

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



15 -17 апреля 2024 г.  
V 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 – 2024

Сборник научных статей

*Электронное издание сетевого распространения*

Саратов  
2024

УДК 57(470)(082)  
ББК 28(2) я43  
И 88

**ISBN 978–5–6050260–7–5**

**Рецензенты:**

**Н. В. Полуконова**, профессор, доктор биологических наук, заведующая лабораторией клеточных технологий ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России

**Е. В. Дубровская**, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории экологической биотехнологии ИБФРМ РАН

**Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2024:** сборник научных статей / под ред. А.С. Пархоменко, О.И. Юдаковой. [Электронное издание сетевого распространения]. – Саратов : СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2024. – 198 с.

В сборнике представлены материалы V Международной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии», проходившей 15–17 апреля 2024 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.

УДК 57(470)(082)  
ББК 28(2) я43  
И 88

**ISBN 978–5–6050260–7–5**

© СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2024  
© Коллектив авторов, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АСПИРАНТОВ

<i>Ахмеденова С. Г., Лактионов А. П.</i> О необходимости создания ООПТ на территории Индерского солянокупольного района (Республика Казахстан).....	8
<i>Ащеулова А. А.</i> Функциональный анализ жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) в составе консорциев наиболее распространенных ксилотрофных базидиомицетов (Fungi: Basidiomycota) Саратовской области.....	10
<i>Бабичева О. О., Карпунина Л. В., Петерсон А. М., Голубев А. М., Абраменко И. М., Тарасова Т. Ф.</i> Особенности микокомплексов побегов персиков при их усыханиях на территории г. Саратова .....	12
<i>Бареева А. Ш., Ерофеева А. В.</i> Антибиотикорезистентность ризосферных бактерий, выделенных из аридных экосистем Астраханской области .....	14
<i>Беликов А. С.</i> Содержание тяжелых металлов в основных водотоках муниципального образования «город Саратов» .....	16
<i>Блохина И. А., Терсков А. В., Семячкина-Глушковская О. В.</i> Выведение бета-амилоида из головного мозга мыши во время глубокого сна .....	18
<i>Богомолова А. А., Басалаева Д. Л., Осмоловский А. А.</i> Фибринолитические ферменты энтомопатогенных мицелиальных грибов <i>Akanthomyces cf. aculeatus</i> , <i>Simplicillium wallacei</i> и <i>Purpureocillium takamizusanense</i> .....	19
<i>Вольников В. Р., Ульянов А. Ю., Глазкова Е. А., Комиссаров А. В., Волох О. В.</i> Интенсификация процесса удаления водонерастворимых балластных примесей холерогена-анатоксина.....	21
<i>Гаранина Д. Е.</i> Оценка эффектов воздействия мексидола и викапина в водной среде на высшие растения методом биотестирования.....	22
<i>Глазкова Е. А., Гиненко Г. Н., Комиссаров А. В., Овчинникова М. В., Лобовикова О. А., Бадарин С. А., Бибииков Д. Н., Симицына Н. В., Кириллова Т. Ю., Волосевич В. В., Никифоров А. К.</i> Тепловые характеристики иммуноглобулинов диагностических флуоресцирующих чумных .....	24
<i>Гоу М., Осмоловский А. А.</i> Гемостатически активная протеаза, образуемая микромицетом <i>Aspergillus tennesseeensis</i> .....	26
<i>Епифанов В. С., Кондратьева А. О., Кашин А. С.</i> Разнообразие форм клубнелуковиц <i>Colchicum laetum</i> , <i>C. ancurense</i> и <i>C. bulbocodium</i> var. <i>versicolor</i> .....	28
<i>Кондратьев Е. Н.</i> Видовое разнообразие гамазовых клещей (Acari: Mesostigmata: Gamasina) в колониях береговой ласточки ( <i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)) .....	30
<i>Кравченко В. Н., Тарