнь–июль), когда молодняк достигает самостоятельности, а кормовая база максимальна [3].

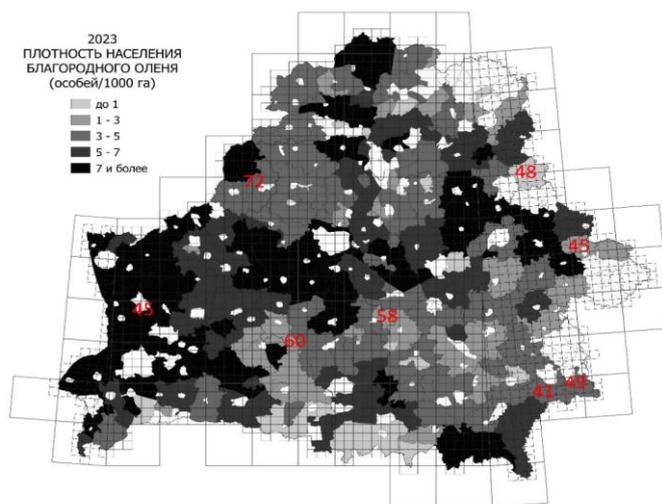


Рисунок – Плотность населения оленя благородного в Беларуси в 2023 г.

Примечание: цифрами отмечены места вселения оленя и количество выпускаемых особей в охотничьи угодья в 2024 г.

4. *Ветеринарно-профилактические мероприятия.* В весенний период (март–апрель) проводится копрологический скрининг на гельминтозы с последующей антигельминтной обработкой при обнаружении инвазии (ОСТ 47-99 «Паразитологический мониторинг диких копытных»).

5. *Мониторинг пост-реинтродукционной динамики.* Регулярные наблюдения за физиологическим состоянием и пространственным распределением особей осуществляются егерской службой с фиксацией данных в единой базе мониторинга.

Указанные меры базируются на принципах адаптивного управления популяциями и направлены на достижение экологической емкости угодий при минимальном антропогенном вмешательстве.

В период 2024 г. подготовлено и получено положительных заключений государственной экологической экспертизой 6 биологических обоснований вселения оленя благородного в охотничьи угодья Беларуси, в том числе для одной районной организационной структуры республиканской государственно-общественной организации «Белорусское общество охотников и рыболовов» и 5 прочих охотничьих хозяйств. Важными составляющими разработанных научных биологических обоснований является информация о количестве вселяемых особей, оптимальной половозрастной структуре, сроках и времени проведения вселения, а также оценка факторов (биотические, абиотические, антропогенные), способных оказать влияние на развитие или угнетение создаваемой популяционной группы.

Помимо оленя благородного, перспективным видом для вселения, в рамках выполнения Государственной программы «Белорусский лес», в угодья охотничьих хозяйств РГОО «БООР» и прочих охотничьих хозяйств является лань европейская (*Cervus dama* L.). Так в 2024 г. подготовлено и получено положительных заключений государственной экологической экспертизой 5 биологических обоснований вселения лани европейской в следующие охотничьи хозяйства: Слонимская межрайонная организационная структура РГОО «БООР», Сенненская районная организационная структура РГОО «БООР», Копыльская районная организационная структура РГОО «БООР», Стародорожский лесхоз и Полоцкий лесхоз.

Проведенные исследования подтвердили эффективность научно обоснованных мер по реинтродукции благородного оленя (*Cervus elaphus*) в Беларуси. Это обусловлено, в первую очередь, наличием на территориях охотхозяйств широкого

спектра кормов и достаточным их запасом в осенне-зимний период, а также наличием экологически емких участков для обитания и воспроизводства благородного оленя.

Перспективы дальнейших работ связаны с расширением географического охвата реинтродукции, включая северо-восточные и южные регионы Беларуси, где плотность популяции остается критически низкой (<3 особи / 1000 га). Реализация мер по расселению будет способствовать достижению экологической ёмкости угодий и устойчивому развитию охотничье-туристического комплекса страны.

Список литературы

1. Карцов, Г. Беловежская пуца / Г. Карцов. СПб: Типография Императорской Академии наук, 1903. 414 с.
2. Александрович, Н.П. Остеологическая оценка географической и хронологической изменчивости охотничьих млекопитающих средневековья Беларуси / Н.П. Александрович. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08. ; Минск : БГПУ им. М. Танка, 1999. 24 с.
3. Шакур, В.В. План управления популяцией оленя благородного в Республике Беларусь / В.В. Шакур, П.А. Гештовт, П.А. Велигуров. Минск: ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», 2021. 27 с.
4. Козорез, А.И. Влияние структуры охотничьих угодий на территориальное распределение благородного оленя / А.И. Козорез // Лесное и охотничье хозяйство. 2014. № 11. С. 42–47.
5. IUCN. Рекомендации по сохранению мегафауны в условиях антропогенного пресса [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.iucn.org/> (Дата обращения: 01.10.2023).

УДК: 631.46:631.427

Экологическое моделирование устойчивости почвенного микробиома при различных повреждающих воздействиях

М. В. Мирошникова, И. А. Бубнов

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

mmiroshnickovamaria@yandex.ru

Ключевые слова: устойчивость, стабильность почвенной системы, индексы, Next-generation sequencing (NGS).

Стабильность (устойчивость и сопротивляемость к нарушениям) почвенной системы является ключевым фактором, влияющим на свойства и процессы экосистемы. Для поддержания этих важнейших функций почвы важно знать, как почвенные микроорганизмы реагируют на нарушения или изменения окружающей среды. Для сравнения устойчивости различных систем необходимо иметь индекс, который обеспечивает относительную количественную меру как устойчивости, так и сопротивляемости переменной реакции во всех возможных сценариях [1]. Однако используемые в настоящее время индексы часто не могут этого сделать или сложны для интерпретации. В нашем исследовании мы хотим разработать новые индексы, которые позволят избежать данных проблем.

В данной работе изучается возможность использования временных измерений свойств почвенного микробиома для оценки стабильности почвенной экосистемы. Эти измерения основаны на конкретных частях почвенного микробиома, таких как количество определенных видов бактерий или архей; или на общих свойствах, таких как общее количество клеток или эмиссия CO₂ [2-3].

Временные изменения структурных свойств и численности микробиома почвы изучаются после различных хронических стрессов: добавления нефти, высушивания, фумигации хлороформом, загрязнения токсичными соединениями. После этого будут

применены такие воздействия, как добавление глюкозы, чтобы стимулировать ответную реакцию микробиома и на ее основе рассчитать параметры стабильности. На основе полученных данных будут рассчитаны и выбраны оптимальные индексы экологической стабильности.

Выбранные индексы устойчивости будут сравниваться с уже известными экологическими индексами, которые основаны на потенциальной физиологической активности, обеспечиваемой почвой [3].

Полноценное изучение почвенного микробиома стало возможным только в последние десятилетия с развитием методов секвенирования нового поколения (Next-generation sequencing (NGS)). В данной работе NGS-данные ежедневного месячного отбора проб нарушенной почвы будут подвергнуты сетевому анализу, в результате чего будут определены потенциальные ключевые виды микроорганизмов. Структура микробиома, описываемая сетевым анализом, будет зависеть от характера нарушения, поэтому для разных условий будут получены разные ключевые виды.

В последующих экспериментах количество ключевых видов будет использоваться наряду с общей численностью микроорганизмов и дыханием почвы для расчета индексов стабильности. Такой подход позволит выбрать оптимальные параметры почвенного микробиома для последующего применения в экологических исследованиях.

Список литературы

1. Orwin, K.H. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances. *Soil Biology and Biochemistry* / K.H. Orwin, D.A. Wardle. 2004. Vol. 36, № 11. P. 1907–1912.
2. Griffiths, B.S. Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community / B.S. Griffiths, L. Philippot // *FEMS Microbiology Reviews*. 2013. Vol. 37, № 2. P. 112–129.
3. Обзор подходов к оценке экологического состояния и нормированию качества почв / А.Г. Коновалов [и др.] // *Биосфера*. 2017. №3.

УДК 612.8

Система для оперантного обусловливания для оценки эффективности лечения болезни Альцгеймера у мышей

Д. А. Мягков, Д. В. Туктаров, И. В. Федосов, О. В. Семякина-Глушковская
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
dmyagk0v@yandex.ru

Ключевые слова: оперантное обусловливание, когнитивные способности, лабораторные животные, доклинические исследования, нейродегенеративные заболевания, болезнь Альцгеймера, бета-амилоид, домашняя клетка, шаговый двигатель, модульная кормушка, кластерная система.

Использование систем оперантного обусловливания является одним из ключевых методов оценки когнитивных способностей лабораторных животных в ходе доклинических исследований. Данный подход играет важную роль в анализе состояния головного мозга при различных нейродегенеративных заболеваниях, таких как деменция и болезнь Альцгеймера [1, 2]. Несмотря на высокий спрос на комплексные системы для оперантного обусловливания, далеко не каждая лаборатория может позволить себе существующие коммерческие решения, такие как системы TSE Systems, из-за их высокой стоимости.

Интеграция данной технологии с различными сенсорами позволит усовершенствовать систему оперантного обусловливания, обеспечив лабораториям гибкость в настройке экспериментов и упрощенную замену компонентов.

В данной работе представлена система оперантного обусловливания, предназначенная для фармакологических и доклинических исследований в условиях домашней клетки. Устройство компактно (210×200×110 мм) и включает две оптические сенсорные зоны для регистрации активности мышей, модульную кормушку, управляемую шаговым двигателем, и микроконтроллер STM32. Корпус изготовлен из PLA с прочной стальной передней панелью для защиты от повреждений. Внешняя панель оснащена кнопочным переключателем и светодиодным индикатором. Система поддерживает возможность объединения нескольких камер в кластер, что позволяет отслеживать большое количество подопытных животных одновременно.

Разработанная система оперантного обусловливания предназначена для применения в научных лабораториях и медицинских компаниях, занимающихся исследованием методов лечения нейродегенеративных заболеваний на больших группах лабораторных мышей. В частности, технология может использоваться для изучения влияния фототерапии при болезни Альцгеймера и оценки когнитивных функций у подопытных животных [3]. В ходе исследований было выявлено, что фотобиомодуляция лимфатического клиренса бета-амилоида во время сна значительно эффективнее по сравнению с бодрствованием, способствуя улучшению когнитивных способностей мышей с болезнью Альцгеймера.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23–75–30001).

Список литературы

1. Neurodegenerative mechanisms in traumatic brain injury: Insights from experimental models / M. Shakir [et al.] // Journal of Neuropathology & Experimental Neurology. 2022 Vol. 1. P. 2–15.
2. Advances in biosensing technology for real-time health monitoring / O.Silva [et al.] // Sensors. 2023 Vol. 23. P. 288.
3. Optical monitoring of cerebrovascular responses to photobiomodulation in neurodegenerative diseases / O.Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // Biomed. Opt. Express. 2024 Vol. 15. P. 44–58.

УДК [579.64:635.646](470.44)

Распространение микромицетов на сельскохозяйственных культурах семейства пасленовые в Саратовской области

И. А. Новак, А. М. Петерсон, А. В. Карпулянская, К. Р. Теккозян

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
novak_i_2014@mail.ru

Ключевые слова: Solanaceae, микромицеты, Саратовская область

Культурами семейства пасленовые в мире ежегодно засеваются 24 млн. га. полей, в России – 2 млн. га. Существенный вклад в выращивание растений этого семейства вносит и Саратовская область, где площадь посева картофеля составляет 7,5 тыс. га, томаты, баклажаны и перцы занимают около 200 га. В связи с широким культивированием данных растений, актуален вопрос их защиты от различных фитопатогенных организмов, средний показатель потерь от которых лежит в пределах 10–20% урожая, в отдельных случаях потери могут достигать 80%. При этом наибольший вред растениям наносят различные фитопатогенные грибы [1, 2].

Материалом для исследования послужили 219 штаммов микромицетов, изолированные со здоровых растений картофеля, томата, перца и баклажана на территории Саратовской области. При микробиологических исследованиях осуществляли посев поверхности листовой пластинки растения методом отпечатка на плотную питательную среду PDA, а также культивирование фрагментов листовых пластинок в условиях влажной камеры. Посевы культивировали при +28°C в течение 3–5 сут. Идентификацию грибных изолятов осуществляли на основании анализа культуральных свойств и особенностей морфологии мицелия гриба и органов спороношения на разных стадиях развития с использованием определителей [3, 4].

В результате проведенных исследований с растений картофеля было изолировано 10 видов микромицетов (*Alternaria helianthin*, *Aspergillus flavipes*, *A. niger*, *Fusarium dimerum*, *Penicillium chrysogenum*, *P. janthinellum*, *Mucor ramosissimus*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma harzianum*, *Aureobasidium pullulans*), с растений томата – 15 видов (*Alternaria alternata*, *A. carotiinculta*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxisporum*, *F. solani*, *Penicillium chrysogenum*, *Apophysomyces jiangsuensis*, *Neosartorya aurata*, *N. stramenia*, *Rhizomucor pusillus*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma citrinoveride*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. viride*), с растений баклажана – 10 видов (*Alternaria solani*, *Aspergillus flavus*, *A. flavipes*, *A. niger*, *A. ustus*, *Fusarium oxisporum*, *Penicillium janthinellum*, *Mucor ramosissimus*, *Rhizopus stolonifer*, *T. harzianum*), с растений перца – 11 видов (*Alternaria alternata*, *A. solani*, *Aspergillus flavus*, *A. flavipes*, *A. niger*, *Fusarium dimerum*, *F. moniliforme*, *F. oxisporum*, *Penicillium chrysogenum*, *Mucor ramosissimus*, *Rhizopus stolonifer*). Некоторые виды микромицетов (*A. solani*, *A. niger*, *F. solani*, *F. oxisporum*, *M. ramosissimus*, *R. stolonifer*) были выделены одновременно с нескольких видов растений, что говорит об их высокой экологической пластичности.

Наиболее разнообразно на растениях картофеля были представлены роды *Aspergillus* и *Penicillium*, томата – *Trichoderma*, баклажана – *Aspergillus*, перца – *Aspergillus* и *Fusarium* (см. рисунок).

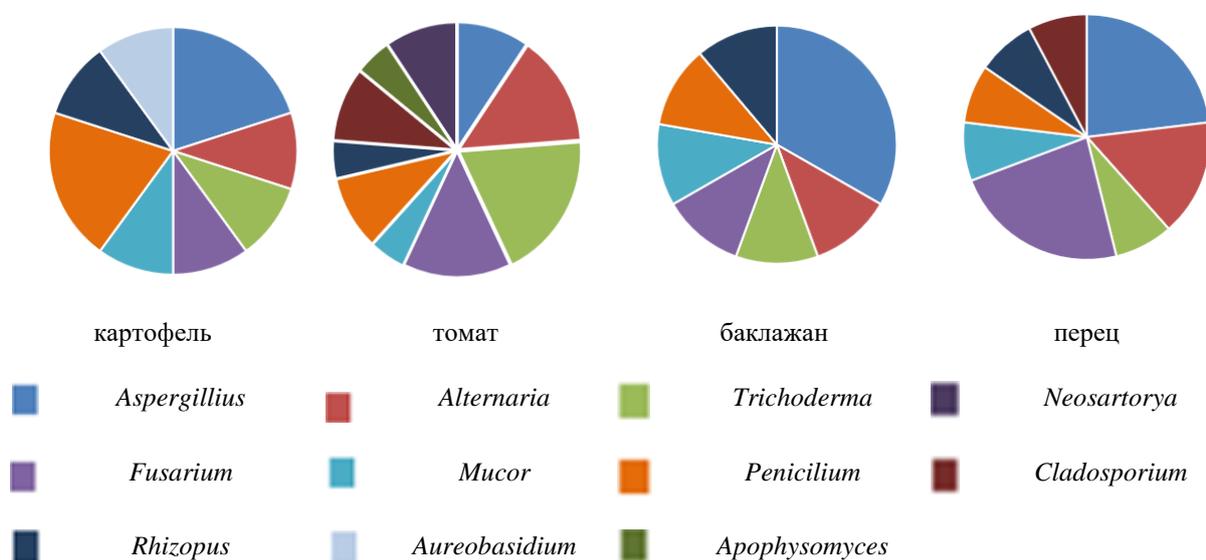


Рисунок – Соотношение видов разных родов микромицетов в микромикробных комплексах сельскохозяйственных растений семейства паслёновые

На растениях томата высокую встречаемость имели виды *F. solani* (индекс встречаемости 20%), *R. stolonifer* (30%) и *T. koningii* (29%), на растениях картофеля – *A. niger* (22%), *F. dimerum* (50%), *M. ramosissimus* (28%), *R. stolonifer* (50%), на растениях баклажана – *A. solani* (20%), *A. flavipes* (25%), *M. ramosissimus* (23%), *R. stolonifer* (22%), на растениях перца – *A. niger* (21%), *R. stolonifer* (70%).

Наиболее схожи оказались микокомплексы растений перца и картофеля (индекс общности видового состава 28%) и перца и баклажана (28%). Общность видового состава микокомплексов растений перца и томата составила 20%, картофеля и баклажана, картофеля и томата – по 16%, баклажана и томата – 12%.

Среди изолированных микромицетов были обнаружены фитопатогенные виды. Так, *A. alternata* и *A. solani* вызывают различные виды альтернариоза у всех видов растений семейства пасленовые. *A. flavus* у исследуемых растений вызывает гниль плодов, а также поражение семян, что снижает их всхожесть. *A. niger* является оппортунистическим патогеном, вызывая чёрную гниль у ослабленных или повреждённых растений. *F. dimerum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. solani* способны вызывать корневую гниль, увядание, гниль плодов, поражение стеблей у многих видов растений, в том числе и у паслёновых. Таким образом, микокомплекс сельскохозяйственных растений семейства пасленовые включает не только сапрофитические виды микромицетов, но и фитопатогенные, способные привести к снижению урожая в вегетационный период и потере его части при транспортировке и хранении.

Список литературы

1. Распределение плодородных земель в мире / [Электронный ресурс] // Официальный портал республики Башкортостан: [сайт]. URL: <https://www.bashkortostan.ru/presscenter/news/22599/> Загл. с экрана.
2. Посевы овощных культур семейства паслёновые в Саратовской области/ [Электронный ресурс] // Сельхозпортал: [сайт]. URL: https://сельхозпортал.рф/analiz-posevnyh-ploshhadej/?region_id=2256&area=173 Загл. с экрана. Яз. Рус.
3. Саттон, Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. М.: Мир, 2001. 486 с.
4. Благовещенская, Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты. Учебный определитель / Е.Ю. Благовещенская. М.: ЛЕНАНД, 2015. 240 с.

УДК 599.322.28:59.087(476.5)

Использование методик изучения летяги обыкновенной (*Pteromys volans*) в условиях фрагментированных лесов Беларуси

Д. В. Новиков, И. А. Крищук

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Беларусь
novikau.d@mail.ru

Ключевые слова: *Pteromys volans*, фрагментированные леса, ГИС, Беларусь.

Чрезмерная фрагментация лесов на территории Беларуси, вызванная влиянием не только хозяйственной деятельностью человека, но и естественными природными процессами, такими как пожары, буреломы, приводит к нарушению пространственной целостности и формированию довольно изолированных лесных массивов, тем самым обедняя фаунистические комплексы и сокращая число пригодных мест обитания для стенобионтных лесных видов. Одним из таких видов является летяга обыкновенная (*Pteromys volans* L.) – вид, тяготеющий к старовозрастным лесам с преобладанием определённых пород деревьев (например, осины и ели), которые обеспечивают её кормовой базой и убежищами.

Традиционные методики по выявлению мест обитания летяги, разработанные для обширных лесных массивов, зачастую оказываются малоэффективными в тех местах,

где леса раздроблены на небольшие участки, разделённые открытыми пространствами. Это создаёт необходимость совершенствовать существующие методы и разрабатывать новые подходы, которые позволят более точно оценивать состояние популяции данного вида и разрабатывать меры по его сохранению.

Основной методикой выявления мест обитания летяги обыкновенной является методика обнаружения её экскрементов, предложенная финским исследователем Хански [1] и усовершенствованная Э.В. Ивантером [2]. Сперва территория для учётов делится на квадраты площадью 100 км². Затем в каждом втором квадрате случайным образом отбирается 10 пробных площадок по 9 га, на расстоянии друг от друга не менее 1 км. После чего в каждой площадке исследователь осматривает деревья на наличие помёта. Данная методика хорошо адаптирована на сплошных участках леса, об использовании ее на сильно фрагментированных участках данные отсутствуют.

Цель работы – разработать усовершенствованную методику по выявлению мест обитания летяги обыкновенной в условиях сильной фрагментированности лесов Беларуси с учетом поведенческих особенностей вида.

В настоящее время ареал летяги в пределах Беларуси включает территорию двух административных районов Витебской области – Витебского и Городокского [3]. В начале 2000-х годов вид отмечался в восточной части Витебской области, в Лиозненском районе [4]. Территория данного района за последние 20 лет сильно изменилась, а данные о находках летяги здесь отсутствуют. В связи с чем для использования усовершенствованной методики учета летяги обыкновенной в условиях сильной фрагментированности лесов нами выбран Лиозненский район. С целью выявления ключевых мест обитания летяги (участки с доминированием осины и ели), проведен анализ и визуализация лесотаксационных данных в бесплатной программе QGIS. Эта ГИС-платформа поддерживает множество форматов данных и предоставляет инструменты для работы с разным картографическим материалом.

Апробирование традиционной методики в условиях Беларуси показало её неэффективность. При делении территории на квадраты площадью 100 км² большинство участков попадали на болота, города или сельскохозяйственные угодья, что делало невозможным проведение исследований. Кроме того, даже в пределах лесных массивов не всегда учитывалось наличие ключевых пород деревьев, таких как осина и ель (рис., А).

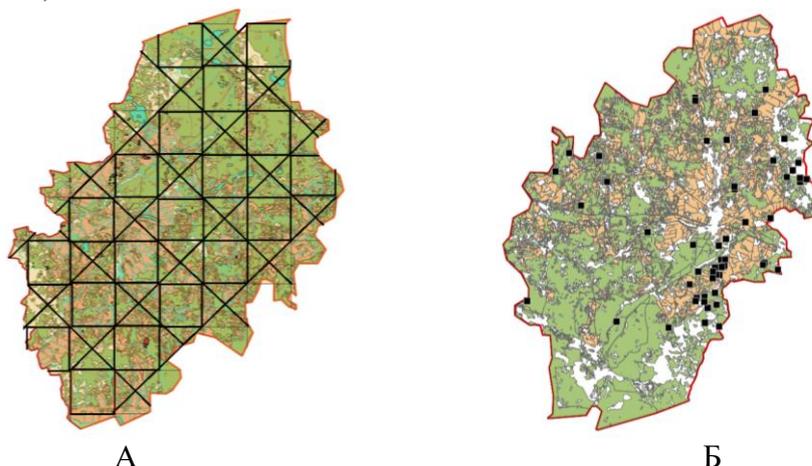


Рисунок – Территория Лиозненского района с учетом деления на пробные площадки

А – площадки площадью 100 км² [1]; Б – площадки предлагаемой методики площадью 0,09 км²

Главным отличием предлагаемой нами методики является отсутствие деления территории на крупные квадраты площадью 100 км². Вместо этого предлагается использовать участки, соответствующие фрагментированным лесным массивам (рис., Б). Это позволяет избежать включения заведомо непригодных территорий и

сосредоточиться на участках, где вероятность обнаружения летяги наиболее высока. Закладывание пробных площадок остается, их площадь остается неизменной (9 га). Это необходимо для того, чтобы в последующем можно было рассчитать относительную плотность, так как данное значение соответствует индивидуальному участку одной самки (8,3 га, [1]). В условиях сильной фрагментации лесов территории Витебской области данные участки еще предстоит уточнить.

Предлагаемая методика по выявлению мест обитания летяги обыкновенной в условиях фрагментированных лесов Беларуси позволяет учитывать особенности местных экосистем и поведенческие особенности данного вида. Использование лесотаксационных карт и ГИС-технологий позволяет точно выделить участки с преобладанием осины и ели, что значительно повышает вероятность обнаружения летяги. Кроме того, отказ от крупных квадратов в пользу меньших участков позволяет сосредоточиться на фрагментированных лесных массивах, что позволяет ускорить обследование больших территорий и повышает возможность обнаружения следов жизнедеятельности летяги обыкновенной.

Список литературы

1. Hanski, I.K. Home ranges and habitat use in the declining flying squirrel, *Pteromys volans*, in managed forests / I.K. Hanski // *Wildlife Biology*. 1998. Т. 43. Р. 33–46.
2. Новый метод учета численности летяги (*Pteromys volans*, Rodentia, Pteromyidae), его апробация и первые результаты / Э.В. Ивантер [и др.] // *Зоологический журнал*. 2009. Т. 88, № 11. С. 1396–1401.
3. Abramchuk, A.V. The Siberian flying squirrel (*Pteromys volans*) in Belarus: distribution, abundance, threats, and conservation / A.V. Abramchuk // *Theriologia Ukrainica*. 2021. Vol. 22. Р. 69–79.
4. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. Минск, 2015. 320 с.

УДК: 57.065:582.962:58.002

Исследование содержания ДНК двух видов рода *Globularia* методом проточной цитометрии

*К. С. Павленко*¹, *М. В. Скапцов*², *А. С. Пархоменко*¹, *А. С. Кашин*¹

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

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
kris.pavlenko0412@yandex.ru

Ключевые слова: проточная цитометрия, размер генома, плоидность, содержание ДНК.

Сохранение биоразнообразия является актуальной проблемой современности и выступает одной из ключевых составляющих концепции устойчивого развития. Особую научную и природоохранную ценность представляют редкие реликтовые виды растений. К числу таких видов относят некоторых представителей рода *Globularia*, два из которых, шаровница точечная – *G. bisnagarica* L. и шаровница волосистоцветковая – *G. trichosantha* Fisch. & SA Mey, встречаются на территории России, где они представлены малочисленными пространственно разобщёнными популяциями. *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* являются уязвимыми видами, их популяции, чувствительные к изменениям окружающей среды, могут быть вытеснены из карбонатных сообществ при усилении антропогенного прессинга и поэтому имеют высокий риск вымирания [1].

Комплекс ранее проведенных морфологических, популяционно-видовых, молекулярно-генетических и цитогенетических анализов некоторых популяций

позволил оценить уровень генетического разнообразия изучаемых видов рода *Globularia* в пределах восточноевропейских фрагментов их дизъюнктивных ареалов [1].

Размер генома является одним из важных критериев выявления особенностей эволюции организмов и имеет видоспецифичный характер, что может помочь объяснить взаимоотношения между видами.

В представленной работе была с помощью метода проточной цитометрии проведена оценка содержания ДНК растений двух вышеописанных видов *Globularia*, находящихся на границах своих естественных ареалов.

Исследования проводились на молодых растениях, выращенных из семян, собранных в 2022-2023 гг. из 11 популяций *G. bisnagarica* и *G. trichosanta*. Семена проращивали на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри в термостате при температуре +28°C, а затем пересаживали в горшки и доращивали в теплице до размера листовой пластинки 0,5×0,5 см². В исследовании использовали одношаговый протокол с буфером LB01 и добавлением пропидий йодида, РНКазы и тиосульфата натрия. В качестве внутреннего стандарта использовался *Solanum pseudocapsicum* (2C=2,835 пг) [2].

Содержание ДНК измеряли на проточном цитометре Cytotflex (Beckman Coulter, США), для анализа использовались пики с не менее чем 1000 ядер и коэффициентом вариации менее 3%. Гистограммы визуализировались и обрабатывались с помощью программного обеспечения CytExpert (Beckman Coulter, Inc.) [2].

Большинство ядер двух исследованных видов *Globularia* находились на стадии G₀/G₁ клеточного цикла. Ядра на стадии G₂/M либо не были обнаружены, либо присутствовали в небольшом количестве.

Установлено среднее значение содержания ДНК во всех исследованных популяциях *G. bisnagarica* 1,041±0,020 пг и *G. trichosantha* 0,972±0,018 пг (см. таблицу). Оба эти вида являются диплоидами с количеством хромосом 2n=2x=16.

Таблица – Местоположение исследованных образцов естественных популяций *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* и содержание ДНК в них

Место сбора	2C, пг	CV, %	1C, Гбп
<i>G. bisnagarica</i>			
Саратовская обл, Вольский р-н, окр. с. Тепловка	0,997±0,025	2,51	0,487±0,012
Оренбургская обл, Александровский р-н, окр. с. Султакай	0,995±0,016	1,05	0,496±0,005
Ставропольский край, Шпаковский р-н, окр. ст. Новомарьевская, ООПТ "Русский лес"	1,014±0,011	2,29	0,495±0,011
Самарская обл., Красноярский р-н, окр. с. Большая Каменка	1,012±0,023	1,44	0,486±0,007
Саратовская обл, Хвалынский р-н, окр. с. Новая Яблонька, гора Заяц	0,978±0,004	0,54	0,497±0,003
Р. Татарстан, Бавлинский р-н, окр. с. Карабаш	0,985±0,004	0,40	0,478±0,002
Саратовская обл, Хвалынский р-н, окр. с. Елшанка, гряда Елоха	0,994±0,014	0,45	0,482±0,002
Саратовская обл, Хвалынский р-н, гора Пиче-Пандра	1,016±0,005	1,61	0,487±0,008
Р. Башкортостан, Бижбулякский р-н, окр. с. Набережный	0,993±0,013	1,27	0,486±0,006
<i>G. trichosantha</i>			
Р. Адыгея, Майкопский р-н, Кавказский биосферный заповедник, Армянский перевал	0,984±0,028	2,88	0,472±0,003
Р. Крым, Белогорский р-н, окр. с. Зеленогорское	0,963±0,005	0,55	0,483±0,016

Примечание. 1 пг = 0,978 Гбп.

Средний размер голоплоидного генома для *G. bisnagarica* равен 0,488±0,006 Гбп, а для *G. trichosantha* 0,477±0,010 Гбп.

Содержание ДНК внутри популяций стабильно и варьирует в пределах от 0,4 до 2,5%, что укладывается в погрешность измерения прибора. Наименьшее содержание

ДНК у *G. bisnagarica* отмечено в популяции в окр. горы Заяц (Саратовская обл.), а наибольшее – на горе Пиче-Пандра (Саратовская обл.) (см. таблица). У *G. trichosanta* наименьшее количество ДНК наблюдалось у особи популяции из окр. с. Зеленогорское (Р. Крым), а наибольшее – в популяции с Армянского перевала. При этом, с учётом стандартного отклонения, данные различия являются недостоверными.

Выявленные средние значения содержания ДНК для видов *G. bisnagarica* и *G. trichosanta* отличаются не значительно, что говорит о схожих длинах хромосом.

Полученные нами данные для двух видов рода *Globularia* согласуются с уже известными для данного рода. По литературным данным, ранее исследовалось значение содержания ДНК только для трёх видов рода *Globularia* [3]. Судя по значениям $2C$ *G. alypum* L. ($2C=0,80$ пг) и *G. salicina* Lam. ($2C=0,86$ пг) являются диплоидами, а *G. meridionalis* (Подр.) O.Schwarz ($2C=1,61$ пг) – тетраплоид. Отличия в размерах генома между исследованными нами видами и имеющимися литературными данными, скорее всего, связаны с особенностью стандартизации и систематическим положением данных видов. Содержание ДНК для *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* были получены впервые.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00004, <https://rscf.ru/project/21-74-00004/>.

Список литературы

1. Особенности биологии и экологии представителей *Globularia* L. в Европейской России / А.С. Кашин [и др.]. Саратов: Издательство Саратов. ун-та, 2025. 134 с.
2. Standarts in plant flow cytometry: an overview, polymorphism and linearity issues /M. V. Skaptsov [et al.] // *Turczaninowia*. 2024. Vol. 27, № 2. P. 86–104.
3. Plant C-Values Database [Электронный ресурс]: URL: <https://cvalues.science.kew.org/search> (Дата обращения: 28.02.25).

УДК 616.9

Изучение иммунной прослойки населения отдельных районов Саратовской области к вирусам Бханджа, Синдбис, Калифорнийской серогруппы в 2024 году

Д. А. Пахарева^{1,2}, А. В. Казанцев¹, М. А. Кулагин¹, М. Д. Клокова¹, Е. В. Казорина¹

¹Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

d.pakhareva@yandex.ru

Ключевые слова: арбовирусы, иммунная прослойка, Синдбис, Бханджа, вирусы Калифорнийской серогруппы.

Согласно литературным данным у жителей Саратовской области в течение последних нескольких десятков лет отмечают наличие антител к возбудителям арбовирусных инфекций: вирусу Западного Нила, ККГЛ, Батаи, Тягини, Синдбис, клещевого энцефалита [1]. На территории Астраханской области отмечают высокую долю серопозитивных лиц к вирусу Бханджа [2]. В виду схожести околотовных биотопов реки Волга, не исключено наличие распространения данной инфекции и на территории Саратовской области. В Волгоградской области были выявлены антигены в переносчиках, а также антитела в сыворотках крови населения региона к вирусам Синдбис, Инко, Тягини, Батаи, Укуниими [3]. В настоящее время, роль некоторых

арбовирусов в инфекционной патологии региона не выяснена. Также необходима актуализация сведений об уровне иммунной прослойки к арбовирусам населения, проживающего на территории области.

Цель данной работы – выявление наличия специфических антител класса IgG к вирусам Бханджа, Синдбис, Калифорнийской серогруппы в сыворотках крови людей, проживающих в отдельных районах Саратовской области.

Всего методом иммуноферментного анализа (ИФА) исследованы 400 образцов сывороток крови практически здоровых жителей области, возраст от 17 до 90 лет (женщин – 241 (60,3%), мужчин – 159 (39,7%)). Забор биологического материала осуществляли сотрудники местных учреждений здравоохранения в сентябре – октябре 2024 г. от лиц, проживающих на территории Энгельсского, Ровенского, Красноармейского и Федоровского районов Саратовской области.

Сыворотки крови были исследованы на наличие антител класса IgG к вирусам Калифорнийской серогруппы, Синдбис и Бханджа соответствующими наборами реагентов «БиоСкрин-КСГ» (комплект G), «БиоСкрин-Синдбис» (комплект G)», «БиоСкрин-Бханджа» (комплект G) производства АО БТК «Биосервис», Россия. Учет результатов осуществляли на планшетном фотометре iMark (Bio-Rad Laboratories, Inc, США).

Антитела к вирусам КСГ выявлены в 12 (3,0%) образцах сывороток крови: в 7 (1,7%) пробах от жителей Красноармейского района, в 5 (1,3%) от лиц, проживающих в Энгельском районе. Специфические иммуноглобулины G к вирусу Синдбис были выявлены в 4 образцах крови (1,0%): по одному образцу от жителей Ровенского и Федоровского районов, и в 2 — от лиц, проживающих в Красноармейском районе. В исследуемых сыворотках крови наличие антител к вирусу Бханджа не выявлено.

Наличие иммуноглобулинов класса IgG к вирусам Синдбис и КСГ у жителей Саратовской области могут указывать о контакте с возбудителями. Полученные результаты о наличии антител в сыворотках крови к вирусу Синдбис свидетельствуют о его циркуляции на территории региона и подтверждают данные, полученные ранее [1]. Результаты исследования обуславливают необходимость дальнейшего изучения уровня иммунной прослойки к арбовирусам, как в сыворотках крови населения региона, так и выявления маркеров возбудителей в основных переносчиках, а также диктуют необходимость изучения их роли в регионарной инфекционной патологии.

Список литературы

1. Выявление специфических антител к арбовирусам в сыворотках крови людей, проживающих на территории Саратовской области / С.А. Щербакова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2011. Вып. 2, № 108. С. 72–74.
2. Арбовирусные комариные инфекции / Х.М. Галимзянов [и др.] // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2016. № 4. С. 29–37.
3. Предикторы формирования и функционирования природных очагов арбовирусных инфекций на территории Волгоградской области / Е.В. Молчанова [и др.] // Вестник волгоградского медицинского университета. 2022. Т. 19, № 3. С. 20–28.

Роль насекомых-опылителей в формировании эндофитномикробиома душицы обыкновенной *Origanum vulgare* L.

Д. А. Поливанов¹, Д. В. Уткин¹, Н. Е. Щербакова²

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

²Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия
dim4ik.polivanov203@yandex.ru

Ключевые слова: эндофиты, горизонтальный перенос, насекомые-опылители, душица обыкновенная.

Растения являются хозяевами сложных сообществ эндофитных бактерий, которые колонизируют внутреннюю часть как подземных, так и надземных тканей. Бактерии, живущие внутри растительных организмов в виде эндофитов, могут горизонтально проникать из окружающей среды или вертикально передаваться из поколения в поколение через семена [1]. Однако относительная важность различных механизмов переноса для большинства растений неизвестна. Лучшее понимание путей и форм передачи микроорганизмов поможет в изучении взаимодействия растений и эндофитных бактерий, как в сельскохозяйственных, так и в природных экосистемах. Исследования микробиомов цветковых растений показывают, что на бактериальное разнообразие растений могут влиять насекомые-опылители [2]. Распространение микроорганизмов, опосредованное пылью, не требует колонизации семян и может происходить на значительные расстояния. Медоносные пчелы также играют важную роль в качестве вторичных переносчиков средств биологического контроля от фитопатогенов.

Целью исследования является анализ эндофитной микробиоты душицы обыкновенной *Origanum vulgare* L. и насекомых-опылителей, собранных с данного вида растений, с целью выявления горизонтального переноса эндофитов. Для изучения вопроса возможного горизонтального переноса эндофитных микроорганизмов насекомыми-опылителями была проанализирована микробиота медоносного растения – душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L., 1753) и насекомого-опылителя – медоносной пчелы (*Apis mellifera* L., 1758), собранная с цветущих растений. У медоносной пчелы были выделены микроорганизмы медового зобика и пчелиной обножки. У душицы обыкновенной получены изоляты эндофитов вегетативных и генеративных органов растения.

Взрослые рабочие пчелы, собранные с растений душицы обыкновенной, умерщвляли путем замораживания при температуре 25°C в течение не менее 20 мин, обрабатывали в 70%-ном этаноле для освобождения от микроорганизмов, обитающих на внешних покровах, и промывали в стерильном физиологическом растворе [3]. Затем отделяли брюшко, извлекали медовый зобик, смешивали с 3 мл 0,9% NaCl, 100 мкл переносили на пептон-дрожжевой экстракт-агар (PYE) (3,0 г казеинового пептона, 3,0 г дрожжевого экстракта, 15,0 г агара, pH 7,2) и выдерживали при температуре 28°C в течение 48 ч. Кроме того, пыльцу обножки смешивали с 3 мл 0,9% NaCl, 100 мкл засеивали на PYE-агар, инкубировали при температуре 28°C в течение 48 ч. Микробиологические исследования вегетативных (филосферы) и генеративных (антосферы) органов проводили путем гомогенизации частей растений, прошедших поверхностную стерилизацию для избавления от эпифитной микробиоты. Гомогенизаты после серии разведений высевали на плотные питательные среды (ГРМ-агар, PYE-агар). Посевы культивировали при температуре 28°C в течение 48 ч.

Проводили количественный учёт выделенных штаммов и отсев чистых культур для дальнейшего изучения и идентификации. На основании изучения морфологических, культуральных и физиолого-биохимических признаков чистых культур, выделенных из душицы и медоносной пчелы идентифицированы 34 штамма микроорганизмов, относящихся к 15 видам. Верификацию видовой идентификации осуществляли с помощью метода MALDI-ToF масс-спектрометрии. Выявлены различия в составе микробиоты растений и насекомых-опылителей. Из растения душицы было выделено 22 штамма микроорганизмов, относящихся к 13 видам. Из медоносной пчелы было выделено 12 штаммов, отнесенных к 5 видам (см. таблицу). В культурах, полученных из обоих организмов, преобладал класс *Bacilli* (71% от общего числа штаммов).

Таблица – Качественный и количественный состав объектов исследования

Вид бактерий	Концентрация микроорганизмов в объектах исследования	
	душица обыкновенная (листья, цветки), М±σ, lg КОЕ/г	медоносная пчела (медовый зобик, обножка), М±σ, lg КОЕ/г
<i>Acinetobacter radioresistens</i>	5,477	-
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	4,686±0,521	4,57±1,082
<i>Bacillus atrophaeus</i>	5,301	-
<i>Bacillus cereus</i>	5,389±0,806	4,819±1,152
<i>Bacillus megaterium</i>	5,301	-
<i>Bacillus pumilus</i>	5,416±0,413	-
<i>Bacillus subtilis</i>	6	6
<i>Brucella agrignonse</i>	5,477	-
<i>Citrobacter braakii</i>	-	3,477
<i>Delftia acidovorans</i>	5,301	-
<i>Flavobacterium odoratum</i>	5,301	-
<i>Paenibacillus lautus</i>	4,699	-
<i>Pantoea agglomerans</i>	-	3,793±0,103
<i>Providencia rettgeri</i>	4,301	-
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	5,255	-

В результате проведенных исследований выделены виды бактерий, встречающиеся только у медоносной пчелы: *C. braakii*, *P. agglomerans*. Ранее было показано, что штаммы *P. agglomerans* широко распространены в среде обитания медоносных пчел и на цветах, которые посещают пчелы. В то же время, были выявлены виды микроорганизмов, встречающиеся, как в органах растений, так и у медоносной пчелы: *B. amyloliquefaciens*, *B. cereus* и *B. subtilis* (см. таблицу). Это косвенно может служить основанием для подтверждения возможности горизонтального переноса данных видов бактерий насекомыми-опылителями. Виды *B. cereus*, *B. subtilis* широко распространены в природе, основной средой обитания является почва. *B. amyloliquefaciens* считается бактерией биоконтроля, колонизирующей корни, и используемой для борьбы с некоторыми патогенами корней растений в сельском хозяйстве.

Низкое разнообразие бактерий, участвующих в горизонтальном переносе, объясняется высокими различиями в средах обитания. Группа микроорганизмов рода *Bacillus*, которая встречалась в обоих исследуемых объектах, обладает устойчивостью к воздействию различных факторов среды и адаптацией к новым условиям существования, что обуславливает их способность к горизонтальному переносу.

1. Frank, A.C. Transmission of Bacterial Endophytes / A.C. Frank, J.P.S. Guzmán, J.E. Shay // *Microorganisms*. 2017. Vol. 5, № 4. P. 70–90.
2. Diversity, specificity, co-occurrence and hub taxa of the bacterial–fungal pollen microbiome / B.A. Manirajan [et al.] // *FEMS Microbiology Ecology*. 2018. Vol. 94, № 8. P. 1–11.
3. Typing of Pantoea agglomerans isolated from colonies of honey bees (*Apis mellifera*) and culturability of selected strains from honey / I. Lončarić [et al.] // *Apidologie*. 2009. Vol.40, №1. P.40–54.

УДК: 577.21

Подбор протоспейсеров с использованием биоинформатических методов

Е. Д. Полякова, А. А. Красноштанова

Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева, Москва, Россия
katerpolyakova00@gmail.com

Ключевые слова: CRISPR-Cas9, протоспейсер, биоинформатика.

Технология CRISPR-Cas является универсальной и в настоящее время активно используется для редактирования генома из-за своей высокой точности и эффективности. Система CRISPR-Cas эволюционно возникла у прокариот и найдена у многих современных бактерий и архей. Для них она является естественным защитным механизмом против чужеродной ДНК, такой как ДНК вирусов и плазмид [1]. Основа системы – взаимодействие белка Cas (CRISPR-ассоциированный белок), способного разрезать ДНК с CRISPR. Это взаимодействие приводит к разрыву двойной цепи ДНК в специальных участках – протоспейсерах [2].

Для CRISPR-Cas существует своя классификация, по которой все системы принадлежат к определённому классу и типу. Наиболее простыми и распространёнными в геномной инженерии являются системы типа II, к которым относится и система CRISPR-Cas9 [3].

CRISPR-Cas9 сейчас является обычным и часто встречаемым инструментом в лабораторных исследованиях, но при этом в клинической практике её применение всё ещё ограничено [4]. Типичные проблемы данной системы – нецелевые мутации и недостаточная специфичность. Хотя избавиться от этих ограничений весьма тяжело, можно минимизировать нецелевые эффекты, применяя для этой цели биоинформатический анализ. Современные инструменты для определения потенциальных нецелевых сайтов связывания CRISPR-Cas9 могут помочь в этом.

В данном исследовании для выявления сайтов, в которых может происходить нецелевой двухцепочечный разрыв, были выбраны несколько общедоступных в настоящее время биоинформатических инструментов: Cas-OFFinder, CCTop, CRISPOR, CNORCNOR. В качестве целевого объекта редактирования был выбран ген *recA* *Escherichia coli*. Выбор протоспейсеров для дальнейшего анализа был произведён с помощью программного обеспечения CNORCNOR.

Для анализа были выбраны пять предложенных программой протоспейсеров, расположенных в одном регионе гена (см. таблицу).

Таблица – Протоспейсеры, предложенные программой CNORCNOR

Ранг	Название	Целевая последовательность	Цепь	Эффективность
1	CR-1	TATCGTCGTTGACTCCGTGGCGG	-	73.60
2	CR-2	GAGCAACCCGAACCTCAACGCCGG	-	70.61
9	CR-9	TTTACSTTCACGCTGCGCTGCGG	+	64.30
16	CR-16	CGAAAACAAACAGAAAGCGTTGG	-	62.54
28	CR-28	GAAATCGGCGACTCTCACATGGG	-	60.39

Далее спейсеры были проанализированы с помощью выбранных биоинформатических инструментов. Алгоритм Cas-OFFinder: без ограничений в количестве несоответствий может анализировать и предоставлять список потенциальных нецелевых сайтов в заданной последовательности или геноме. С использованием данного алгоритма было определено общее количество нецелевых сайтов при 6 заменах в нецелевом сайте. Предпочтительным оказался спейсер CR-28 с меньшим количеством нецелевых сайтов.

ССТop – онлайн-ресурс, основные этапы обработки для которого реализованы на Python. Каждому спейсеру присваивается ранг, и чем он выше, тем более эффективным считается спейсер. Алгоритм не нашел нецелевые сайты связывания для спейсеров CR-16 и CR-28. Исходя из этого, будем считать, что для этих спейсеров нет нецелевых сайтов с числом замен меньшим или равным трём, соответственно, их ранг будет выше. Наиболее высокий ранг показал спейсер CR-28.

CRISPOR – это онлайн-инструмент, предназначенный для проведения экспериментов по редактированию генома с использованием системы CRISPR-Cas9. Данный алгоритм позволяет ранжировать sgRNA на основе различных критериев, а также оценивает потенциальные нецелевые эффекты в исследуемом геноме и прогнозирует активность sgRNA в целевых участках. Кроме того, используя CRISPOR, можно также подобрать праймеры для тестирования активности sgRNA. С учётом большей эффективности наиболее предпочтительным спейсером стоит считать CR-1.

Алгоритм CRISPRoff рассчитывает индивидуальный прогноз нецелевого взаимодействия каждого спейсера, после чего присваивает им баллы. Эти баллы отражают примерное увеличение свободной энергии gRNA при нецелевом связывании. Исходя из оценок целевого эффекта и вероятности нецелевого связывания, наиболее эффективным следует считать спейсер CR-2.

Исходя из анализа эффективности протоспейсеров каждым из рассмотренных алгоритмов, можно сделать вывод, что спейсеры CR-1 и CR-28 наиболее эффективны из предложенных. И хотя для спейсера CR-28 все инструменты нашли меньшее количество нецелевых сайтов, анализ эффективности показывает, что сайт CR-1 обеспечивает лучшее целевое связывание. Выбор из этих двух спейсеров в таком случае должен быть индивидуален и зависеть от целей исследования.

Методы анализа в биоинформатике в настоящее время достаточно просты и удобны в использовании. Согласно проведённому анализу можно утверждать, что каждый из представленных алгоритмов способен провести эффективную оценку протоспейсеров. При этом для выявления предпочтительного спейсера при большой выборке желательно проводить комплексный анализ со сравнением результатов, полученных от каждого алгоритма.

Список литературы

1. Генная инженерия в онкологии, основанная на технологии CRISPR-Cas9 / Д.Ш. Полатова [и др.] // Сибирский онкологический журнал. 2024. № 23, Т. 4. С. 152–161.
2. Off-target Effects in CRISPR/Cas9-mediated Genome Engineering / X.H. Zhang [et al.] // Mol Ther Nucleic Acids. 2015. № 4, Vol. 11. e264.
3. Koonin, E.V. Origins and evolution of CRISPR-Cas systems / E.V. Koonin, K.S. Makarova // Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2019. Vol. 13, № 374 (1772). 20180087.
4. Analysis of off-target effects of CRISPR/Cas-derived RNA-guided endonucleases and nickases / S.W. Cho [et al.] // Genome Res. 2014. № 24, Vol. 1. P. 132–141.
5. RNA-programmed genome editing in human cells / M. Jinek [et al.] // Elife. 2013. Vol. 29, № 2. e00471.

**Мониторинг редких видов сосудистых растений весной 2024 г.
в Южском районе Ивановской области**

А. М. Потехина, К. Р. Кушаева

Ивановский государственный университет, Иваново, Россия
annapotehina45879@gmail.com

Ключевые слова: флора, полевые исследования, редкие растения.

Редкие виды – важный и уязвимый компонент биологического разнообразия. Изучение редких растений особенно актуально, т. к. они составляют основу экосистем. Исчезновение видов может привести к нарушению экологического баланса и утрате уникальных генетических ресурсов. Одна из мер по сохранению биоразнообразия – создание и ведение Красных книг.

Во 2-ое издание Красной книги Ивановской области включён 161 вид сосудистых растений [1], 83 из них (более половины!) встречаются в Южском районе [4]. Флора этого края интересна богатством и разнообразием редких видов флоры и фауны, которое обусловлено природными условиями и различными типами местообитаний: лесов, озёр, крупных рек (р. Теза, Клязьма, Лух), болотных массивов. Благодаря этому Южский район всегда привлекал внимание ботаников.

Изучение «весенних» растений важно для более полной и детальной инвентаризации флоры района. Некоторые виды раннецветущих эфемеров и эфемероидов можно пронаблюдать исключительно весной или до первой половины лета, поэтому нами были проведены специальные мониторинговые исследования.

Флористические исследования проводились в северо-западной части Балахнинской низины (Южский р-н, окр. с. Моста) в конце апреля – начале мая 2024 г. маршрутно-рекогносцировочным методом. Были обследованы окрестности озер Заборье, Нельша, Тоньки, Большие Рассохи. В ходе экскурсий встреченные виды растений заносились в полевой дневник, для документации редкие и трудноопределяемые виды гербаризировались, составлена фототека.

В результате было отмечено более 60 видов сосудистых растений, 4 из которых включены в Красную книгу Ивановской области, собрано 20 гербарных листов. Наибольший интерес представляют обнаруженные виды региональной Красной книги: *Botrychium lunaria*, *Botrychium multifidum*, *Pulsatilla patens*, *Arctostaphylos uva-ursi*, поэтому ниже приводим краткое описание их популяций.

Botrychium lunaria (L.) Sw. – гроздовник полулунный, семейство Ужовниковые – Ophioglossaceae. Категория редкости 2 – вид, сокращающийся в численности.

Группа растений с формирующимися спорангиями была встречена на опушке смешанного леса с подростом липы по пути на оз. Заборье, на открытом месте возле обочины грунтовой дороги, среди купыря лесного – *Anthriscus sylvestris*, костяники – *Rubus saxatilis*, земляники лесной – *Fragaria vesca*, ландыша майского – *Convallaria majalis* (8 мая 2024 г., 56.476790°с. ш., 42.153959°в. д. – IVGU). Это новое местонахождение вида в области. Ранее в Южском районе был встречен только в одном пункте: окр. д. Пашки, берег оз. Рябо [2].

Botrychium multifidum (S. G. Gmel) Rupr. – гроздовник многораздельный, семейство Ужовниковые – Ophioglossaceae. Категория редкости 3 – редкий вид.

Всего три вайи без спорангиев были найдены на опушке смешанного леса с подростом липы по пути на оз. Заборье, на открытом месте возле обочины грунтовой дороги, в том же сообществе, что и гроздовник полулунный (8 мая 2024 г., 56.476262°с. ш., 42.155242°в. д. – IVGU). Ранее в данном местообитании уже отмечался, популяция

удерживается в течение десяти лет [3]. Интересно, что тогда тоже были обнаружены три экземпляра. Это пока единственное местонахождение вида в районе.

Pulsatilla patens (L.) Mill. – прострел раскрытый, семейство лютиковые – Ranunculaceae. Категория редкости 3 – редкий вид.

На обследованной части Южского района широко распространён в сосняках, на вырубках, по обочинам дорог, а также в сосняках в окр. озёр Нельша, Большие Рассохи, Большие и Малые Тоньки. Встречается одиночно и небольшими группами по 5–10 экземпляров в фазе конца цветения. Наиболее крупная лесная популяция была обнаружена у оз. Нельша, где на 40 м² насчитывалось более 30 экземпляров. Ранее в районе вид был отмечен по берегам озёр Орехового, Святого, Б. и Малые Тоньки, Поныхарь, Западного, Заборья, Нельши, Глубокого, Большие Рассохи и в сосняках долины р. Клязьмы. Характерный вид Балахнинской низины, популяции устойчивы.

Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng. – толокнянка обыкновенная, семейство Вересковые – Ericaceae. Категория редкости 3 – редкий вид.

Была обнаружена в фазе начала цветения на открытых и облесённых невысокой сосной песчаных холмах между озёрами Нельша и Тоньки. Формирует небольшие куртины, а местами – плотные прерывистые группы около 50 м² вместе с вересковыми кустами – *Calluna vulgaris*. Ранее в Южском районе отмечалась в окрестностях с. Талицы и Мугреевский, д. Глушицы и по берегам оз. Поныхарь, Заборье, Большие и Малые Тоньки, Глубокое, Нельша, Большие Рассохи и в долине р. Клязьмы. В Балахнинской низине – распространённый вид.

Кроме видов из основного списка Красной книги были найдены и другие редкие, нуждающиеся в мониторинге растения: страусник обыкновенный – *Matteuccia struthiopteris*, плауны сплюснутый – *Lycopodium complanatum*, годичный – *L. annotinum* и булововидный – *L. clavatum*, можжевельник обыкновенный – *Juniperus communis*, ландыш майский – *Convallaria majalis*, ива розмаринолистная – *Salix rosmarinifolia*, ветреницы лютиковая – *Anemone ranunculoides* и дубравная – *A. nemorosa*, хохлатка плотная – *Corydalis solida*, раkitник русский – *Chamaecytisus ruthenicus*, вереск обыкновенный – *Calluna vulgaris*, медуница неясная – *Pulmonaria obscura*.

Не удалось обнаружить некоторые редкие виды, отмечавшиеся ранее в ходе весенних наблюдений [3]: *Jurinea cyanoides*, *Chimaphila umbellata*, *Arenaria saxatilis*, *Dianthus arenarius*, *Thymus serpyllum* – вероятно, пропущены.

Данные, собранные в ходе флористических исследований Балахнинской низины, важны для мониторинга редких видов и разработки мероприятий по охране уязвимой флоры района. Южский район, помимо своей красоты и живописности, является местом произрастания многих удивительных растений, некоторые из них в Ивановской области больше нигде не отмечены (например, гвоздика песчаная, ленец бесприцветничковый).

Авторы выражают благодарность научному руководителю – доценту кафедры биологии ИвГУ, канд. биол. наук Курганову Антону Александровичу.

Список литературы

1. Красная книга Ивановской области. Т. 2: Растения и грибы. Изд-е 2-е / под ред. Е. А. Борисовой, Л. Ю. Минсевой. Тамбов: ООО «ТПС», 2020. 256 с.
2. Борисова, Е.А. Флора особо охраняемой природной территории Ивановской области «Озеро Рябо» / Е.А. Борисова, А.А. Курганов // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: Мат-лы Всерос. (с международн. участием) науч. конф. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. С. 44–46.
3. Курганов, А.А. Флористические наблюдения в Балахнинской низине (Южский район Ивановской области) весной 2010–2012 гг. / А.А. Курганов // Краеведческие записки. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2014. Вып. XV. С. 232–240.

4. Редкие растения: материалы по ведению Красной книги Ивановской области / Е.А. Борисова, М.А. Голубева, А.И. Сорокин, М.П. Шилов. Иваново: ПресСто, 2011. 108 с.

УДК 574.4

**О находках редких видов растений и животных в с. Екатериновка
(Безенчукский район Самарской области)**

в рамках проектов гражданского научного волонтерства

Н. Д. Пуляшкина¹, В. Н. Ильина², Н. Д. Котельникова², Е.С. Рогова³

¹МБОУ школа № 35 г.о. Самара

²Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия

³МБОУ школа № 3 г.о. Самара, Самара, Россия

5iva@mail.ru

Ключевые слова: редкие растения и животные, Самарская область.

Инвентаризация биоты является нелегким делом для исследователей в связи с обширными территориями, требующими обследования, необходимостью многократных выездов и прочими факторами, включая погодные условия и др. Некоторую помощь в поиске мест обитания редких видов растений и животных могут оказать школьники, студенты, взрослое население в ходе участия в разнообразных проектах гражданского научного волонтерства. Особенно интересными находками являются виды, включенные в Красную книгу Самарской области [2, 3].

Территория нашего исследования расположена в Безенчукском районе Самарской области и охватывает с. Екатериновку и прилегающие пространства. Здесь отмечено разнообразие местообитаний – лесные (широколиственные, мелколиственные, хвойные леса), луговые (заливные и суходольные), пашня, сорно-рудеральные, луговые степи, прибрежно-водные и водные экосистемы (см. рисунок).



Рисунок – Озера-старичи в окрестностях с. Екатериновка

Несмотря на освоенность территории, здесь можно встретить виды редких животных и растений. В 2023–2024 гг. нами проведено изучение биоты с использованием геоботанических, флористических, зоологических и экологических методов исследования [1, 4–6]. По возможности находки отмечаются в различных базах – Млекопитающие России, iNaturalist, а также в проектах «Большой год» и других, что пополняет данные о видовом разнообразии и уточняет ареал видов.

Среди редких видов растений нами отмечены:

1. Астрагал бороздчатый – встречается единично, по открытым местам, возможно засоление почв;
2. Боярышник волжский – встречается редко, по берегу реки, выращивается местным населением в культуре;
3. Бубенчик лилиелистный – встречается редко, по дубравам в отсутствии вырубки и рекреации;
4. Вех ядовитый – встречается редко, иногда образует сплавины, может быть в озерах-старицах и в р. Безенчук;
5. Горечавка легочная – встречается спорадически, может образовывать небольшие скопления, очень чувствительна к вытаптыванию при выпасе крупного рогатого скота;
6. Дремлик темно-красный – встречается редко единичными особями в мало трансформированных сообществах;
7. Д. болотный – встречается очень редко единичными особями в мало трансформированных сообществах;
8. Касатик карликовый – встречается очень редко в засушливых местообитаниях;
9. К. сибирский – встречается спорадически в луговых сообществах;
10. Кермек каспийский – встречается группами, иногда численность высокая, может обеспечивать аспект сообщества при цветении, встречается на остепненных лугах, сообщества подвергаются периодическому стравливанию;
11. Ковыль перистый – встречается периодически по выровненным и склоновым сухим местообитаниям;
12. Кувшинка чисто-белая – образует заросли по неглубоким местам водоемов, численность достаточно высокая;
13. Лен многолетний – встречается спорадически в луговых степях;
14. Норичник теневой – встречается редко, обычно единично в дубравах;
15. Подорожник наибольший – встречается редко, обычно небольшими скоплениями в луговых сообществах;
16. Цмин песчаный – встречается редко, обычно небольшими группами на остепненных лугах.

Среди редких видов животных встречены орлан-белохвост, сплюшка, орел-могильник, филин, городская ласточка, большая белая цапля, лебедь-шипун, лунь степной, выдра речная, уж водяной, дозорщик-повелитель, жук-олень, тарантул южнорусский, аполлон. Все виды животных зафиксированы в числе небольшого числа особей, иногда единично.

Сохранность редких видов и мест их обитания может быть обеспечена при регламентации рекреационной и хозяйственной нагрузки, снижении загрязнения воды, почв и воздуха, ликвидации стихийных свалок бытовых отходов.

Список литературы

1. Банников, А.Г. Летняя практика по зоологии позвоночных / А.Г. Банников, А.В. Михеев. М.: Учпедгиз, 1956. 472 с.
2. Красная книга Самарской области. Том I. Редкие виды растений и грибов. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Самара, 2017. 384 с.

3. Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных. Самара: Изд-во Самарской государственной областной академии Наяновой, 2019. 354 с.
4. Плаксина, Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона / Т.И. Плаксина. Самара: Изд-во Самарский университет, 2001. 388 с.
5. Плаксина, Т.И. Анализ флоры / Т.И. Плаксина. Самара: Изд-во «Самарский ун-т», 2004. 152 с.
6. Сосудистые растения Самарской области: Учебное пособие / под ред. А.А. Устиновой, Н.С. Ильиной. Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2007. 400 с.

УДК 577.276

Экологическое состояние атмосферного воздуха города Бишкек (Кыргызстан)

А. Сарыгулова, А. Мурзакамилова, Н. Иманбердиева

Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, Кыргызстан

nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

2112.02029@manas.edu.kg

Ключевые слова: атмосферный воздух, экология, смог, здоровье.

Кыргызстан – горная страна Центральной Азии, которая характеризуется уникальными природными условиями. Природное богатство и уникальные ландшафты привлекают туристов со всего мира, однако экологическая ситуация в стране, особенно в городах, вызывает серьезные опасения. Одной из ключевых проблем является загрязнение атмосферного воздуха, которое негативно сказывается на здоровье населения и состоянии окружающей среды [1].

За последние годы Кыргызстан сталкивается с ухудшением качества воздуха, что обусловлено несколькими факторами. Этот процесс особенно остро ощущается в г. Бишкеке, где концентрация загрязняющих веществ в воздухе превышает безопасные нормы (рисунок 1).



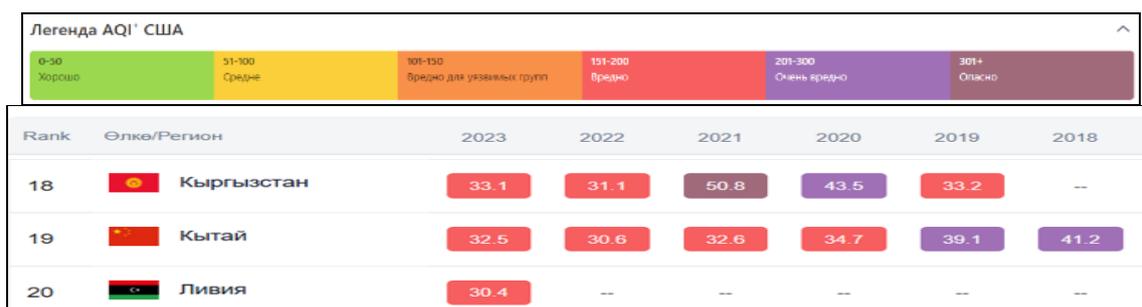
Рисунок 1 – Загрязненный слой атмосферного воздуха над Бишкеком (10.02.2025)

Проблема загрязнения воздушной среды требует комплексного подхода и значительных усилий со стороны государственной власти и общественности.

Загрязнения атмосферного воздуха в Бишкеке в основном связаны с деятельностью человека. Прежде всего, это автотранспорт. По данным Министерства экологии Кыргызстана в 2023 году в столице было зарегистрировано более 500 тысяч транспортных средств [2]. Согласно исследованию IQAir уровень загрязнения в крупных азиатских городах напрямую зависит от плотности автотранспорта [3]. В Бишкеке много частных домов, большая часть которых в зимний период используют уголь, что приводит к выбросам мелкодисперсных частиц PM2.5 и PM10. Также в частных секторах города и на его окраинах регулярно сжигают мусор, что приводит к

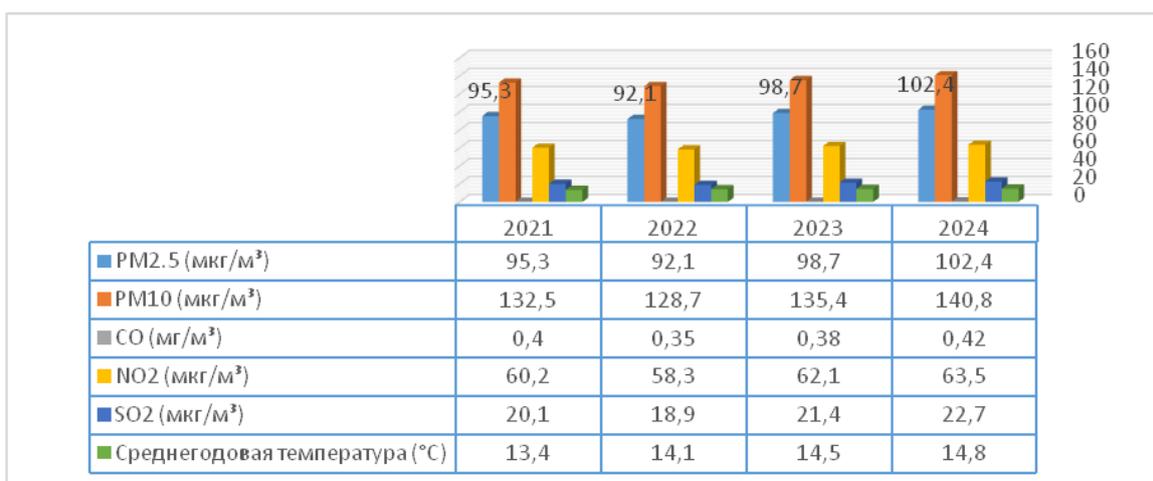
выбросам токсичных веществ. Это особенно опасно, так как при горении пластика образуются канцерогенные соединения. Эти частицы легко проникают в лёгкие и повышают риск респираторных заболеваний [4]. В городе еще работают предприятия, загрязняющие воздух диоксидом серы (SO₂), оксидами азота и угарным газом. Многие из них расположены вблизи жилых районов, что ухудшает экологическую ситуацию [5]. Основные загрязняющие вещества: углекислый газ (CO₂), оксиды азота (NO₂) и твердые частицы. Согласно данным IQAir на протяжении нескольких лет, Бишкек занимает передовые места среди самых загрязненных городов мира. Индекс качества воздуха (AQI) составляет 170 и выше, что соответствует уровню «вредно, очень вредно и опасно».

Анализ данных IQAir и ВОЗ показывает, что с 2021 по 2024 гг. качество воздуха в Бишкеке значительно ухудшилось [6]. В частности, концентрация PM2.5 в 2024 г. достигла 412 мкг/м³, что превышает норму ВОЗ в 56 раз [3]. Особенно опасны высокие уровни PM2.5 и PM10. Эти твёрдые частицы могут иметь разную токсичность, а их химический состав зависит от источника. Воздействие частиц на здоровье зависит от их размера и происхождения. Частицы диаметром 10 микрон и менее (≤ PM10) могут проникать глубоко в лёгкие и оседать в них. Ещё более вредны для здоровья частицы диаметром 2,5 мкм и менее (≤ PM2.5). PM2.5 могут проникать через барьеры в лёгких и попадать в кровеносную систему (рисунок 2). Хроническое воздействие твёрдых частиц очень вредно влияет на здоровье населения и может вызвать ряд неизлечимых заболеваний.



https://24.kg/obschestvo/289901_zagryaznenie_vozduha_poitogam_2023_goda_kyrgyzstan_vdvadtsatke_liderov_reytinga/

a



б

Рисунок 2 – Рейтинг самых загрязненных крупных городов в режиме реального времени (<https://www.iqair.com/kyrgyzstan/bishkek>) (a) и динамика загрязнения воздуха в г. Бишкек с 2021 по 2024 г. (<https://mnr.gov.kg/ru/posts/news/zagryaznenie-vozduha-v-biskeke-cto-pokazyvayut-datsiki>) (б)

Для контроля за качеством воздуха в Кыргызстане используются стационарные и мобильные станции мониторинга в Бишкеке и других городах [5], фиксирующие уровень загрязняющих веществ в реальном времени, и медицинская статистика, анализирующая рост различных заболеваний в зависимости от уровня загрязнения атмосферы. Несмотря на наличие систем мониторинга, данных пока недостаточно для полного контроля над ситуацией. Необходимо устанавливать больше станций измерения и усиливать контроль за выбросами. За последние несколько лет Бишкек стабильно входит в десятку самых загрязненных в мире [2].

Выражаем благодарность научному консультанту доценту отделения биологии Кыргызско-Турецкого университета «Манас», к.б.н. Н.А. Иманбердиевой за поддержку в написании статьи.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Air Quality and Health Report. [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://www.airnow.gov/air-quality-and-your-health-publications/> (Дата обращения: 09.02.2025).
2. IQAir – Глобальная платформа по мониторингу качества воздуха. [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking> (Дата обращения: 09.02.2025).
3. Министерство экологии и природных ресурсов Кыргызской Республики. Официальные публикации и материалы. [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://mnr.gov.kg/ru> (Дата обращения: 10.02.2025).
4. Jha, S.K. Air pollution and health / S.K. Jha. Cambridge: Academic Press, 2010. С.50–65.
5. Rao, C.S. Environmental Pollution and Control / C.S. Rao. New Delhi: New Age International, 2006. С.120-135.
6. Экологическая организация ЭкоКыргызстан. [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://ecostan.kg/ru/vremya-kozhozhasha/819-factcheckkg-kak-minprirody-uluchshilo-kachestvo-vozduha-v-bishkeke-videochek.html> (Дата обращения: 11.02.2025).
7. Environmental monitoring and assessment. [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://link.springer.com/journal/10661> (Дата обращения: 12.02.2025).
8. Atmospheric environment. [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://www.sciencedirect.com/journal/atmospheric-environment> (Дата обращения: 13.02.2025).

УДК 58.032

Флора реки Каралык (Самарская область)

Т. В. Севастьянова, В. В. Соловьева

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

Ключевые слова: река, русло, водоток, прибрежно-водные растения, водная флора, околородные растения, виды растений.

Растительный компонент является важным биотическим фактором в процессах самоочищения водных экосистем. Известно, что от фильтрационной активности водных растений зависят процессы выноса вещества на берег и в сопредельные водоемы, перемешивание воды и прозрачность. Поскольку почти вся водная биота участвует в формировании качества воды, в самоочищении водных экосистем, либо в регуляции этих процессов, то необходимо сохранять ее разнообразие. В связи с этим важен флористический мониторинг речных экосистем.

Река Каралык – правый приток реки Большой Иргиз. Верховье реки находится в пределах возвышенности Общий Сырт. Общая протяженность реки 84 км, ее устье располагается в 567 км от устья реки Большой Иргиз. Территория района сложена преимущественно юрскими глауконитовыми песками, глинами, песчаниками. Рельеф

увалистый с интенсивным эрозионным расчленением. В почвенном покрове преобладают черноземы южные. Естественная растительность представлена типчаково-ковыльными степями. Исток реки, расположенный близ села Кумраси Больше-Черниговского района, имеет характер древней балки с крутыми склонами и широким днищем. По днищу проходит вторичный размыв. Выходы грунтовых вод отмечены на расстоянии 300 м от вершины балки. Родник расположен в средней части обрывистого правого склона [1]. Его окружают заросли *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud., встречаются пятна *Tussilago farfara* L., *Lythrum salicaria* L., *Artemisia procera* L., *Equisetum arvense* L. В верхней части склон обрывистый, характерны опушки и осыпи. Задернелые поверхности заняты полынно-прутьяково-ковыльными сообществами, входящими в состав структурного элемента «Ковыльные и другие степи в сопровождении степных кустарников эрозионно-аккумулятивных склонов древних балок» и «Несформировавшиеся травянистые группировки на эрозионно-аккумулятивных склонах древних балок». Многочисленные промоины, расположенные на склоне, заняты зарослями *Artemisia procera* L. Задернению склона препятствует чрезмерный выпас скота.

Левый склон долины задерненный, характеризуется наличием структурного элемента «Вейниковые, костровые, пырейные и другие сообщества, образующие задернение на молодых овражных склонах». Здесь представлена разнотравно-вейниковая ассоциация.

Русло имеет незначительную глубину и непостоянный водоток, в летний период оно в отдельных участках пересыхает, поэтому вдоль всего русла встречаются земляные плотины, задерживающие паводковый сток. Вдоль русла произрастают ивняки, достигающие высоты до 15–17 метров. Под пологом ив обильна *Urtica dioica* L. В долине реки значительную площадь занимает пояс байрачных кустарников. В его составе преобладают *Rhamnus cathartica* L. и *Viburnum opulus* L. Характерна небольшая примесь таких древесных растений как *Ulmus laevis* Pall., *Rosa majalis* Herrm., *Salix cinerea* L. Сильная загущенность кустарникового яруса, обилие *Humulus lupulus* L., препятствуют развитию травяного покрова. Лугово-лесное разнотравье в виде узкого пояса окаймляет кустарниковые заросли с периферии. В его составе произрастают *Sagvisorba officinalis* L., *Convallaria majalis* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Geum urbanum* L., *Fragaria viridis* L., *Vicia sepium* L. и другие. На пониженных участках долины и у подножия склонов широкое распространение имеют заросли *Artemisia procera* L. Она образует первый ярус, во втором преобладает *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, остальные виды имеют незначительное обилие.

При изучении и анализе прибрежно-водной флоры приняты методические подходы В.Г. Папченкова и В.В. Соловьевой [3], т. е. учитывалась не только водная флора (гидрофиты, гелофиты и гигрогелофиты), а флора водотока в целом, с включением в нее околотовных видов растений (гидрофитов, гигромезофитов и мезофитов). В задачу данной работы входила комплексная оценка флоры реки Каралык, т. е. характеристика систематического, экологического и биоморфологического состава. Кроме того, изучалась ресурсная значимость прибрежно-водных растений.

Определение растений проводилось с использованием «Флоры средней полосы Европейской части СССР» [4] и «Определителя растений Среднего Поволжья» [2]. Видовые научные названия растений даны согласно сводке С. К. Черепанова [5].

В результате изучения флоры выявлено 53 вида водных и прибрежно-водных растений, из них гидрофитов 6 видов, гелофитов 8 видов, гигрогелофитов 4 вида, гидрофитов 16 видов, гигромезофитов и мезофитов 21 вид. Виды растений, произрастающие в русле реки Каралык и на побережье представляют 28 родов из 24

семейств. Таксоны принадлежат к классам Liliopsida (11 семейств) и Magnoliopsida (13 семейств). Наибольшее число видов отмечено для семейств Asteraceae, Salicaceae, Fabaceae, Poaceae, Cyperaceae, Lemnaceae, Potamogetonaceae, Polygonaceae, Typhaceae и Lamiaceae, они содержат от 2 до 7 видов, остальные 14 семейств представлены одним видом. Жизненные формы растений изученной флоры представлены 6 видами древесно-кустарниковых растений, 2 – полукустарниками, 7 – видами малолетников и 39 – видами многолетних травянистых растений.

Анализ хозяйственных групп флоры показал, что в ее составе 22 вида растений, имеющих кормовое значение, 19 лекарственных, 11 медоносных растений. Кроме того, отмечены декоративные, жирно- и эфирно-масличные виды растений, мелиоративные, технические, плетеночные, пищевые, пыльценосные и сорные растения. Так, например, на побережье реки широкое распространение и высокое обилие имеют такие лекарственные растения как череда трехраздельная, зюзник европейский, подорожник большой и другие. Ценными медоносами являются виды ив, дербенник иволистный, донник лекарственный, лапчатка гусиная, кульбаба осенняя и другие. Кормовые растения представлены клеверами ползучим, луговым, гибридным, мятликом узколистным, полевицей побегообразующей.

В целом, водная флора (гидрофиты, гелофиты и гигрогелофиты) реки Каралык содержит только 18 видов или 34% от общего видового состава растений. Низкое видовое разнообразие объясняется высокой степенью эрозионных процессов и активными процессами заиления вследствие несоблюдения режима прибрежной водоохранной зоны. Низкая прозрачность воды сдерживает развитие типично водных растений.

Список литературы

1. Бирюкова, Е.Г. Растительный покров речных истоков / Е.Г. Бирюкова // Сложение и динамика растительного покрова. Межвуз. сб. научн. тр. Куйбышев, 1983. С. 41–49.
2. Определитель растений Среднего Поволжья / под ред. П. П. Благовещенского. Л.: Наука, 1984. 392 с.
3. Папченков, В.Г. Флора прудов Среднего Поволжья / В.Г. Папченков, В.В. Соловьева // Самарская лука: Бюллетень. 1993. № 4. С. 172–190.
4. Флора средней полосы Европейской части СССР / под ред. П. Ф. Маевского. Л.: Колос, 1964. 880 с.
5. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. СПб: Мир и семья–95, 1995. 990 с.

УДК 598.28/29

Стадии постювенальной и послебрачной линьки у камышовой овсянки *Schoeniclus schoeniclus* и пеночки-веснички *Phylloscopus trochilus* на острове Варлама (Мурманская область)

*Е. А. Слесарева*¹, *Е. Ю. Мельников*¹, *Д. С. Смолякова*,¹ *Н. В. Поликарпова*²

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

² Государственный заповедник «Пасвик», Раякоски, Россия
sl36lis937@gmail.com

Ключевые слова: заповедник «Пасвик», остров Варлама, линька птиц, годовой цикл.

Одной из наиболее северных точек по кольцеванию птиц является заповедник «Пасвик» в Мурманской области на границе России, Норвегии и Финляндии. Полевой

стационар «Остров Варлама» (N 69°08' E 29°15') находится в южной части ООПТ. Благодаря расположению в долине реки Паз данное место ежегодно является участком с высокой концентрацией птиц в период миграций.

Прижизненное обследование пойманных особей позволяет не только определить видовую и половозрастную принадлежность, но и установить фазу годового цикла, в которой находится отловленная птица [2]. Эти данные помогают выявить особенности смежных с линькой процессов – гнездования и миграций, что в настоящее время особенно актуально для птиц Крайнего Севера. В данной работе мы рассмотрим некоторые адаптации в жизненном цикле у массовых видов заповедника.

Сбор материала проводился с 2023 по 2024 года с последней пентады июля по первую пентаду сентября. Отловы осуществлялись с помощью шести паутинных сетей, которые размещались в постоянных местах на острове. Сети работали с 5:00 утра до 17:00 дня в зависимости от интенсивности пролета. Мы проводили оценку состояния оперения с определением стадии постювенальной и послебрачной линьки по стандартной методике [1]. Для анализа были выбраны два массовых вида пеночка-весничка *Phylloscopus trochilus* – дальний трансконтинентальный мигрант и камышовая овсянка *Schoeniclus schoeniclus* – ближний мигрант.

Пеночка-весничка – это самый многочисленный вид в отловах (52,1% от всех окольцованных птиц). Прижизненное обследование молодых весничек (n=915) показало, что особи активно меняют оперение в начале августа, а улетают в первую пятидневку сентября на 5-6 стадиях и долинивают уже в процессе миграции (см. рисунок). Для популяций, обитающих в северных зонах ареала, характерны некоторые особенности годовых циклов [3]. Например, сокращение и совмещение периодов окончания дорастания птенцового оперения и начала линьки у молодых птиц, что объясняет единичные отловы особей на 1 стадии постювенальной линьки, которая начинается ещё в гнезде. Большая протяженность миграционного пути весничек и короткий гнездовой период создают дефицит времени для замены оперения, поэтому мы наблюдаем сжатие сроков линьки, по сравнению с данными по более южным популяциям на 2-3 пентады [4]. Это заметно как у взрослых, так и у молодых особей. По данным Ладужской орнитологической станции (N 60°41' E 32°57') наиболее интенсивная линька молодых пеночек-весничек (3-4 стадии) приходится на последнюю декаду июля и завершается к началу сентября.

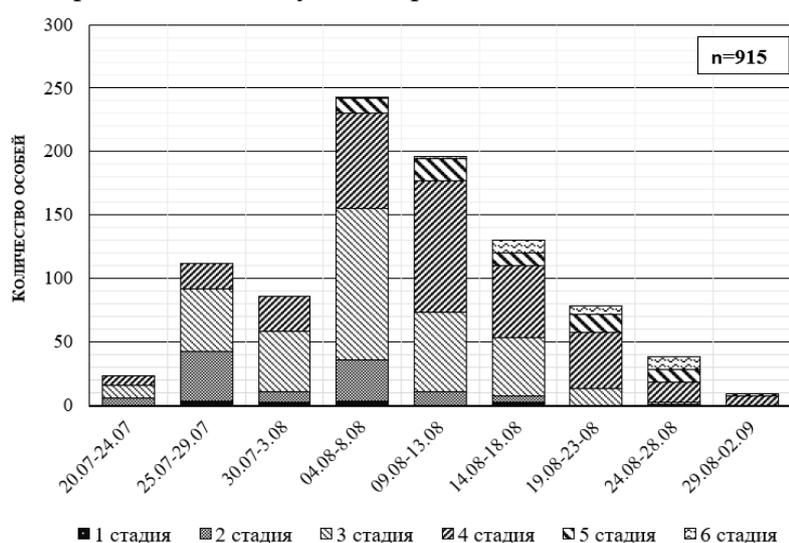


Рисунок – Распределение стадий линьки молодых пеночек-весничек *Phylloscopus trochilus* по пентадам

Для камышовых овсянок характерно более растянутое протекание годового цикла. Они являются семеноядными ближними мигрантами, которые задерживаются на острове дольше, чем пеночки-веснички. Среди молодых овсянок (n=105) наблюдается сильный разброс стадий на протяжении всего сезона работ. В две первые пентады встречаются особи на первых стадиях (с 1 по 4). В конце июля – начале августа отмечается заметное снижение численности молодых птиц. Новый пик встречаемости наступает во вторую пентаду августа. Линька продолжается вплоть до начала сентября, когда появляются особи на последней 8 стадии. За два года подробного описания оперения было обследовано всего восемь взрослых птиц на разных стадиях послебрачной линьки, также 5 августа был пойман самец, ещё не приступивший к смене оперения, когда другие взрослые особи, отловленные в это время находились уже на VII и IX стадиях.

Таким образом, мы можем отметить тенденцию северных видов к более сжатым срокам линьки и совмещению последних стадий с миграцией. Наиболее ярко это выражено у дальних мигрантов, при этом виды, зимующие не так далеко, имеют более растянутые сроки смены оперения.

Список литературы

1. Линька воробьиных птиц Северо-Запада СССР / Т.А. Рымкевич [и др.]. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1990. С. 304.
2. Миграции птиц Северо-Запада России. Воробьиные / под ред. Г.А. Носкова, Т.А. Рымкевич, А.Р. Гагинской. СПб: Реноме, 2020. С. 532.
3. Адаптивные особенности годовых циклов воробьиных птиц в северных зонах ареала / В.Б. Зимин [и др.] // Изучение птиц СССР, их охрана и рациональное использование. Л., 1986. С. 242–243.
4. Лапшин, Н.В. Соотношение циклов размножения и линьки у пеночек *Phylloscopus* в Карелии / Н.В. Лапшин // Рус. орнитол. журн. 2005. Т. 14, № 283. С. 272–279.
5. Рыжановский, В.Н. Экология и годовые циклы овсянковых (*Emberizidae, Aves*) Северо-Западной Сибири как отражение адаптаций к условиям Субарктики и Арктики / В.Н. Рыжановский // Зоол. журн. 2023. Т. 102, № 10. С. 1139–1151.

УДК 577.344

Термочувствительная система доставки лекарств на основе золотых наностержней, покрытых полрой оболочкой из диоксида кремния *А. В. Симоненко^{1,2}, Д. В. Манушина³, М. А. Маринина³, Ю. П. Федоненко^{1,2}, В. А. Ханадеев^{2,3}*

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

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

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

av_simonenko@mail.ru

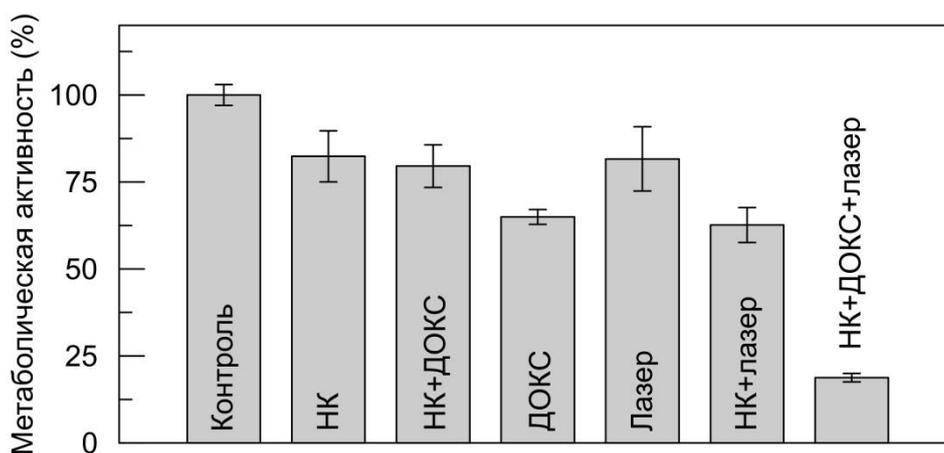
Ключевые слова: золотые наностержни, диоксид кремния, доксорубин, система доставки.

В настоящее время разработка различных систем для доставки лекарств является перспективным и динамично развивающимся направлением в биомедицине. Задача состоит в создании носителей, способных доставлять лекарства, минимизируя побочные эффекты, характерные для традиционных методов лечения. В качестве таких систем используются различные материалы: липосомы, белковые носители, мицеллы,

органические и неорганические частицы [1]. Развитие технологий привело к созданию сложных многокомпонентных нанокомпозитов, которые состоят из резервуара для лекарства и защитного слоя. Важно, чтобы лекарство оставалось внутри носителя до достижения места назначения и активации механизма высвобождения. Среди многочисленных стимулов, которые индуцируют выход лекарства, лазерное облучение является наиболее привлекательным и благоприятным способом. Обычно в контролируемых системах доставки с использованием лазера используются пористое твердое вещество-носитель, термочувствительный защитный слой и преобразователь, который будет воспринимать излучение и преобразовывать его в сигнал для высвобождения загруженного вещества. В качестве такого преобразователя могут выступать золотые наночастицы, которые обладают плазмонным резонансом. Они способны воспринимать лазерное облучение на длине волны резонанса и преобразовывать его в тепло. Такая локальная гипертермия может способствовать как выходу лекарства, так и оказывать фототермическое воздействие на клетки. В данной работе исследовали нанокомпозиты на основе золотых наностержней, покрытых поллой оболочкой из диоксида кремния для доставки лекарств.

Нанокомпозиты с поллой оболочкой были получены как описано в статье [2]. В качестве ядер использовали золотые наностержни, которые были синтезированы на основе зародышей в среде двух поверхностно-активных веществ: цетилтриметиламмония бромид и олеата натрия [3]. В полученные нанокомпозиты загружали доксорубин, а затем покрывали термочувствительным молекулярным «затвором» тетрадеканолом [4]. Для активации выхода лекарства использовали лазер с плотностью мощности 60 мВт/см^2 в течение 10 мин. Клеточные эксперименты проводили *in vitro* с использованием опухолевых клеток HeLa.

В ходе работы было обнаружено, что незагруженные нанокомпозиты (НК) и нанокомпозиты, содержащие доксорубин в концентрации 10 мкг/мл (НК+ДОКС) не проявляли токсического эффекта, и метаболическая активность клеток при их воздействии составляла $82,4 \pm 7,3$ и $79,6 \pm 6,1\%$, соответственно (см. рисунок).



Контроль – клетки без воздействия; НК – клетки с незагруженными нанокомпозитами; НК+ДОКС – клетки с нанокомпозитами, загруженными доксорубицином; ДОКС – клетки с доксорубицином в свободной форме; Лазер – клетки, облученные лазером; НК+лазер – клетки с незагруженными нанокомпозитами, облученные лазером; НК+ДОКС+лазер – клетки с нанокомпозитами, загруженными доксорубицином и облученные лазером

Рисунок – Оценка лекарственного и фототермического воздействия с использованием нанокомпозитов, загруженных доксорубицином, на опухолевой клеточной линии HeLa

Однако в случае воздействия на клетки лекарства в свободной форме с концентрацией 10 мкг/мл (ДОКС) метаболическая активность снижалась до $65,0 \pm 2,1\%$. При лазерном облучении клеток HeLa без нанокомпозитов с плотностью мощности 60 мВт/см² в течение 10 мин. метаболическая активность составляла $81,6 \pm 9,2\%$. В случае облучения лазером композитов без лекарства происходило фототермическое воздействие на клетки и их метаболическая активность снижалась до $62,6 \pm 5,0\%$. При использовании нанокомпозитов с загруженным доxorубицином в концентрации 10 мкг/мл и лазерным облучением (НК+ДОКС+лазер) метаболическая активность составляла $18,7 \pm 2,2\%$.

Таким образом, до начала воздействия лазера лекарство находится внутри композитов и не оказывает выраженного воздействия на клетки. После облучения лазером нанокомпозитов с доxorубицином происходит выход загруженного лекарства, и наблюдается синергетический эффект от лекарственного и фототермического воздействия.

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

Список литературы

1. Reversal of multidrug resistance phenotype in human breast cancer cells using doxorubicin-liposome-microbubble complexes assisted by ultrasound / Z. Deng [et al.] // J. Control. Release. 2014. Vol. 174. P. 109–116.
2. Simonenko, A.V. Nanocomposites based on gold nanostars with a hollow silica shell for controlled-release drug delivery / A.V. Simonenko, A.M. Burov, V.A. Khanadeev // J. of Biomedical Photonics & Eng. 2024. Vol. 10, № 4. 040314.
3. Using binary surfactant mixtures to simultaneously improve the dimensional tunability and monodispersity in the seeded growth of gold nanorods / X. Ye [et al.] // Nano Lett. 2013. Vol. 13. P. 765–771.
4. Rattle-type gold nanorods/porous-SiO₂ nanocomposites as near-infrared light-activated drug delivery systems for cancer combined chemo-photothermal therapy/ X. Yu [et al.] // Mol. Pharm. 2019. Vol.16, № 5. P. 1929–1938.

УДК 598.288

Итоги исследований осеннего пролёта птиц семейства дроздовые (Turdidae) в долине реки Паз на территории заповедника «Пасвик»

Д. С. Смолякова¹, Е. Ю. Мельников¹, Е. А. Слесарева¹, Н. В. Поликарпова²

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

²Государственный природный заповедник «Пасвик», Мурманская обл., Россия
smolakovadasha@yandex.ru

Ключевые слова: заповедник «Пасвик», остров Варлама, дроздовые, осенняя миграция.

Птицы семейства Дроздовые выделяются своими уникальными миграционными особенностями и привлекают особое внимание исследователей. Большинство из них мигрируют ночью, поэтому их называют ночными мигрантами. В России встречается более 50 видов дроздовых, из которых 35 видов известно для Европейской части, а 27 гнездятся [1]. Один из методов их изучения – отлов с индивидуальным мечением, позволяющий изучать маршруты, остановки и время пролёта.

В Заполярье исследование миграционных процессов птиц проводится лишь в нескольких точках. В заповеднике «Пасвик» на стационаре «Остров Варлама» (N 69° 08' E 29° 15') уже долгое время изучается осенний пролёт. Уникальность исследований заключается в возможности определять закономерности миграции при особых

условиях окончания полярного дня. В таких регионах ночные перелёты требуют от птиц уникальных приспособлений к длительному световому дню, необычным условиям ориентации и меняющейся окружающей среде, то есть к резким температурным колебаниям, непредсказуемым ветрам и к изменчивости магнитного поля.

Сбор материала вёлся в июле и августе с 2018 по 2024 гг. Для изучения поведения ночных мигрантов отлов начинался с 3:00 утра с использованием паутинных сетей. В августе 2024 г. была внедрена методика круглосуточных отловов для более детального мониторинга пролёта. Для повышения эффективности использовались акустические колонки с записями птичьих голосов [2]. Пойманные птицы метились алюминиевыми кольцами и подвергались прижизненному описанию. Таксономическая классификация видов приводится согласно справочнику «Список птиц Российской Федерации» [3].

За семь лет исследований выявлено семь представителей дроздовых: варакушка (*Luscinia svecica*), обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus*), белобровик (*Turdus iliacus*), певчий дрозд (*Turdus philomelos*), рябинник (*Turdus pilaris*), луговой чекан (*Saxicola rubetra*), синехвостка (*Tarsiger cyanurus*). Последние три вида не учитывались в исследовании ввиду редкости в отловах. Миграционная активность варьировала в зависимости от вида. У варакушки, белобровика и певчего дрозда пик приходился на 4–9 августа, с ростом активности 30 июля – 3 августа и снижением 9–13 августа, причём, за исключением певчего дрозда, после этой пентады встречаемость птиц в отловах вновь возрастала. У горихвостки максимальная активность наблюдалась с 9 по 13 августа (см. рисунок). Достоверность пиков и отличий в количестве пойманных по пентадам птиц подтверждается значениями критерия хи-квадрат: 65,4 ($p < 0,001$), 36,9 ($p < 0,001$), 14,6 ($p = 0,07$), 35,7 ($p < 0,001$) для варакушки, горихвостки, певчего дрозда и белобровика, соответственно.

По сравнению с более южной Ладожской орнитологической станцией (N 60° 41' E 32° 57'), ювенальная миграция дроздовых в заповеднике «Пасвик» происходит в схожие сроки, однако послелиничная миграция у белобровика и горихвостки более сжата [4]. Это объясняется более суровыми климатическими условиями и необходимостью быстрее достигать мест зимовки. Напротив, миграция варакушки проходит в более широких временных рамках, вероятно, из-за гибкости миграционных стратегий этого вида, адаптирующихся к изменениям окружающей среды, доступности кормов и лучшей адаптации к водно-болотным местообитаниям севера.

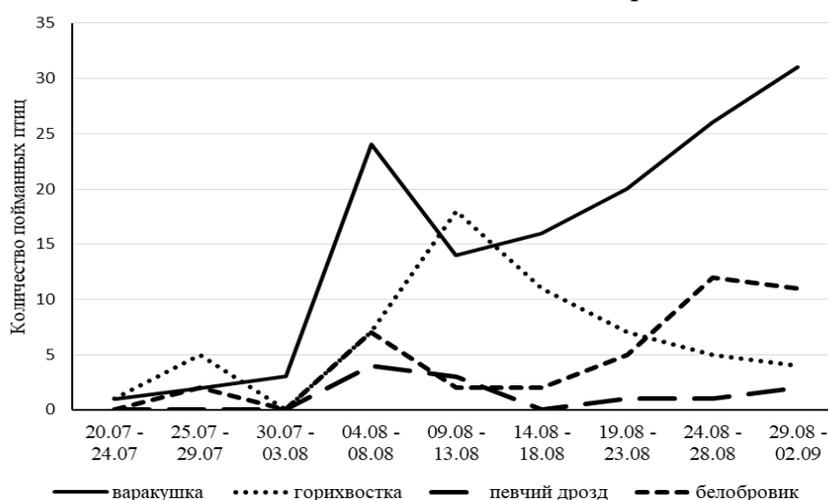


Рисунок – Динамика осенней миграционной активности видов птиц семейства Дроздовые, выраженная в их суммарной встречаемости в отловах по пентадам

В рамках круглосуточных отловов дневной цикл был разбит на отрезки, привязанные к временному периоду относительно восхода солнца. Рассматривались

получасовые интервалы в промежутке между временем более чем за час до рассвета до более трех часов после него. Учитывались птицы, пойманные в каждом временном интервале, и оценивалась корреляция между временем относительно восхода и количеством отловленных особей.

Данные наблюдения позволили установить, что миграционные пики дроздовых, особенно у варакушки и горихвостки, происходят преимущественно в послерассветные часы ($K_s=0,85$ $p<0,05$ и $K_s=0,79$ $p<0,05$ соответственно). В частности, варакушка отлавливалась в количестве одной особи в каждом временном интервале до полутора часов после рассвета, после чего её суммарное количество в отловах увеличивалось до 6 в каждом интервале. У белобровика и певчего дрозда, как у более ранних мигрантов с ночной активностью, пики приходятся за час до рассвета и в полтора часа после (по четыре птицы) с отсутствием выраженной корреляции. Такая динамика связана с отсутствием полной темноты в условиях полярного дня, что нарушает циркадные ритмы птиц и заставляет их адаптироваться к дневной навигации из-за невозможности использовать систему звёздного компаса [5].

Список литературы

1. Рябицев, В.К. Птицы европейской части России: справочник-определитель: в 2 т. Т. 1 / В.К. Рябицев. Москва–Екатеринбург: Кабинетный ученый, 2020. 422 с.
2. Смолякова, Д.С. Весенняя миграция воробьинообразных птиц (Passeriformes) на орнитологическом стационаре «остров Варлама» заповедника Пасвик / Д.С. Смолякова, Е.Ю. Мельников, Н.В. Поликарпова // Научные труды Национального парка «Хвалынский». Сб. науч. статей XI Международной научно-практической конференции, Хвалынский, 17–20 октября 2024 года. Саратов–Хвалынский: ООО «Амирит», 2024. С. 40–46.
3. Коблик, Е.А. Список птиц Российской Федерации / Е.А. Коблик, Я.А. Редькин, В.Ю. Архипов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 256 с.
4. Миграции птиц Северо-Запада России. Воробьиные / Г.А. Носков [и др.]. СПб: ООО «Реноме», 2020. 532 с.
5. Золотарева, А.Д. Астрономическое ориентирование у птиц / А.Д. Золотарева, Н.С. Чернецов // Зоологический журнал, 2021. Т. 100, № 3. С. 333–343.

УДК 597.833(470.44)

Фенология нерестовых миграций бесхвостых амфибий в долине среднего течения р. Медведица (Саратовская область) в 2021–2024 гг.

В. В. Табачишин¹, М. В. Ермохин¹, В. Г. Табачишин²

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

²Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Саратов, Россия
vasya2000.t@yandex.ru

Ключевые слова: бесхвостые амфибии, нерестовые миграции, фенология

Трансформация регионального климата определила существенные изменения эколого-метеорологических условий на территории европейской части России. Наиболее чувствительными к весеннему потеплению считаются низшие позвоночные, в том числе амфибии [1]. В этих условиях наблюдаются временные сдвиги даты окончания зимовки и начала нерестовых миграций. Для анализа количественных параметров этого явления необходимы многолетние мониторинговые наблюдения за трансформацией этой фазы годового цикла бесхвостых амфибий в конкретном регионе [2].

Цель работы – установить закономерности изменения даты начала нерестовых миграций наиболее многочисленных видов бесхвостых амфибий (чесночница Палласа, жерлянка краснобрюхая и лягушка озёрная) в долине среднего течения реки Медведица в 2021 – 2024 гг.

Фенологию нерестового периода изучали у локальных популяций трёх видов бесхвостых амфибий (чесночница Палласа – *Pelobates vespertinus*, жерлянка краснобрюхая – *Bombina bombina* и лягушка озёрная – *Pelophylax ridibundus*) на нерестилищах озера Садок (пойма среднего течения р. Медведицы (Саратовская область, Лысогорский район, окрестности с. Урицкое (51°21'31" с. ш., 44°48'11" в. д.). Учёты амфибий проводили методом линейных заборчиков с ловчими цилиндрами [3, 4], Устанавливали фактические даты прихода первых особей видов на нерестилища в марте – апреле 2021 – 2024 гг. Фенологическая норма рассчитана по датам перехода среднедекадной температуры через специфичное для каждого вида пороговое значение (*P. vespertinus* – +4,5 °С, *B. bombina* – 7,9 °С, *P. ridibundus* – 8,0 °С) по данным архивов погоды по метеостанции Октябрьский Городок для периода с 1991 – 2020 г. (WMO ID 34163; специализированные массивы для климатических исследований ВНИИГМИ-МЦД, <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>).

Календарные даты начала нерестовых миграций были конвертированы в порядковый номер дня в году. Статистическая обработка материала включала расчет медианного значения этого показателя за период исследований, а также за 30 лет, предшествовавших ему (1991 – 2020 гг.). Последний показатель принимали за значение фенологической нормы для каждого вида. Сопоставление медиан проводили с применением критерия Манна – Уитни (*U*). Расчеты проводили в пакете программ PAST 4.09.

Установленные в течение периода исследований даты начала нерестовых миграций трех видов бесхвостых амфибий формировали устойчиво воспроизводимую временную последовательность: *P. vespertinus* – *B. bombina* – *P. ridibundus*. Причем прибытие на нерестилища последних двух видов как в отдельные годы, так и в среднем за период исследований, практически всегда совпадает (таблица), что обусловлено близостью их термобиологических характеристик (биологический ноль).

Следует отметить, что для всех видов амфибий зарегистрировано статистически значимый сдвиг даты начала нерестовых миграций (критерий Манна – Уитни, $P < 0.007$: см. таблицу). Величина этого сдвига составляла от 10 сут. в популяции чесночницы Палласа до 11 и 12 сут. соответственно для озерной лягушки и краснобрюхой жерлянки.

Таблица – Динамика даты начала нерестовых миграций бесхвостых амфибий в долине р. Медведица в 2021–2024 гг. и сопоставление этого показателя (критерий Манна – Уитни, *U*) с фенологической нормой (медиана за 30 лет (1991–2020 гг.), предшествовавших периоду исследований)

Год	Вид		
	<i>P. vespertinus</i>	<i>B. bombina</i>	<i>P. ridibundus</i>
2021	11.04 (101)	16.04 (106)	16.04 (106)
2022	08.04 (98)	13.04 (103)	14.04 (104)
2023	25.03 (84)	11.04 (101)	11.04 (101)
2024	02.04 (93)	05.04 (96)	05.04 (96)
Медиана (2021–2024 гг.)	05.04 (95)	12.04 (102)	13.04 (103)
Фенологическая норма (1991–2020 гг.)	15.04 (105)	24.04 (114)	24.04 (114)
<i>U</i> (<i>P</i>)	9.5 (0.007)	8.5 (0.006)	9.0 (0.006)

Примечание: календарная дата начала нерестовых миграций и их медианные значения конвертированы в порядковый номер дня в году (в скобках).

Полученные закономерности контрастируют с отсутствием значимого тренда в динамике сдвигов в предыдущий период (1991 – 2020 гг.). По результатам регрессионного анализа коэффициенты соответствующих уравнений, аппроксимирующих динамику даты начала нерестовых миграций в этот период, оказались статистически не значимы. При наличии относительно небольших фенологических колебаний внутри этого периода в целом подтверждается факт о формировании наиболее значимых сдвигов до начала глобальной трансформации климата в середине XX в. [5]. Обнаруженное в 2021 – 2024 гг. смещение даты начала нерестовых миграций (10 – 12 сут.: см. таблицу) существенно превосходит установленное ранее для тех же локальных популяций (8 сут./100 лет [5]).

Таким образом, для определения статуса таких масштабных фенологических изменений (локальные временные флуктуации или начало нового долгосрочного тренда), очевидно, что необходимы дальнейшие мониторинговые региональные исследования этого феномена.

Список литературы:

1. Climate change correlates with rapid delays and advancements in reproductive timing in an amphibian community / B.D. Todd [et al.] // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2011. Vol. 278, № 1715. P. 2191–2197.
2. Climate drives anuran breeding phenology in a continental perspective as revealed by citizen-collected data / L.R. Forti [et al.] // *Diversity and Distributions*. 2022. Vol. 28, № 10. P. 2094–2109.
3. Методы количественных учётов и морфологических исследований наземных позвоночных животных: учеб.-метод. пособие для полевой практики по зоологии позвоночных животных и самостоятельной научной работы студентов биологического факультета / А.В. Беляченко [и др.]. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2014. 148 с.
4. Корн, П.С. Прямолинейные заборчики с ловушками / П.С. Корн // *Измерение и мониторинг биологического разнообразия: стандартные методы для земноводных*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2003. С. 117–127.
5. Ермохин, М.В. Фенология начала нерестовых миграций бесхвостых амфибий (*Anura, Amphibia*) в долинах рек Саратовского Правобережья / М.В. Ермохин, В.Г. Табачишин // *Теоретическая и прикладная экология*. 2024. № 1. С. 191–198.

УДК 630*53 (581.52)

Лесные культуры и естественное возобновление сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах Кумертауского буроугольного разреза

А. Р. Тагиров

Уфимский Институт биологии, Уфа, Россия

albertoc22@mail.ru

Ключевые слова: сосна, лесная рекультивация, возобновление, отвалы.

Восстановление лесов путем создания искусственных насаждений – лесных культур, проверенный временем технологический прием. Данный подход, по сравнению с длительным естественным процессом лесовозобновления, позволяет сократить сроки лесовосстановления, обеспечить экологическую, лесоводственную и экономическую эффективность создания лесных насаждений. Лесная рекультивация является одним из перспективных направлений по восстановлению техногенно-нарушенных ландшафтов [1]. Изучение процессов естественного возобновления и разработка рекомендаций по содействию естественному возобновлению позволяет оптимизировать способы лесовосстановления с учетом региональных особенностей [2].

Лесное направление рекультивации на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза направлено на восстановление продуктивного растительного покрова с минимальными затратами на горнотехническую подготовку [3]. Опытно-производственные посадки 1982–1986 гг. на участке лесной рекультивации на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза в целом привели к положительному результату [3, 4].

Следующим этапом исследования особенностей восстановления биологического разнообразия и экологической продуктивности лесной рекультивации на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза является характеристика естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) за счет плодоношения деревьев в лесных культурах 1982–1986 гг. посадки.

Проведенные в 2022–2024 гг. обследования состояния насаждений на промышленных отвалах показали, что за несколько десятилетий на нарушенных землях сформирована лесная экосистема. Насаждения сосны обыкновенной в составе лесных культур по относительному жизненному состоянию относятся к категории «здоровые», вступили в генеративный период и на протяжении последних 15–20 лет ежегодно плодоносят. Успешность семенного возобновления сосны зависит от степени развития травяной растительности – на участках с низкой долей травяной растительности (15%) отмечено наиболее успешное естественное возобновление. В целом плодоношение деревьев сосны обеспечивает возобновление в количестве не менее 5000 шт./га, что является достаточным для формирования полноценных насаждений на отвалах» [5].

Выявлены значительные различия по возрасту (2–13 лет) растений сосны, что является результатом поступления семян на протяжении последних 15 лет. Значительные различия в возрасте растений сосны указывают на многолетний процесс возобновления и постепенное формирование разновозрастных насаждений в будущем.

Возобновление сосны обыкновенной на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза обеспечивает восстановление растительного покрова на отвалах и защиту прилегающих территорий от вторичного загрязнения продуктами водно-ветровой эрозии техногенных ландшафтов.

Работа выполнена с использованием оборудования центра коллективного пользования «Агидель» в рамках плановых исследований по бюджетной теме №123020700152-5 FMRS-2023-0008 «Устойчивость лесообразующих древесных видов и эколого-биологические адаптации с учетом антропогенной трансформации ландшафтно-природных комплексов».

Список литературы

1. Создание лесных культур сосны обыкновенной посевом семян в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова [и др.] // Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической Академии. 2022. № 239. С. 55–75.
2. Луганский, Н.А. Научное обоснование способов возобновления и формирования молодняков на вырубках сосновых лесов Урала / Н.А. Луганский // Свердловск, 1974. 398 с.
3. Лесовосстановление на промышленных отвалах Предуралья и Южного Урала / А.А. Баталов [и др.]. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1989. 140 с.
4. Лесная рекультивация отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза / А.Ю. Кулагин [и др.] // Труды Стерлитамакского филиала АН РБ. 2001. Вып. 1. С. 45.
5. Кулагин, А.Ю. Состояние лесных культур и формирование естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза / А.Ю. Кулагин, А.Р. Тагиров, Л.З. Тельцова // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 1, Т. 49. С. 46–58.

Фитотоксичность воды некоторых участков реки Курдюм

В. В. Такашвили, О. Н. Торгашкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
takais744@gmail.com

Ключевые слова: фитотоксичность, тест-объект, тест-система, ингибирование.

В последнее время наблюдается тенденция увеличения загрязнения рек путем насыщения различными элементами, которые делают воду опасной для использования, нанося ущерб хозяйству и безопасности населения [1]. Выявление негативных воздействий в опережающем режиме до проявления видимых эффектов на представителей биоты возможно при проведении фитотестирования природных вод. Живые организмы, в отличие от приборного анализа, реагируют на весь комплекс негативных факторов и испытывают суммарный эффект их воздействия [2].

Исследования проводили на р. Курдюм в окрестностях с. Латухино Гагаринского р-на: до села – участок 1, в селе – участок 2 и после села, недалеко от Саратовской кольцевой автомобильной дороги – участок 3. Оценка фитотоксичности основывалась на определении параметров прорастания и вегетативного роста двух видов растений (1 тест система – *Lepidium sativum* L. и 2 тест-система – *Raphanus sativus* L.). Фитоэффект определяли по изменению значений тест-параметров: энергии прорастания семян (E), длины корней (Lк) и длины ростков (Lр) в анализируемых пробах в сравнении с холостым опытом [2].

Вода всех исследованных участков имеет нейтральную среду (pH=7). Содержание сульфатов колеблется от 0,85 до 0,95 мг/дм³, нитратов – 0,2–0,3 мг/дм³, нитритов – 0,003–0,007 мг/дм³, хлоридов – 0,1–0,2 мг/дм³, аммонийного азота – 0,2–0,3 мг/дм³ и не превышает предельно допустимых показателей. На всех участках концентрации меди – 0,012–0,016 мг/дм³, железа – 0,2–0,5 мг/дм³, марганца – 0,09–0,16 мг/дм³, никеля – 0,011–0,024 мг/дм³, цинка – 0,011–0,02 мг/дм³ превышает предельно-допустимые показатели. По критерию гидрохимических показателей максимальное загрязнение воды характерно для участков вблизи Саратовской кольцевой автомобильной дороги.

На всех участках обнаружены *Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Lemna minor* L. и *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud., видовое разнообразие и обилие которых возрастают в пределах населенного пункта, что связано с поступлением в воду значительного количества биогенных соединений (БПК₅= 2 ПДК). В пределах села также встречаются *Typha angustifolia* L., *Potamogeton pectinatus* L., *P. crispus* L. и *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. Сходство флоры до населенного пункта и после него невысокое (значение коэффициента Жаккара составило 36%). Вдоль Саратовской кольцевой автомобильной дороги отмечено снижение видового разнообразия (до 5 видов) и обилия. В населенном пункте средние величины обилия каждого вида изменяются в диапазоне от 4 до 6 баллов. Минимальные величины обилия каждого вида зафиксированы на участках вдоль автомобильной дороги и изменяются в диапазоне от 1 до 2.

Степень токсичности тестируемых вод оценивалась по величине коэффициента ингибирования прорастания K_{ing} и индексов ингибирования J прироста проростков. На фоне неравномерного распределения проростков по группам очень четко прослеживается тенденция увеличения количества непроросших семян при возрастании фитотоксичности (см. рисунок). Наибольшее угнетение прорастания семян кресс-салата и редьки посевной характерно для участка 3, расположенного вблизи Саратовской кольцевой автомобильной дороги.

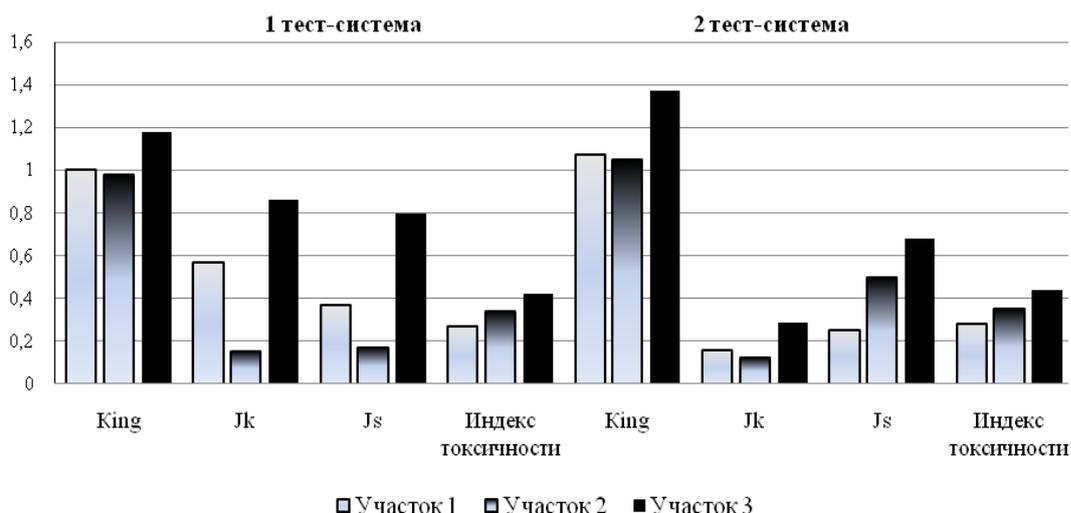


Рисунок – Фитотоксичность тестируемых вод р. Курдюм по двум тест-объектам

При сравнительной оценке морфофизиологических характеристик проростков по индексам ингибирования прироста проростков J (J_k – длина корешка и J_s – длина стебля) установлено, что наибольшее угнетение роста корней и побегов проростков также характерно для участка 3. Максимальное ингибирование длины побегов не превышало 25% за весь период исследования. Ингибирующее влияние оказывает исследованная вода и на рост корня проростка, при этом максимальное количество проростков с длиной главного корня менее контроля характерно для участка 3 во второй тест-системе.

Следовательно, при увеличении коэффициента ингибирования, наблюдается увеличение токсичности воды для растений и повышение уровня деградации водных экосистем [3]. В большей части исследованных проб воды коэффициент ингибирования изменялся в пределах 0,9–1,0, что характерно для слабого загрязнения воды, но в некоторых случаях отмечается повышение коэффициента ингибирования ($King = 1,18$), что соответствует среднему загрязнению и характерно для участка 3. По критерию степени токсичности загрязнения воды исследованные участки реки имеют разную степень токсичности: участки 1 и 2 – малотоксичные, а участок вблизи Саратовской кольцевой автомобильной дороги – умеренно токсичный.

Обнаружено, что семена *Lepidium sativum* являются более чувствительными для оценки токсичности воды, что связано с более высокой степенью их отзывчивости на присутствующие поллютанты и увеличением зависимости после прорастания от присутствующих в аналитическом образце компонентов.

Таким образом, вода р. Курдюм в окрестностях с. Латухино обладает разной степенью токсичности, фитотоксичность возрастает по мере усиления антропогенной нагрузки на неё.

Список литературы:

1. Бухарин, О.В. Биоиндикация экологического состояния рек / О.В. Бухарин, Г.С. Розенберг. М.: Наука, 2007. 403 с.
2. Стандартный алгоритм измерений фитоэффектов: учебное пособие / В.А. Терехова [и др.]. М., 2021. 58 с.
3. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса проростков семян кресс-салата (*Lepidium sativum*) [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/docum ent/437189444> (Дата обращения: 13.05.2023).

**Микробиота растений перца (*Capsicum annuum* L., 1753),
выращенных в условиях Саратовской области**

К. Р. Теккозян, А. М. Петерсон

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

Ключевые слова: *Capsicum annuum*, микробиота, Саратовская область.

Перец стручковый – одно из важнейших культурных растений, широко используемое в пищевой промышленности благодаря своим полезным свойствам и высокой питательной ценности. Саратовская область входит в число лидеров по выращиванию сладкого перца в нашей стране.

Большой ущерб растениям перца наносят фитопатогенные микроорганизмы. По разным данным, потери урожая этой культуры в России достигают 30%. Причём зачастую схожие поражения могут вызывать различные возбудители, и для успешной борьбы с ними нужно иметь чёткое представление об их видовом составе в каждом регионе. Целью данной работы стало изучение микробиоты растений перца (*Capsicum annuum* L., 1753), выращенных в условиях Саратовской области.

Работа проводилась в вегетационные сезоны 2023-2024 годов, в различных районах Саратовской области: Екатериновском, Петровском, Аткарском, Воскресенском, Гагаринском, Балаковском и Энгельском. Всего было исследовано 70 растений перца.

Для выделения эпифитных микроорганизмов использовали метод отпечатка. Для выделения эндофитных микроорганизмов производили посев гомогенизата профламбированных листьев. Для более полного выделения микромицетов проводили культивирование фрагментов листовых пластинок в условиях влажной камеры. Во всех вариантах экспериментов использовали питательные среды PDA и ГРМ-агар. Все посеы инкубировали при температуре 28°C в течение 3-х сут. для выделения бактерий и 5–7 сут. для выявления грибов. После завершения культивирования был проведен количественный учёт выросших колоний и их отсев для дальнейшего изучения. Идентификацию выделенных бактериальных штаммов проводили на основании результатов биохимических анализов при помощи определителя Берджи и сайта ABIS [1, 2]. Идентификацию выделенных грибных изолятов осуществляли на основе анализа культуральных свойств, морфологии мицелия и органов спороношения на различных стадиях развития при помощи определителей грибов Д. Саттона, Ф. Б. Ганнибала, Е. Ю. Благовещенской [3-5].

В ходе исследования было выделено 45 бактериальных штаммов и 40 грибных, которые были отнесены к 13 видам бактерий (*Bacillus pumilus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. farraginis*, *B. circulans*, *B. subtilis*, *B. halodurans*, *B. cereus*, *B. coagulans*, *Virgibacillus pantothenicus*, *Paenibacillus polymyxa*, *P. thiaminolyticus*, *Pseudomonas acidovorans*) и 13 видам грибов (*Alternaria alternata*, *A. solani*, *Aspergillus flavus*, *A. flavipes*, *A. niger*, *Penicillium janthinellum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium dimerum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *Mucor ramosissimus*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *Ulocladium chartarum*).

Исследования бактериальной микробиоты, выявило полное доминирование представителей семейства Bacillaceae как на поверхности, так и во внутренних тканях растений (см. таблицу). Анализ показал, что наиболее распространенным видом был *B. cereus*, обнаруженный в 70% образцов с поверхности растений, где его количественные показатели варьировали в пределах 10-10² КОЕ/см². Наибольшую

встречаемость во внутренних тканях имели *B. simplex* (22%), *B. subtilis* (17%) и *B. amyloliquefaciens* (15%), количественное содержание которых варьировало в пределах 10-10³ КОЕ/г.

Таблица – Встречаемость микроорганизмов различных семейств на поверхности и во внутренних тканях растений перца

Семейство	Индекс встречаемости, %	
	на поверхности растений	во внутренних тканях растения
Бактерии		
Bacillaceae	100	100
Paenibacillaceae	8	18
Pseudomonadaceae	10	0
Грибы		
Pleosporaceae	55	13
Aspergillaceae	58	20
Herpotrichiellaceae	5	3
Nectriaceae	43	8
Hydroceaceae	5	0
Mucoraceae	3	0
Rhizopodaceae	70	20

При анализе микокомплекса перца было выявлено существенное преобладание представителей семейств Rhizopodaceae, Aspergillaceae и Pleosporaceae. На поверхности растений наблюдалось большее разнообразие грибов по сравнению с внутренними тканями. Более детальный анализ микокомплекса выявил доминирование вида *R. stolonifer*, встречаемость которого составила 70% на поверхности растений и 20% во внутренних тканях, а количественное содержание варьировало в пределах 10-10³ КОЕ/см². Другими распространенными видами грибов как на поверхности, так и во внутренних тканях растений оказались *A. solani*, *A. niger* и *F. oxysporum*, что объясняется их широким распространением на территории России и высокой адаптацией к условиям окружающей среды.

Список литературы

5. Определитель бактерий Берджи: в 2 т. / Дж. Хоулт [и др.]. М.: Мир, 1997. 800 с.
6. ABIS on line – Bacterial identification [Электронный ресурс] :https://www.tgw1916.net/bacteria_logare_desktop.html (Дата обращения: 20.11.2024).
7. Саттон, Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. М.: Мир, 2001. 486 с.
8. Ганнибал, Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria* / Ф.Б. Ганнибал. СПб: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2011. 70 с.
9. Благовещенская, Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель / Е.Ю. Благовещенская. М.: ЛЕНАНД, 2015. 240 с.

**Влияние спермидина на индуцированное генотоксикантами повреждение ДНК
и окислительный стресс в клетках *Escherichia coli***

Е. В. Трофименцева^{1,2}, *С. В. Смирнова*¹, *С. К. Абилов*^{1,2}

¹ Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
etrofimentseva@mail.ru

Ключевые слова: спермидин, генотоксикант, антиоксидант, lux-биосенсор, *Escherichia coli*.

Спермидин – природный полиамин, обнаруженный у большого ряда организмов от вирусов до высших растений, участвующий в жизненно важных клеточных процессах, таких как поддержание клеточного гомеостаза, аутофагия и антиоксидантная защита. Спермидин способен к самосборке в агрегаты, которые взаимодействуют с геномной ДНК и защищают ее от деградации, однако защитный механизм остается неизвестным [1].

Целью данного исследования являлось изучение механизма воздействия спермидина на индуцированный генотоксикантами SOS-ответ и окислительный стресс в клетках люминесцентных биосенсорных штаммов *Escherichia coli* K12 MG1655 (pColD-lux), MG1655 (pSoxS-lux) и MG1655 (pKatG-lux). Данные штаммы содержат гибридную плазмиду, несущую luxCDABE оперон фотобактерии *Photobacterium luminescens*, поставленный под контроль промотора генов колицина *cda* (colD), супероксиддисмутазы *soxS* и каталазы *katG*, что позволяет по люминесценции штаммов судить об активации SOS-системы репарации, накоплении супероксид-анионов и пероксидов в клетке в ответ на воздействие химических агентов [2]. При этом индукция люминесценции штамма (pColD-lux) свидетельствует о наличии серьезных и стойких повреждений ДНК, с которыми системы репарации клетки уже не способны справиться [3]. В качестве индукторов ответа биосенсоров использовались генотоксиканты с различным механизмом ДНК-повреждающего действия: фурацилин, диоксидин, паракват, перекись водорода и 4-нитрохинолин-1-оксид (4НХО). Величину протекторного эффекта оценивали по отношению индуцированного генотоксикантом уровня люминесценции клеток биосенсора, обработанных спермидином, к уровню люминесценции без него.

Спермидин показал антигенотоксическое действие в отношении используемых в данной работе генотоксикантов, снижая уровень повреждения ДНК, регистрируемый по люминесценции биосенсора (pColD-lux). Наибольшая эффективность спермидина зафиксирована при индукции перекисью водорода (0,75 моль/л) ДНК-повреждающего действия; протекторный эффект составил 40%. На штамме (pKatG-lux) обнаружено уменьшение накопления пероксидов в клетке под воздействием перекиси водорода, спермидин снижал уровень люминесценции на 18%. Уменьшение ДНК-повреждающего действия параквата (0,0004 моль/л) в клетках штамма (pColD-lux) составило 26%. Спермидин при воздействии параквата также снижал уровень накопления супероксид-анионов в клетках *E. coli* (протекторный эффект равен 15%). Для диоксидина (0,0005 моль/л) было зарегистрировано снижение уровня индуцированной люминесценции биосенсора (pColD-lux) на 23%. Спермидин уменьшал экспрессию генов каталазы и супероксиддисмутазы, вызванную действием диоксидина, на 28 и 18%, соответственно (см. рисунок).

Наименьшую эффективность спермидин показал в отношении аддуктообразователей фурацилина и 4НХО. Протекторный эффект от ДНК-повреждающего действия фурацилина (0,025 моль/л) составил 9%, снижая уровень пероксидов и супероксид-анионов на 37 и 30%, соответственно (см. рисунок). В

отношении 4НХО (0,0008 моль/л) наблюдалось снижение спермидином уровня индуцированной генотоксикантом люминесценции на 12%.

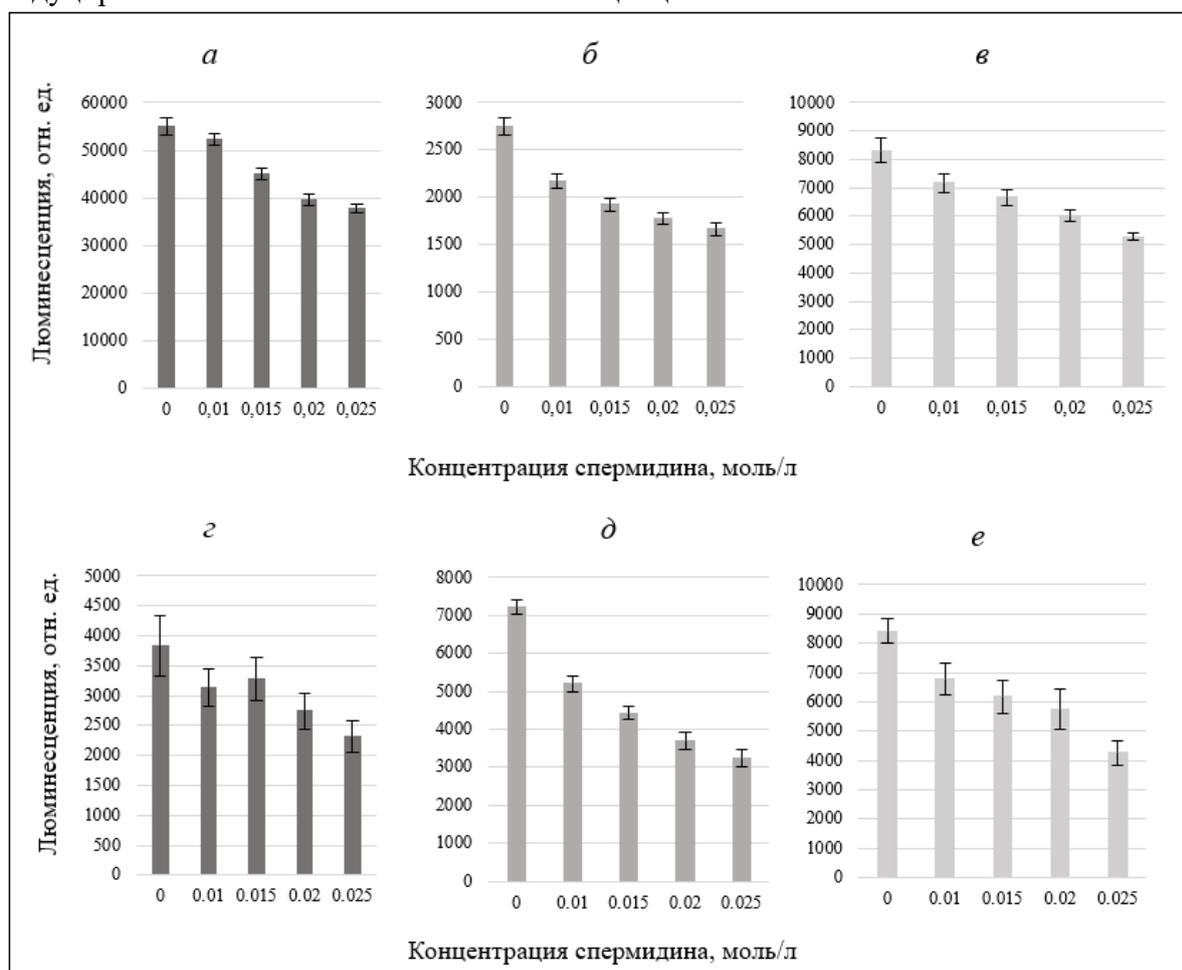


Рисунок – Снижение индуцированной диоксидином 0,0005 моль/л (а, б, в) и фурацилином 0,025 моль/л (г, д, е) люминесценции сенсорных штаммов *E. coli* K12 MG1655 (pColD-lux) (а,г), (pKatG-lux) (б, д) и (pSoxS-lux) (в,е) в ответ на действие спермидина в различных концентрациях

Таким образом, было выявлено, что спермидин обладает протекторным эффектом по отношению к действию генотоксикантов, вызывающих различные повреждения ДНК. Наибольший эффект препарата зарегистрирован при обработке клеток биосенсоров агентами, индуцирующими окислительный стресс, что подтверждает антиоксидантные свойства спермидина и его способность защищать ДНК от односторонних разрывов, вызванных повреждением свободными радикалами внутриклеточных структур. Полученные результаты можно использовать в дальнейшем для более детального понимания защитных механизмов клетки от ДНК-тропных агентов.

Список литературы

1. Pillai, S.P. Polyamines and their potential to be antimutagens / S.P. Pillai, D.M. Shankel // Mutation Research. Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. 1997. Vol. 377, №. 2. P. 217–224.
2. Котова, В.Ю. Лух-биосенсоры для детекции SOS-ответа, теплового шока и окислительного стресса / В.Ю. Котова, И.В. Манухов, Г.Б. Завильгельский // Биотехнология. 2009. № 6. С. 16–25.
3. Завильгельский, Г.Б. Сенсорные биолюминесцентные системы на основе lux-оперонов для детекции токсичных веществ / Г. Б. Завильгельский, В.Ю. Котова, И.В. Манухов // Химическая физика. 2012. Т. 31, № 10. С. 15.

**Метод для мониторинга активности мозга в реальном времени
у свободно движущихся мышей во время бодрствования и естественного сна**

М. А. Тужилкин, И. А. Блохина, О. В. Семячкина-Глушковская

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

Ключевые слова: сон, мониторинг активности мозга, свободно движущиеся мыши, бета-амилоид, дренаж мозга.

Сон является важнейшим физиологическим процессом, необходимым для поддержания здоровья и нормального функционирования мозга. Однако механизмы, лежащие в основе восстановительных функций сна, до сих пор остаются малоизученными. Одной из основных проблем является отсутствие эффективных методов для мониторинга активности мозга в реальном времени у животных во время естественного сна. Большинство существующих методов требуют фиксации головы животного, что вызывает стресс и нарушает естественные процессы сна. Это ограничивает возможность изучения восстановительных механизмов сна и их связи с нейродегенеративными заболеваниями, такими как болезнь Альцгеймера [1].

Современные исследования показывают, что нарушения сна являются маркером развития многих заболеваний мозга, включая деменцию и болезнь Альцгеймера. Например, хронический недостаток сна приводит к накоплению бета-амилоида в тканях мозга, что является одним из ключевых факторов развития нейродегенеративных процессов [2, 3]. Разработка методов для мониторинга сценариев спящего мозга в реальном времени позволит лучше понять механизмы очищения мозга от токсичных метаболитов и разработать новые терапевтические подходы для лечения заболеваний, связанных с нарушениями сна [4].

В основе исследования лежит гипотеза о том, что сон активизирует процессы дренажа мозга, способствуя удалению токсичных веществ, таких как бета-амилоид, через периваскулярные пространства. Ранее было показано, что глубокий сон сопровождается увеличением размеров периваскулярных пространств, что облегчает удаление бета-амилоида из тканей мозга [1]. Однако эти исследования проводились на животных под анестезией, что не позволяет полностью воспроизвести естественные условия сна. В наших работах также подчеркивается важность изучения лимфатической системы мозга во время сна и её роли в удалении токсичных метаболитов [4].

В данной работе был разработан уникальный метод для мониторинга активности мозга в реальном времени у свободно движущихся мышей во время естественного сна. Метод включает использование головной пластины, которая фиксируется на черепе мыши и позволяет одновременно проводить оптический мониторинг мозга и запись электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Для минимизации стресса у животных был создан специальный матрас, который мыши могут перемещать для выбора наиболее комфортного положения тела во сне. Также была разработана система подачи воды через гибкий лик-порт, что позволяет во избежание дегидратации поить животных во время длительных экспериментов [5].

Предложен новый метод фиксации головы мыши под микроскопом с использованием специальной головной пластины, что позволяет проводить длительные исследования активности мозга в реальном времени без значительного стресса для животных. Ключевой идеей разработанной нами методики является минимизация стресса во время проведения эксперимента, требующего фиксации головы животного

во время нейровизуализации, что возможно после длительного (не менее трех месяцев) приручения животного спать в экспериментальной установке. После периода тренировки 47% мышей (14 из 30) смогли демонстрировать фазы медленного (NREM) и быстрого (REM) сна под микроскопом, что подтверждает эффективность предложенного метода для изучения естественного сна. Использование индивидуального матраса и большой клетки с сохранением запахов мыши позволило создать условия, близкие к естественным, что минимизировало стресс и способствовало нормальному сну [5].

Разработанный метод позволяет проводить длительные исследования активности мозга в реальном времени у свободно движущихся мышей во время естественного сна. Это открывает новые возможности для изучения восстановительных механизмов сна и разработки терапевтических подходов для лечения заболеваний, связанных с нарушениями сна.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 24-75-10047).

Список литературы

1. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain / L. Xie [et al.] // *Science*. 2013. Vol. 342. P. 373–377.
2. Association of sleep duration in middle and old age with incidence of dementia / S. Sabia [et al.] // *Nature Communications*. 2021. Vol. 12. P. 2289.
3. Effect of 1 night of total sleep deprivation on cerebrospinal fluid β -amyloid 42 in healthy middle-aged men / S. Ooms [et al.] // *JAMA Neurology*. 2014. Vol. 71. P. 971–977.
4. Brain Waste Removal System and Sleep: Photobiomodulation as an Innovative Strategy for Night Therapy of Brain Diseases / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24. P. 3221.
5. Miniaturized head-mounted microscope for whole-cortex mesoscale imaging in freely behaving mice / M.L. Rynes [et al.] // *Nature Methods*. 2021. Vol. 18. P. 417–425.

УДК 581.1+633.111.1+631.524.85

Влияние осмотического стресса на рост корневой системы проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы

А. Ханьева, Ю. А. Костикова, В. В. Коробко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
arzuvhanyeva007@gmail.com

Ключевые слова: интрогрессивные линии, мягкая пшеница, морфогенез проростков.

Селекция, связанная с внесением в геном мягкой пшеницы генетического материала других родственных видов, направленная на усиление некоторых хозяйственно-ценных признаков или приобретения новых, может привести к изменению способности растения переживать неблагоприятные условия [1-2]. Поэтому, изучение устойчивости растений, полученных в результате интрогрессивной селекции, к действию различных факторов является важным этапом селекционной работы [1-3].

Исследования были проведены в 2024–2025 гг. на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского. Объектами исследования служили проростки интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы: L657, L664, L971, L995/1 и L1110, а также сорт Саратовская 76 в качестве стандарта. Объекты

исследования предоставлены сотрудниками лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока». Характеристика чужеродного материала в структуре генома линий приведена в таблице [4].

Таблица – Характеристика чужеродного генетического материала в структуре генома линий яровой мягкой пшеницы

Линия	Характеристика чужеродного генетического материала
L657	6A ^{dic} (6D)
L664	2A ^{dic} (2A) или T2AS.2A ^{dic} L; 2S(2D); T7DS.7DL-7Ae#1L
L971	2A ^t (2A); 2G(2B) или T2BS.2GL; 6G(6B); T7DS.7DL-7Ae#1L
L995/1	T2A.2A ^t ; 2G(2B) или T2BS.2GL
L1110	T2A.2A ^t ; 2G(2B) или T2BS.2GL; T7DS.7DL-7Ae#1L

Для изучения влияния осмотического стресса на рост и развитие проростков культивирование объектов проводили в растворе ПЭГ 6000 в концентрации, соответствующей осмотическому давлению 5 атм. В качестве оценочной функции использовали показатель корнеобеспеченности семидневных проростков [2, 5]. Культивирование опытных и контрольных проростков проводилось в климатостате при температуре +19±1°C.

Значение показателя корнеобеспеченности у проростков сорта-стандарта в контрольном варианте эксперимента, т. е. при культивировании на дистиллированной воде, составило 1 отн.ед. Минимальным показателем корнеобеспеченности в контроле (0,2 отн.ед.) характеризуются проростки линии L 995/1, тогда как значение анализируемого показателя семидневных проростков линий L 657, L664 и L971 на 20–40% ниже аналогичного показателя проростков сорта Саратовская 76 (1,0 отн.ед), а линии L1110 – превышает это значение на 20%.

Значение корнеобеспеченности проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы в условиях осмотического стресса варьирует от 0,9 до 2,6 отн.ед. Сравнительный анализ показателя корнеобеспеченности проростка сорта-стандарта и изученных линий в условиях осмотического стресса показал, что у проростков интрогрессивных линий значение анализируемого показателя выше, чем у сорта-стандарта. Исключение составила линия L971, корнеобеспеченность проростков которой ниже, чем у сорта-стандарта и составляет 58% от его значения в контрольном варианте опыта, и 89 -96 % - при осмотическом давлении 5 атм (см. рисунок).

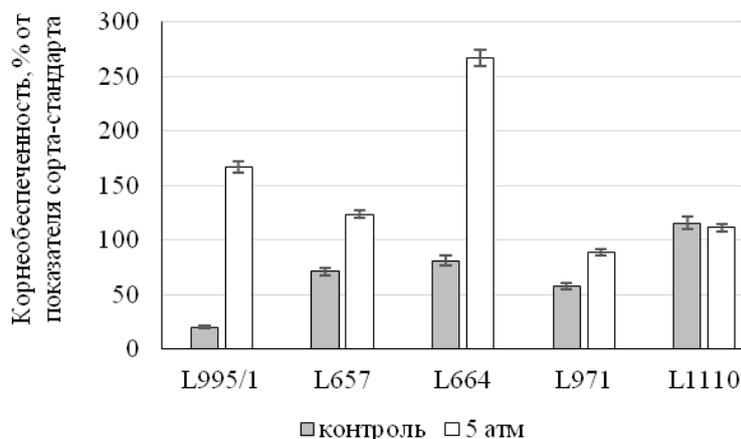


Рисунок – Корнеобеспеченность проростков в условиях осмотического стресса

При анализе изменения показателя корнеобеспеченности проростков в различных вариантах опыта от контрольных значений этих линий установлено, что у сорта

Саратовская 76 показатель корнеобеспеченности при 5 атм равен контрольному значению. Достоверно значимым увеличением показателя корнеобеспеченности при культивировании в растворе ПЭГ 6000 характеризуются проростки линий L995/1, L657, L664. Отметим, что осмотический стресс статистически значимое негативное влияние оказывает на количество корней проростков линий L1110, L995/1, L657, при этом сравнение анализируемого показателя развития корневой системы с показателями проростков сорта-стандарта в аналогичных условиях демонстрирует отсутствие статистически достоверных различий.

Полученные в ходе проведенного исследования данные будут использованы для изучения устойчивости растений, полученных в результате интрогрессивной селекции, к действию различных факторов, в том числе к осмотическому стрессу, что является важным этапом селекционной работы.

Авторы выражают глубокую признательность за предоставление объектов исследования и консультации в ходе проведения эксперимента сотрудникам лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «Федерального аграрного научного центра Юго-Востока».

Список литературы

1. Адонина, И.Г. Интрогрессивная гибридизация мягкой пшеницы: результаты и перспективы / И.Г. Адонина, Е.М. Тимонова, Е.А. Салина // Генетика. 2021. Т. 57, № 4. С. 384-402.
2. Даштоян, Ю.В. Влияние засоления на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops columnaris* / Ю.В. Даштоян, А.В. Калинина, В.В. Коробко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, Вып. 3. С. 308–317.
3. Изучение хозяйственно ценных и адаптивных признаков у линий яровой мягкой пшеницы, созданных с участием синтетических форм пшеницы / А.Е. Дружин [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 3. С. 7–10.
4. Baranova, O.A. Molecular cytogenetic characteristics of new spring bread wheat introgressive lines resistant to stem rust / O.A. Baranova, L.G. Adonina, S.N. Sibikeev // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2024. V.28, № 4. P. 377–386.
5. Голуб, Н.А. Параметры первичной корневой системы озимой пшеницы и возможности их использования в оценке сортов / Н.А. Голуб // Физиология продуктивности и устойчивости зерновых культур. Сб. науч. трудов. Краснодар: КНИИСХ, 1988. С. 42–47.

УДК 577.121.2:579.66

Выявление активности бактерий *Bacillus subtilis* EGP5QL12 в деколоризации азокрасителя кислотный хром темно-синий

М. Н. Чиркина¹, С. А. Коннова^{1,2}, Ю. П. Федоненко^{1,2}

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

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия
meira3456ch@gmail.com

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*, азокрасители, биодеградация, деколоризация.

Кислотный хром темно-синий (КХТС) является синтетическим азокрасителем, который широко применяется в различных отраслях промышленности, таких как текстильная, химическая, бумажная, а также в лабораторной практике. Он, как и многие азокрасители, обладает высокой стабильностью, может накапливаться в сточных водах и негативно влиять на состояние окружающей среды. Большая часть азокрасителей в зависимости от времени контакта и концентрации оказывает токсическое, мутагенное и канцерогенное действие на живые организмы [1].

Биотехнологический подход, основанный на способности микроорганизмов к ферментативному разрушению, сопровождающийся деколоризацией азосоединений, является перспективным для их детоксикации [2]. Разнообразие токсичных азокрасителей, а также недостаточность исследований в этой сфере определяет необходимость поиска новых микроорганизмов, способных к их биodeградации.

Целью исследования было выявление у галотолерантных бактерий *Bacillus subtilis* EGP5QL12, изолированных из соленого озера Карун (Египет), способности к деколоризации КХТС. Бактерии *B. subtilis* EGP5QL12 любезно предоставлены сотрудниками Лаборатории биохимии Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов (ИБФРМ РАН). Микроорганизмы культивировали в минеральной среде Бушнелла-Хааса [3] с добавлением КХТС в диапазоне концентраций 25–150 мг/л в качестве единственного источника углерода, а также с дополнительными источниками углерода: сахарозы или глюкозы (конц. 1%). Инкубацию проводили при температуре 35°C на орбитальном шейкере при 140 об/мин в течение 7 сут. Контроль деколоризации выполняли колориметрическим методом по оптической плотности культуральной жидкости при длине волны 540 нм в соответствии с работой [4]. Кроме того, во всех экспериментах контролировали накопление биомассы, чтобы выявить способность бактериальной культуры использовать краситель в качестве источника углерода, а также оценить ингибирующий эффект КХТС при культивировании с добавлением углеводов. Полученные данные подвергались статистической обработке.

Выращивание бактерий на минеральной среде с КХТС без дополнительных источников углерода поддерживало слабый рост бактерий и низкий уровень деколоризации – менее 7% за 7 сут. роста. Несмотря на незначительный уровень деколоризации, культура способна была выживать в условиях токсического воздействия красителя и недостатке источника углерода, что свидетельствует о ее стрессоустойчивости.

Добавление дополнительного источника углерода – сахарозы или глюкозы к КХТС в концентрации 25 мг/л положительно влияло на накопление биомассы и повышение процента деколоризации, который достигал максимальных значений 78,0±0,51 и 72,63±1,58%, соответственно (см. рисунок). Сам факт накопления биомассы в данных условиях косвенно свидетельствует о том, что продукты деградации красителя являются малотоксичными для бактерий.

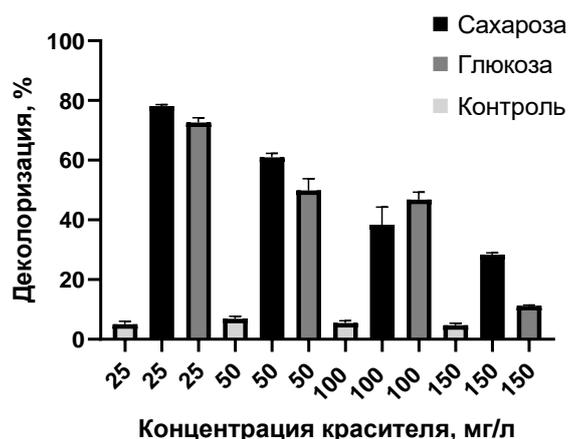


Рисунок – Деколоризация КХТС бактериями *Bacillus subtilis* EGP5QL12 при культивировании в среде Бушнелла-Хааса с красителем и в присутствии углеводов

Показано также, что наращиванию биомассы и деколоризации способствовала аэрация культуры, которая более длительный период позволяла поддерживать планктонную форму существования популяции бактерий, в то время как снижение

интенсивности аэрации приводило к образованию менее активных в деколоризации биопленок.

Как следует из представленных на рисунке данных, повышение концентрации КХТС в среде приводило к снижению уровня деколоризации, и при концентрации красителя 150 мг/л наблюдалось наименьшее значение деколоризации даже в присутствии углеводов, что указывает на превышение порога токсичности КХТС для данного штамма. Таким образом, исследования показали, что интенсивность деколоризации пропорциональна увеличению биомассы бактерий, что подтверждает значимость их ферментной системы в разрушении хромофора. Кроме того, спектрофотометрические исследования показали изменение характерного профиля поглощения в видимой области спектра КХТС, как следствие воздействия микроорганизмов.

Проведенное исследование позволило выявить активность галотолерантного штамма бацилл в деколоризации азокрасителя, которая может быть полезна для создания бактериальных консорциумов для очистки техногенно-загрязненных азокрасителем вод.

Список литературы

1. Biodegradation, decolorization, and detoxification of di-azo dye direct red 81 by halotolerant, alkali-thermo-tolerant bacterial mixed cultures / I.M. Kamal [et al.] // *Microorganisms*. 2022. Vol. 10, № 5. P. 994.
2. Azo dyes, their environmental effects, and defining a strategy for their biodegradation and detoxification / I. Gudelj [et al.] // *Archives of industrial hygiene and toxicology*. 2011. Vol. 62, № 1. P. 91–101.
3. Выделение и идентификация микроорганизмов гиперсолёных сред и исследование их биотехнологического потенциала: учебно-методическое пособие для студентов биологического факультета / И.М. Ибрахим [и др.]. Саратов : Авторская редакция, 2019. 42 с.
4. *Bacillus subtilis*: As an efficient bacterial strain for the reclamation of water loaded with textile azo dye, orange II / M. Ikram [et al.] // *International journal of molecular sciences*. 2022. № 18. P. 1–26.

УДК 581.13.04

Влияние фитогормона 24-эпибрассинолида на содержание гамк свободных белковых аминокислот растений гороха при разных способах обработки

Т. С. Чичиль, А. Н. Ершова

Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия
profershova@mail.ru

Ключевые слова: ГАМК, свободные аминокислоты, 24-эпибрассинолид, способы обработки, растения гороха.

Гамма-аминомасляная кислота (ГАМК) является одной из важнейших непротеиногенных свободных аминокислот. За счет высокой растворимости и свойства амфолита накопление значительных количеств ГАМК в клетках растений не приводит к изменению внутриклеточного pH [1]. При действии неблагоприятных факторов среды, включая солевой стресс, дефицит кислорода и низкое азотное питание, содержание ГАМК в клетках растений может возрасти на несколько порядков. Показано, что высокие концентрации ГАМК в клетках повышали и стрессоустойчивость растений, при этом наблюдалась нормализация процессов фотосинтеза, торможение образования АФК [2]. В связи с этим стали использовать различные методы для увеличения содержания ГАМК в растениях. Фитогормоны активно участвуют в основных процессах клеточного метаболизма растений. При обработке брассинолидами у растений отмечали увеличение содержания растворимых сахаров и пролина [3,4]. При этом использовали разные способы обработки растений,

включая такие как опрыскивание листьев, инкубация растений в течение нескольких дней на растворах фитогормонов или введение в прикорневую зону. Однако влияние фитогормонов на содержание свободных аминокислот в растениях остается мало изученным. Для brassinosteroidов такие исследования не проводились. В связи с этим исследовали влияние фитогормона 24-эпибрассинолида на содержание ГАМК и свободных аминокислот, образование которых связано с функционированием цикла Кребса, при разных способах обработки растений.

Объектом исследования служили 14-дневные проростки гороха (*Pisum sativum* L) сорта Рамонский 77, выращенные на свету методом гидропоники. В отделенные от корней проростки методом насасывания с транспирационным током в течение 12 и 24 ч. вводили растворы 24-эпибрассинолида (10 мг л⁻¹). В полевых опытах растения в стадию бутонизации опрыскивали растворами фитогормона в тех же концентрациях и далее анализировали через 7 и 14 сут. после обработки. Свободные аминокислоты элюировали подогретым 96% этанолом, упаривали при +60°C и разделяли методом тонкослойной хроматографии на пластинках "Silufol" ("Chemapol", Чехия). Хроматограммы проявляли раствором нингидрина и далее элюировали раствором 75% этанола, насыщенного CuSO₄*5H₂O. Оптическую плотность растворов измеряли при 500 нм (СФ-56, Россия). Содержание аминокислот рассчитывали по предварительно построенным калибровочным кривым и выражали в мкмоль г⁻¹сырой массы. Опыты проводились в трех биологических и двух химических повторностях, результаты рассчитывали методом математической статистики.

В своих опытах мы показали, что обработка растений фитогормоном 24-эпибрассинолидом повышала содержание свободных аминокислот, образование которых связано с функционированием цикла Кребса, и непотеиногенной аминокислоты ГАМК. При этом, если растворы 24-эпибрассинолида вводили в проростки гороха с транспирационным током, то эффект увеличения содержания ГАМК был выражен только в первые 12 часов. В этот период наблюдалось повышение содержания всех аминокислот, включая ГАМК, на 15-30%. При увеличении сроков введения фитогормона происходило, наоборот, снижение содержания всех аминокислот. В то же время, если растения опрыскивали растворами фитогормона в стадию бутонизации, отмечалось значительно большее накопление ГАМК и белковых аминокислот в листьях растений гороха. При этом содержание аспартата повышалось почти на 50%, а ГАМК – до 160% по отношению к контрольным растениям. Через 14 сут. содержание аспартата снижалось, но возрастало содержание α-аланина (113%), и оставалось столь же высоким содержание ГАМК (158%) по отношению к контрольным растениям (см. таблицу).

Таблица – Влияние фитогормона 24- эпибрассинолида на содержание свободных аминокислот в клетках растений гороха в фазу бутонизации через 7 и 14 сут. после обработки методом опрыскивания

Вариант	Контроль		+ 24 -ЭБ	
	мкмоль г ⁻¹ сырого веса	%	мкмоль г ⁻¹ сырого веса	%
7 сут.				
Аспартаг	15,9±1,2	100	23,4±0,6	147
Глутамат	9,2±0,6	100	5,7±0,1	62
Аланин	6,3±0,3	100	6,8±0,2	107
ГАМК	3,2±0,1	100	5,1±0,1	160
14 сут.				
Аспартаг	8,2±0,6	100	6,0±0,4	73
Глутамат	7,9±0,1	100	5,8±0,2	71
Аланин	4,0±0,1	100	4,5±0,1	113
ГАМК	2,8±0,1	100	4,1±0,2	158

Таким образом, проведенные исследования показали, что фитогормон 24-эпибрассинолид существенно влияет на пул свободных белковых аминокислот, образование которых связано с функционированием цикла Кребса, таких как аспарат, глутамат и аланин, при этом повышалось и содержание непротеиногенной аминокислоты ГАМК в клетках. Можно предположить, что данный фитогормон способен повышать стрессоустойчивость растений не только за счет подавления образования АФК, как это было уже показано ранее [4], но и в результате стимулирования процессов накопления ГАМК в их клетках. Однако нужно отметить, что эффект воздействия фитогормона 24-эпибрассинолида на уровень ГАМК в растениях определялся как способом его введения, так и возрастом обрабатываемых растений. Это необходимо учитывать не только при проведении экспериментов, но и при использовании данного фитогормона в практике растениеводства.

Список литературы

1. γ -Aminobutyric acid imparts partial protection from salt stress injury to maize seedlings by improving photosynthesis and upregulating osmoprotectants and antioxidants / Y. Wang [et al.] // Sci. Rep. 2017. Vol. 7. P. 43609.
2. Hypoxia-induced increase in GABA content is essential for restoration of membrane potential and preventing ROS-induced disturbance to ion homeostasis / Q. Wu [et al.] // Plant Commun. 2021. Vol. 2. P. 100188.
3. Waterlogging faced by bulbil expansion improved the growth of *Pinellia ternata* and its effect reinforced by brassinolide / D. Wu [et al.] // Plant Physiol. Biochem. 2024. Vol. 20. P. 108377.
4. Влияние кинетина и эпибрассинолида на продукцию АФК в растениях в условиях гипоксии и высоких концентраций CO₂/ А.Н. Ершова [и др.] // Вестник ТГУ. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, Вып. 6. С. 3192–3195.

УДК 59.009

Фаунистическое разнообразие позвоночных на экологических тропах в национальном парке «Хвалынский» (Саратовская область)

Д. А. Чичнева, Е. Ю. Мосолова

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

Ключевые слова: национальный парк «Хвалынский», экологическая тропа.

Создание экологических троп на особо охраняемых территориях (ООПТ) имеет важное значение для достижения целого ряда образовательных, природоохранных и социально-экономических целей. Специально проложенный и оборудованный маршрут, в местах, где окружающая живая природа позволяет познакомиться с естественными природными явлениями и объектами способствует гармоничному сосуществованию человека и природы, развивает экологическое и природоохранное мышление. Большая часть внимания посетителей на экологических тропах в национальных парках уделяется природным объектам, при этом проектируют тропы таким образом, чтобы максимально учесть природные и историко-культурные особенности территории [1]. Одним из критериев по которому проводится оценка туристической привлекательности и эстетической ценности экотроп является анализ фаунистического разнообразия [2].

Фаунистическое разнообразие изучалось на 8 экологических тропах, расположенных на территории национального парка «Хвалынский»: «По дну древнего моря», «Елшанский хребет» (Сосново-Мазинское участковое лесничество), «Барский пруд» (Алексеевское участковое лесничество), «Берёзовая роща», «Заповедный край», «Гора Беленькая», «Святой родник» и «В царстве птиц» (Хвалынское участковое лесничество). Проводились визуальные наблюдения за различными группами позвоночных животных, во время которых были отмечены все встречи представителей герпетофауны, орнитофауны и териофауны с указанием видовой принадлежности. По возможности производили фотографирование объектов, местообитаний и следов пребывания. В ходе работы использовались точечные учеты: маршрут с точками учета, распределенными равномерно по всей его длине. Маркировка и определение расстояния между точками учета осуществлялись с помощью приложения «Геотрекер». Для учета млекопитающих использовался косвенный метод, который предполагает присутствие животных по следам жизнедеятельности: путем учета нор, убежищ, погрызов, экскрементов.

Суммарное количество видов позвоночных животных на 8 маршрутах составило 112, из них: амфибий – 2, рептилий – 6, птиц – 77, млекопитающих – 27. Наибольшим разнообразием обладают экологические тропы «Барский пруд» (88 видов), «Гора Беленькая» (87) и «Святой родник» (84), это обусловлено представленностью на данных тропах различных участков лесной растительности, водоемов (для экотропы «Барский пруд» и «Святой родник») и открытых пространств; наиболее однородной является экотропа «В царстве птиц», где встречено наименьшее количество видов (7). Максимальное количество гнездящихся видов птиц выявлено на экотропе «Гора Беленькая» (35), минимальное количество на экотропе «В царстве птиц» (11). Максимальное количество пролётных видов птиц выявлено также на экотропе «Гора Беленькая» (38), минимальное на экотропе «В царстве птиц» (18). Чаще всего на экотропах можно встретить представителей класса Птицы – большую синицу (*Parus major*), обыкновенную лазоревку (*Parus caeruleus*), зяблика (*Fringilla coelebs*), обыкновенную зеленушку (*Chloris chloris*), серую мухоловку (*Muscicapa striata*), лесного конька (*Anthus trivialis*). Наибольшее количество редких видов птиц представлены на экотропе «Гора Беленькая», например, орёл-карлик (*Hieraaetus pennatus*), могильник (*Aquila heliaca*), перепел (*Coturnix coturnix*). Из млекопитающих на экотропах отмечаются следы сибирских косуль (*Capreolus pygargus*), лосей (*Alces alces*), кабанов (*Sus scrofa*). Было обнаружено два охраняемых вида: обыкновенная медянка (*Coronella austriaca*) и обыкновенный осоед (*Pernis apivorus*). Наиболее привлекательный период для посещения экотроп является апрель-июнь; наиболее инфраструктурной обустроенностью обладает экотропа «Святой родник».

Список литературы

1. Оборин, М.С. Разработка экологических троп в особо охраняемых природных территориях различных природных регионов / М.С. Оборин, В.В. Непомнящий // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010. № 21 (92). Вып. 13. С. 174–180.
2. Фролова, М.Ю. Оценка эстетических достоинств природных ландшафтов / М.Ю. Фролова. Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1994. № 24. С. 28–32.

Патогенетический потенциал бактерий рода *Chryseobacterium*

И. А. Чупракова, К. В. Зубова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
ilona.chuprakova@list.ru

Ключевые слова: бактерии рода *Chryseobacterium*, факторы патогенности, антибиотикорезистентность.

Бактерии, относящиеся к роду *Chryseobacterium*, широко распространены в разных экосистемах. В последние годы в зарубежных и отечественных публикациях появляются сведения о представителях данного рода, которые ранее описывались как представители сапрофитной флоры, с позиции клинически значимых штаммов, способных вызывать как острые, так и длительно персистирующие инфекции. В научных исследованиях зафиксированы случаи инфицирования пациентов всех возрастных групп с ослабленным иммунитетом или хроническими заболеваниями.

В настоящей работе была проведена оценка патогенетического потенциала 6 клинических штаммов бактерий рода *Chryseobacterium*. Патогенетический потенциал оценивали с помощью определения ферментов, являющихся факторами патогенности, таких как фибринолизин, аргининдегидролаза, плазмокоагулаза, желатиназа, триптофаназа, индол, лизиндегидролаза и гемолизин, которые способствуют колонизации и инвазии организма, а также устойчивости микроорганизмов к антимикробным препаратам. Для изучения ферментов были использованы стандартные микробиологические тесты и суточные культуры бактерий рода *Chryseobacterium*, выращенные при температуре 37 °С.

Бактерии данной систематической группы, по литературным данным, демонстрируют как природную, так и приобретенную устойчивость к антимикробным препаратам, что затрудняет выбор эффективной антибактериальной терапии. Устойчивость к большинству бета-лактамовых антибиотиков, включая карбанемы и азтреоны, обусловлена синтезом металлобеталактамаз (MBL) молекулярного класса В (подкласс В1) [1]. Для определения антибиотикорезистентности микроорганизмов использовался диско-диффузионный метод. Культивирование бактерий проводили при температуре 37°С на протяжении 24 ч. Эффективность действия антибиотиков оценивали по диаметру зоны подавления роста вокруг диска.

Результаты исследования чувствительности к антимикробным средствам показали, что клинические штаммы *C. arthrosphaerae*, *C. ureilyticum*, *C. oncorhynchi*, *C. indologenes* и *C. tractae* устойчивы к меропенему, полимиксину, тобрамицину и ципрофлоксацину. Штаммы *C. ureilyticum*, *C. oncorhynchi* и *C. indologenes* также были устойчивы к азитромицину и цефтазидиму. Все исследованные штаммы чувствительны к левофлоксацину. Исследуемые штаммы проявляли резистентность к полимиксину, тобрамицину и ципрофлоксацину, что может являться общеродовой особенностью (см. таблицу).

Изучение ферментов, как факторов патогенности показало, что штамм *C. arthrosphaerae* вырабатывает фибринолизин и аргининдегидролазу, в то время как у штаммов *C. indologenes*, *C. ureilyticum*, *C. tractae* и *C. oncorhynchi* эти ферменты отсутствуют. Все исследованные штаммы способны к синтезу плазмокоагулазы, желатиназы, триптофаназы и индола. Лизиндегидролаза и гемолиз были выявлены у микроорганизмов *C. arthrosphaerae* и *C. indologenes*, тогда как у штаммов *C. ureilyticum*,

C. tractae и *Concorhynchi* эти ферменты не обнаружены. Ни один из проанализированных микроорганизмов не обладал способностью к продукции уреазы [2]. На основании исследования можно сделать вывод, что штаммы бактерий рода *Chryseobacterium* характеризуются высоким патогенетическим потенциалом, на что указывает наличие разнообразных ферментативных систем, которые могут служить факторами патогенности, и резистентность изученных микроорганизмов к различным антибактериальным препаратам [3]. Результаты исследования указывают на необходимость дальнейшего углубленного изучения микроорганизмов этого рода.

Таблица 1– Результаты диско-диффузионного метода определения чувствительности к антибиотикам

Антибиотик	Виды бактерий рода <i>Chryseobacterium</i>				
	<i>C. ureilyticum</i>	<i>C. arthrosphaerae</i>	<i>C. tractae</i>	<i>C. oncorhynchi</i>	<i>C. indologenes</i>
	Результаты анализа				
Амикацин	S	I	S	R	I
Триметорим	S	S	S	R	I
Азитромицин	R	I	I	R	R
Цефтазидим	R	I	S	R	R
Левифлоксацин	S	S	S	S	S
Цефтриаксон	S	R	S	S	I
Цефоперазон	S	S	S	R	I
Меропенем	R	R	R	R	R
Полимиксин	R	R	R	R	R
Амоксицилин	R	R	R	S	I
Ципрофлоксацин	R	R	R	R	R
Хлорамфеникол	R	S	S	S	S

Примечание: S – чувствительный, R - резистентный

Список литературы

1. Род *Chryseobacterium* (Flavobacterium): клиническое значение, идентификация, чувствительность к антибиотикам / Л.Г. Боронина [и др.] // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2003. Т. 5, № 3. С. 243–250.
2. Чупракова, И.А. Оценка факторов патогенности сапрофитных и клинических штаммов бактерий рода *Chryseobacterium* / И.А. Чупракова, К.В. Зубова // Лабораторная диагностика Восточная Европа. 2025.Т. 14, № 1.С. 160–162.
3. Зубова, К.В. Ферменты как факторы патогенности бактерий *Chryseobacterium arthrosphaerae*, инфицирующих легкие больных муковисцидозом // К.В. Зубова, О.В. Кондратенко, Е.В. Глинская // Материалы II интернет – конференции по инфекционным болезням «Покровские чтения». 2022. С. 20–21.

УДК 615.371:616.932

Совершенствование методов контроля безопасности холерной бивалентной химической вакцины

О. А. Шамина, О. С. Дуракова, Н. И. Белякова, О. А. Волох
 Российский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия
 Olga.serebryakova.1989@mail.ru

Ключевые слова: вакцина, методы контроля, специфическая безопасность, ДИА ЗНЧ, GM₁ ELISA.

Холера на сегодняшний день продолжает оставаться одной из глобальных проблем мирового здравоохранения. Решающую роль в профилактике этого

заболевания играет многосторонний подход, заключающийся в сочетании санитарно-гигиенических мероприятий, специфической профилактики и информировании общественности. На сегодняшний день в мире выпускаются и разрабатываются различные типы оральных холерных вакцин: инактивированные цельноклеточные, обогащенные рекомбинантной В-субъединицей холерного токсина (В-ХТ) и живые. В Российской Федерации единственным средством профилактики холеры является «Вакцина холерная бивалентная химическая». Специфические компоненты вакцины – холероген-анатоксин (ХА) и О-антигены сероваров Инаба и Огава получают путём формоловой детоксикации специфически стерильных центрифугатов культуральных жидкостей токсигенных штаммов *Vibrio cholerae* 569В и *V. cholerae* М41[1].

При производстве холерной химической вакцины на разных стадиях технологического процесса в соответствии с Промышленным регламентом и Нормативной документацией проводится поэтапный контроль компонентов и готовой лекарственной формы с помощью методов *in vitro* и *in vivo*. Одним из основных требований к вакцине является её безопасность. Для этого в специфическом компоненте ХА контролируют отсутствие холерного токсина (ХТ) по показателю «специфическая безвредность» биологическими методами на модели взрослых кроликов в кожной пробе по отсутствию папул в разведении 1:2000 и на модели крольчат-сосунков по отсутствию «синдрома холерогенности» в дозе 100000 ЕС. Также биологическими методами проводится контроль каждой серии готового препарата холерной вакцины по показателю «специфическая безопасность» на взрослых кроликах (кожная проба, в разведении 1:6000) и по показателю «аномальная токсичность» на белых мышах.

Актуальным вопросом остаётся совершенствование этих методов контроля. На основании общепринятой концепции гуманного использования животных в экспериментах, «концепция трех R» (*R. Birch* и *W. Russel*), разрабатываются альтернативные методы исследования *in vitro*. Согласно литературным данным, в зарубежных преквалифицированных ВОЗ вакцинах для контроля остаточного холерного токсина компонентов и готовой продукции используется метод GM₁ ELISA, животные для контроля безопасности этих препаратов не используются.

Нами проводилась работа по оценке возможности использования иммунохимических методов для определения специфической безопасности ХА и холерной химической вакцины. Были разработаны варианты GM₁ ELISA и непрямой дот-иммуноанализ (ДИА) с использованием конъюгата на основе стафилококкового белка А и золотыми наночастицами (ЗНЧ), экспериментально подобраны условия пробоподготовки ХА и холерной вакцины (лекарственная форма – таблетка), рабочие разведения и условия постановки реакций [2]. Для определения эффективности используемых подходов была проведена оценка содержания остаточного ХТ иммунохимическими методами в 3-х сериях ХА и 5-ти сериях готовой лекарственной формы вакцины. В качестве положительного контроля в тех же образцах проводили определение показателя «специфическая безопасность» биологическими методами.

В результате исследований 3-х серий ХА и 1-ой серии таблетки в ДИА ЗНЧ специфическая реакция в виде чётко окрашенных пятен отсутствовала, в биологических методах на взрослых кроликах в этих же образцах отсутствовали папулы во всех разведениях, в контроле ХА на кроликах-сосунках отсутствовал «синдром холерогенности».

В результате исследования 5 серий вакцины и 3-х серий ХА в GM₁ ELISA отсутствовало специфическое окрашивание. В биологической пробе на взрослых кроликах в этих же образцах папулы не образовались в разведениях от 1:6000 в сериях

вакцины и от 1:2000 в сериях ХА, кроме того, в тесте «аномальная токсичность» была также подтверждена безопасность данных серий вакцины [3].

Таким образом, оценена возможность замены методов *in vivo* на тесты *in vitro* для определения специфической безопасности и безвредности ХА и готовой лекарственной формы.

Список литературы

1. Антигенные компоненты холерной бивалентной химической вакцины, методы их выделения и контроля / С.А. Воробьева [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2022. № 2. С. 12–19.
2. Возможность определения специфической активности О-АГ в производстве холерной химической вакцины с помощью дот-анализа / С.А. Воробьева [и др.] // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, Вып. 3. С. 318–319.
3. Современные подходы к выделению и очистке холерного тест-токсина / О.С. Дуракова [и др.] // Бактериология. 2018. Т. 3, № 1. С. 59–62.

УДК 60:577.114:582.284:630*232.318:631.53.011.3:582.681.71

Изучение влияния полисахаридов базидиомицетов на всхожесть и энергию прорастания семян огурца обыкновенного

Н. В. Шаркова, О. О. Бабичева, Л. В. Карпунина

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

Ключевые слова: грибы, базидиомицеты, полисахариды, огурцы, энергия прорастания.

Полисахариды (ПС) высших грибов в последние годы находят более широкое применение в сельском хозяйстве, так как являются источником биологически активных веществ. Плодовые тела и вегетативная масса мицелия базидиальных грибов являются перспективными источниками получения биологически активных гликанов. Обработка семян полисахаридами грибов позволяет растениям адаптироваться к условиям загрязнения почвы [2], способствует развитию корневой системы [1], защищает от фитопатогенных бактерий и вирусов [3]. В связи с этим поиск новых объектов и создание препаратов на основе грибных полисахаридов, обладающих необходимыми для растений свойствами, является актуальной задачей.

Целью данной работы явилось изучение влияния полисахаридов *Pleurotus ostreatus* P-88 на всхожесть и энергию прорастания семян огурца обыкновенного.

В качестве объектов исследования были использованы ПС вешенки обыкновенной (*P. ostreatus* P-88) и семена огурца обыкновенного (*Cucumis sativus*) сорта «Конкурент». Для определения влияния ПС базидиомицетов на всхожесть и энергию прорастания семена были предварительно обработаны 60% раствором спирта в течение 60 секунд [4]. Одна партия опытных образцов семян огурца обыкновенного была обработана пленкой на основе ПС, другую партию опытных образцов выдерживали в растворе ПС 0,06 % концентрации в течение 24 часов. Затем все опытные образцы были помещены на фильтровальную бумагу, смоченную 4 мл дистиллированной воды, в количестве 25 штук. В качестве контроля использовали семена, не обработанные ПС, выращенные в аналогичных условиях. Эксперимент проводили в 5 повторностях. По количеству проросших семян, определяли всхожесть и

энергию прорастания семян на 7 сутки, в соответствии с ГОСТ 12038-84 [5]. Энергию прорастания семян огурца обыкновенного определяли в процентах по формуле:

$$B = \frac{a}{b} \times 100\%, \text{ где}$$

- B – энергия прорастания в %,
 a – число проросших семян,
 b – общее число семян, взятых для опыта.

Статистическую обработку проводили, используя параметрический t-критерия Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0,05$) с помощью методов параметрического и непараметрического анализа с использованием пакетов прикладных программ «Statistica 8.0 for Windows» (StatSoft-Russia) и MicrosoftOfficeExcel [6].

В процессе работы было показано, что на 7-е сутки при замачивании семян в растворе ПС всхожесть увеличивалась в 1,4 раза, а при обработке семян пленкой – в 1,2 раза по сравнению с контролем. Эффективность метода замачивания семян в водном растворе ПС оказалась в 1,1 раза выше, чем при нанесении пленки на поверхность семян (см. таблицу).

Таблица – Влияние полисахаридов *P. ostreatus* P-88 на всхожесть и энергию прорастания семян огурца обыкновенного (*Cucumis sativus*)

Метод обработки	Всхожесть		Энергия прорастания, %	
	M±m	P	M±m	P
Пленка ПС	16,0±0,4	<0,02	63,0±1,3	<0,01
Раствор ПС (0,06%)	18,0±1,5	<0,01	74,0±6,1	<0,01
Контроль	13,0±0,7	-	51,0±2,7	-

При исследовании влияния полисахаридной обработки семян огурца обыкновенного на энергию прорастания было установлено, что замачивание семян в растворе ПС увеличивает энергию прорастания в 1,5 раза по сравнению с контролем, а наличие пленки на семенах увеличивает энергию прорастания в 1,2 раза по сравнению с необработанными семенами. Стоит отметить, что при использовании раствора ПС энергия прорастания увеличивалась в 1,2 раза по сравнению с методом обработки пленкой. Наибольшую эффективность наблюдали при выдерживании семян в растворе полисахарида 0,06 % концентрации.

Таким образом, ПС *P. ostreatus* P-88 способны оказывать положительное влияние на всхожесть и энергию прорастания семян огурца обыкновенного и в перспективе могут быть использованы в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Логачева, Е.А. Оценка влияния полисахарида вешенки обыкновенной на устойчивость растений к токсическому воздействию нефтезагрязнений методом биотестирования / Е.А. Логачева, О.О. Бабичева, Л.В. Карпунина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2024. Т. 32, № 3. С. 251–258.
2. Structural analysis of *Pleurotus ferulae* polysaccharide and its effects on plant fungal disease and plant growth / X. Yang [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2024. Т. 282. С. 137–396.
3. Biocontrol properties of basidiomycetes: An overview / S. Sivanandhan [et al.] // Journal of fungi. 2017. Т. 3, №. 1. 2 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. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Взамен ГОСТ 12038–66; введ. 1986–07–01. Министерство сельского хозяйства СССР, 1986. 47 с.
6. Воробьев, В.Я. Теория и эксперимент / В.Я. Воробьев, А.И. Елсуков // Минск: Высшая школа. 1989. 109 с.

**Влияние экзополисахарида *Xanthomonas campestris*
на рост и развитие проростков пшеницы альтернативного типа развития**

А. А. Шьюрова¹, Г. А. Жукова¹, С. В. Ляцева², Л. В. Карпунина¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова», Саратов, Россия

²Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия
arina.shyurova.98@mail.ru

Ключевые слова: экзополисахарид, пленочное покрытие, бактерии, *Xanthomonas campestris*, пшеница.

В настоящее время для повышения всхожести семян растений и скорости их прорастания применяют различные биостимуляторы, что способствует активации биохимических процессов, увеличивает энергию прорастания, улучшает всхожесть семян. Широкое распространение получили биопрепараты на основе ризосферных микроорганизмов [1]. Однако, неправильные условия хранения семян могут значительно влиять на сохранение как эпифитной микрофлоры посевного материала, так и ризосферных бактерий [2, 3]. Экзополисахариды микроорганизмов (ЭПС) в последние годы находят все большее применение в различных областях народного хозяйства. Их уникальные способности к загущению, эмульгированию, студнеобразованию, умение подавлять некоторых вредителей и болезни растений всё больше привлекают внимание различных исследователей [4]. В связи с этим представляет значительный интерес изучение влияния полисахаридов различных микроорганизмов на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур.

Целью настоящей работы явилось изучение влияние экзополисахарида *Xanthomonas campestris* В-610/1 в виде пленочного покрытия на рост и развитие проростков пшеницы альтернативного типа развития.

Объектом для исследований явился ЭПС *X. campestris* В-610/1, который получали по методу [5] и следующие линии пшеницы: 1286 и 1291, полученные в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Пленочное покрытие на основе бактериального ЭПС *X. campestris* В-610/1 создавали по методу [6]. В результате получали однородный, прозрачный, студнеобразный раствор (гель), который, застывая, образовывал пленку. Для обработки семян пшеницы пленочным покрытием, созданным на основе ЭПС *X. campestris* В-610/1, опытные образцы (125 штук каждого сорта) выдерживали 15 минут в студнеобразном растворе (геле), затем высушивали при комнатной температуре (+24°C), предотвращая слипание, и помещали в стерильные чашки Петри с дисками из фильтровальной бумаги, смоченными 4 мл дистиллированной воды. Измерение длины проростков, максимальной длины корня и количество корней проводили на 7 сут. Статистическую обработку полученных данных осуществляли по стандартным методам с использованием параметрического t-критерия Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0,05$) и программы Microsoft Excel.

Анализ полученных данных показал, что линия пшеницы 1286 продемонстрировала лучшие показатели после обработки пленкой в отношении контроля (необработанные семена) (см. таблицу). Так, длина проростка и максимальная длина корня обработанных семян была выше по сравнению с контролем на 49 и 14%, соответственно.

У линии 1291 наблюдалась иная ситуация. Семена, подвергшиеся обработке пленочным покрытием на основе ЭПС *X. campestris* В-610/1, показали увеличение

длины проростка на 15% относительно контроля, однако уступали необработанным семенам по параметру максимальной длины корня на 13%.

Исследование параметра количества корней обеих линий продемонстрировало преимущество обработанных семян над контрольными образцами. У линии 1286 данный показатель был выше, чем у контроля на 15%, у линии 1291 – на 16%.

Таблица – Влияние пленочного покрытия, созданного на основе ЭПС *X. campestris* В-610/1, на рост и развитие проростков пшеницы альтернативного типа развития

Линии пшеницы	Длина проростка			Максимальная длина корня			Количество корней		
	Контроль	Опыт	Р	Контроль	Опыт	Р	Контроль	Опыт	Р
	M±m	M±m		M±m	M±m		M±m	M±m	
1286	48,3±1,7	71,9±1,3	<0,05*	78,0±1,4	88,8±2,5	<0,05*	4,2±0,1	4,9±0,1	<0,05*
1291	60,4±0,4	69,6±0,3	<0,05*	93,9±1,4	81,5±0,8	>0,05	3,9±0,1	4,5±0,2	<0,05*

Примечание – <0,05* относительно контроля.

Таким образом, было установлено положительное влияние ЭПС *X. campestris* В-610/1 на длину проростка, максимальную длину корня, количество корней в разной степени у линий (1286 и 1291) пшеницы альтернативного типа развития.

Список литературы

1. Ибрагимова, С.А. Использование микробных полисахаридов для обработки семян / С.А. Ибрагимова, М.М. Фомкина // Огарёв-Online. 2016. № 24, Т. 89.
2. Мандровська, Н.М. Дія синтетичного полісахариду на ріст бульбочкових бактерій і ризогенез коріння / Н.М. Мандровська, О.Д. Кругова, С.Я. Коць // Агрокол. журн. 2005. № 4. С. 47–51.
3. Верхотурова, І.С. Збереження життєздатності *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* в гелевих композиціях на основі липкогену ЕПАА / І.С. Верхотурова // Молодь і поступ біології: Матеріали V міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів. 2009. С. 215.
4. Композиція для інокуляції насіння бобових рослин на основі бульбочкових бактерій та липкогена ЕПАА / В.П. Патики [и др.]. Пат. 89120 України, UA С12 №1/00, А 01С 1/00. ; заявл. 15.05.2008 ; опубл. 25.12.2009. 3 с.
5. Рысмухамбетова, Г.Е. Выделение полисахаридов из штаммов *Xanthomonas campestris* / Г.Е. Рысмухамбетова, Е.Н. Бухарова, Л.В. Карпунина // Вавиловские чтения – 2005: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 118-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова. Саратов. 2005. С. 88–90.
6. Белоглазова, К.Е. Разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и перспективы их использования / К.Е. Белоглазова. Дисс. ... канд. с.-х. наук. 03.01.06. Саратов, 2020. 123 с

УДК 577.151.01

Лакказы гриба *Schizophyllum commune*

Е. В. Щербакова, Н. Н. Позднякова, А. Ю. Муратова

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия
elizaveta-sch@mail.ru

Ключевые слова: лакказы, грибы, деградация, лигнин.

Побочным продуктом целлюлозной промышленности является 30 млн. т лигнина в год, что делает отрасль крупным производителем лигноцеллюлозных отходов [1]. Лигнин служит важным возобновляемым источником сырья, в том числе для получения биотоплива. Биологическая обработка лигноцеллюлозной биомассы ферментами высших грибов может быть возможным экологически чистым методом детоксикации лигниновых биоотходов в промышленности [2]. Ферменты, участвующие в деградации лигнина, делят на лигнин-модифицирующие и вспомогательные лигнин-

разрушающие. Одними из наиболее активных лигнин-модифицирующих являются лакказы. Они принадлежат к группе полифенолоксидаз, которые катализируют окисление различных соединений, восстанавливая при этом O_2 воздуха до H_2O [3]. Большинство известных лакказ содержит 4 атома меди на молекулу и имеет синий цвет. К настоящему времени выявлено несколько представителей с нетипичными свойствами. Поскольку эти лакказы, названные желтыми, обладают более широкой, чем синие, специфичностью, которая позволяет им окислять нефенольные субстраты, то поиск новых грибов-продуцентов этих ферментов и исследование их природы и каталитических свойств представляют не только теоретический, но и практический интерес [4]. Перспективным кандидатом является *Schizophyllum commune*, встречаемый повсеместно, он колонизирует твердую древесину и продуцирует 2 лигнинолитических фермента: лакказу и Mn-пероксидазу, которые разлагают и модифицируют клеточную стенку растений [5].

В наших исследованиях были подобраны условия культивирования штамма гриба *S. commune* IBPPM 541 для продукции желтой и синей лакказ. Для получения желтой лакказы *S. commune* культивировали на различных растительных субстратах (солома сорго, опилки сосны и дуба и лузга подсолнечника) с использованием богатой среды для базидиомицетов (BRM). Через 3, 5 и 7 сут. отбирали пробы, в которых определяли активность желтых лакказ и Mn-пероксидазы и анализировали изоформный состав неденатурирующим гель-электрофорезом. Каждые 7 сут. культивирования отработанную среду собирали и добавляли в колбы свежую BRM. В результате 5 циклов культивирования было обнаружено, что в собранных образцах лакказная активность не однородна и растет в ряду субстратов – солома сорго, опилки дуба, лузга подсолнечника и опилки сосны. Пик активности для сорго приходился на 1 цикл и составлял 216 Ед/мл, для подсолнечника – на 2 цикл (789 Ед/мл), для дуба и сосны – на 3 цикл (777 и 774 Ед/мл). Культуральная среда в колбах с опилками дуба и лузгой подсолнечника имела вязкую консистенцию и темно-коричневый цвет. По результатам гель-электрофореза во всех вариантах изоформный состав лакказ одинаков и в среде культивирования отсутствовала Mn-пероксидаза, на что также указывают измерения активности. Таким образом, наибольшее количество лакказ продуцировалось на сосновых опилках и лузге подсолнечника. Культивирование на этих субстратах позволило получить грубые ферментные препараты желтых лакказ. Для их очистки использовали фракционирование $(NH_4)_2SO_4$, анионообменную хроматографию на носителе DEAE-Toyorearl и гель-фильтрацию на носителе Sephacryl S-200. При хроматографии лакказы *S. commune* выходили при 0,18-0,25 М NaCl. Полученный в результате очистки препарат использовали для определения pH-оптимума фермента, который составил 2.5 для АБТС и 5.5 для 2,6-диметоксифенола.

Для получения синей лакказы *S. commune* выращивали в условиях погруженного культивирования на различных средах (BRM с глюкозой и мальтозой и среда Кирка pH 6,0 с глюкозой и мальтозой). На 3, 6, 8, 10 и 14 сут. отбирали пробы, в которых определяли активность внеклеточных синих лакказ и Mn-пероксидазы и анализировали изоформный состав. По итогу 2 недель культивирования было обнаружено, что лакказная активность в различных средах резко отличается и растет в ряду – среда Кирка pH 6,0 с мальтозой, BRM с глюкозой, среда Кирка pH 6,0 с глюкозой и BRM с мальтозой. В случае среды Кирка пик активности приходился на 3 сут, а в случае BRM – на 8 (см. рисунок).

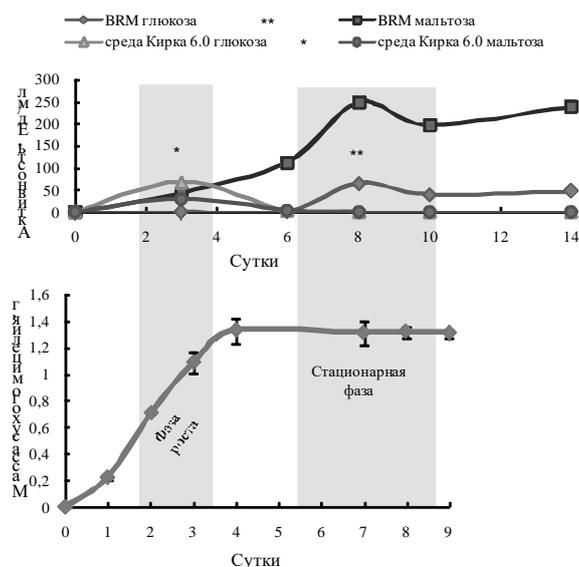


Рисунок – Динамика лакказной активности при культивировании в различных средах и кривая роста *S. commune*

Культуральная среда в колбах со средой Кирка имела вязкую консистенцию, а в колбах с BRM с глюкозой – темно-коричневый цвет. При проведении электрофореза во всех вариантах прослеживалась единственная изоформа с Rf, равной 0,5. В среде культивирования отсутствовала Mn-пероксидаза. Таким образом, нами были подобраны условия культивирования *S. commune* IBPPM 541 для получения желтой и синей форм лакказ в количествах, достаточных для дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках гос. задания Минобрнауки РФ: «Исследование механизмов межорганизменных взаимодействий, растительного гино- и эмбриогенеза для создания научных основ новых экологических и сельскохозяйственных биотехнологий», № Гос. регистрации НИОКТР 124020100146-9.

Список литературы

1. Hatakeyama, H. Lignin structure, properties, and applications / H. Hatakeyama, T. Hatakeyama // Biopolymers. 2009. № 232. P. 1–63.
2. Ruiz-Dueñas, F.J. Microbial degradation of lignin: How a bulky recalcitrant polymer is efficiently recycled in nature and how we can take advantage of this / F.J. Ruiz-Dueñas, Á.T. Martínez // Microb. Biotechnol. 2009. № 2. P. 164–177.
3. Laccase in biorefinery of lignocellulosic biomass / A. Tiwari [et al.] // Appl. Sci. 2023. Vol. 13. P. 4673.
4. Characterization of a yellow laccase from *Botrytis cinerea* 241 / I. Radveikiene [et al.] // J. Fungi. 2021. Vol. 7. P. 143.
5. Purification of a new manganese peroxidase of the white-rot fungus *Schizophyllum* sp. F17, and decolorization of azo dyes by the enzyme / C. Xiaobin [et al.] // Enzyme Microbial Technol. 2007. Vol. 41. P. 258–264.

**Фототерапия нервной системы новорожденных крыс
с внутрижелудочковой геморрагией**

А. В. Якунина, Т. Д. Искра, О.В. Семячкина-Глушковская

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

Ключевые слова: фототерапия, поведенческие тесты, внутрижелудочковый геморагий, нервная система.

Лазерная фототерапия, использующая световые волны определённой длины, активно применяется и исследуется в нейробиологии [1]. Длина волны 1267 нм находится в инфракрасном диапазоне и, как показывают исследования, обладает терапевтическими свойствами, улучшая метаболические процессы и активируя регенерацию клеток. К значимым биологическим эффектам воздействия низкоинтенсивного света на головной мозг, выявленным как *in vitro*, так и на животных моделях, относятся: увеличение скорости потребления кислорода корковыми нейронами, усиление церебрального кровотока, снижение уровня воспалительных реакций, уменьшение нейронального апоптоза и эксцитотоксичности, а также активация ангио- и нейрогенеза, что особенно важно в ранние периоды развития, когда нервная система активно изменяется [1,2]. Изучение поведения новорожденных крысят с патологиями после лазерной терапии поможет выявить изменения в когнитивной, эмоциональной и моторной сферах, что важно для понимания воздействия лазера на мозг.

Работа была выполнена на базе кафедры физиологии человека и животных биологического факультета, лаборатории умного сна СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

В экспериментах использовали 10-дневных новорожденных крыс линии Wistar, в количестве 10 особей (5 с внутрижелудочковой геморрагией и 5 здоровых), содержащихся в стандартных условиях с доступом к еде и воде. Все процедуры проводились в соответствии с руководящими документами о содержании и уходе за лабораторными животными, законодательством по защите животных и рекомендациями по биоэтике.

Для создания неонатальной модели внутрижелудочковой геморрагии вводили 7 мкл аутологичной крови в правый боковой желудочек (AP=-1,2 мм; ML=1,8 мм; DV=2,7 мм). Кровь брали из хвостовой вены той же мыши или крысы и собирали в стерильный эппендорф, предварительно промытый гепарином, чтобы избежать коагуляции во время забора крови и инъекции, а после переливали в стеклянный шприц Hamilton (25 мкл). В черепе просверливали небольшое трепанационное отверстие с помощью дрели с регулируемой скоростью и сверлом диаметром 1 мм. Иглу вводили в правый боковой желудочек. Артериальную кровь вводили со скоростью 1 мкл/мин. Иглу оставляли в желудочке на 10 мин, а затем извлекали со скоростью 1 мм/мин для предотвращения рефлюкса крови. Трепанационное отверстие и разрез кожи головы были закрыты костным воском (Ethicon, Somerville, NJ) и цианоакрилатным клеем (HenkelConsumerAdhesiveInc. Scottsdale, Arizona) соответственно. Грызунам контрольной группы вводили равный объем (10 мкл) физиологического раствора.

Для фотовоздействия использовался лазерный диод (LD-1267-FBG-350, Innolume, Дортмунд, Германия), излучающий на длине волны 1267 нм. Лазерный диод был соединен с одномодовым дистальным волокном, оканчивающимся коллимационной оптикой, чтобы обеспечить диаметр луча на головном мозге 5 мм. Животных с бритыми головами фиксировали в стереотаксической раме под ингаляционным

наркозом (1% изофлуран при 1 л/мин N₂O/O₂ – 70/30) и облучали область сагиттального синуса однократной лазерной дозой (9 Дж/см²) или курсом 63 Дж/см² в течение 7 дней с последовательностью 17 мин – облучение, 5 мин – пауза, всего 61 мин). Для курса фототерапии, фотостимуляцию проводили ежедневно в течение 7 дней под ингаляционной анестезией через 3 дня после хирургической процедуры введения крови в правый боковой желудочек.

Проводили оценку поведения новорожденных животных с внутрижелудочковой геморрагии на фоне получения курса фототерапии. Все поведенческие тесты проводились во время фазы светового цикла в изолированной поведенческой комнате. Животные были использованы для тестирования поведения на 11-й день после операции по введению крови в правый боковой желудочек. В исследованиях использовали следующие поведенческие тесты для новорожденных крыс.

Подвешивание за передние конечности. Этот тест на подвешивание определяет силу передних и задних конечностей. Животным разрешалось схватиться за тонкую проволоку, натянутую на устойчивом объекте, и повиснуть на ней обеими передними лапами. С помощью таймера записывали общее время висения на проволоке. Испытание повторяли трижды. Конический сосуд. Для оценки силы задних конечностей использовали конический сосуд объемом 50 мл. Крысят осторожно помещали мордой вниз в сосуд, при этом их задние лапы цеплялись за его края. Крысят отпускали и наблюдали за положением задних конечностей. С помощью таймера регистрировалось время удержания задними конечностями за края сосуда. Испытание повторяли 3 раза. Тест на избегание падения. Крысят помещали пальцами так, чтобы их морда оказалась над краем обрыва. Оценка проводилась путем подсчета общего времени, которое требовалось крысенку, чтобы отвернуться от обрыва и отодвинуть лапы и морду от края. Открытое поле. Крысят помещали в центр круга диаметром 15 см и позволяли выполнить задание в течение 30 с. Успешное выполнение теста считалось, когда крысята могли убрать обе передние лапы за пределы круга менее чем за 30 с.

В результате исследования выяснилось, что после курса фототерапии новорожденные крысы с травмой продемонстрировали увеличение выносливости и улучшение координации движений, что свидетельствует о положительном влиянии на моторные функции конечностей. В частности, в ходе тестирования у здоровых крыс, получивших лазерную терапию, время выполнения задания сократилось по сравнению с контрольной группой до лечения. Результаты теста походки также подтвердили улучшение состояния животных: время, затраченное на выполнение задания, сократилось как у больных, так и у здоровых крысят. Это может указывать на общую тенденцию к улучшению рефлекторной активности и моторной функции после фототерапии.

Список литературы

1. Transcranial photobiomodulation in therapy of neurodegenerative diseases of the brain: theoretical background and clinical effectiveness / A.N. Belova [et al.] // *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2021. Vol. 98, № 6. P. 61-67.
2. Photobiomodulation reduces gliosis in the basal ganglia of aged mice / N. El Massri [et al.] // *Neurobiology of Aging*. 2018. Vol. 66. P. 131–137.

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
В БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ – 2025**

Сборник научных статей по материалам
VI Международной научной конференции
«Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2025»

Под редакцией О. И. Юдаковой

Электронное издание сетевого распространения

Авторы несут ответственность за оригинальность и достоверность приведенных материалов, корректность цитирования и правильность указания источников

Подписано к публикации: 10.04.2025.
Объем 10,2 усл. п. л. Заказ № 379.

Минимальные системные требования: браузер Microsoft Internet Explorer, версия от 6.x (рекомендуемая IE 7); браузер Mozilla Firefox, версия от 3.0; браузер Google Chrome, версия от 3.0.195; браузер Safari, версия от 3.0. Минимальное подключение 33,6 Кбит/с. Рекомендуемое подключение от ADSL 128 кбит/с

ISBN 978-5-6051958-9-4

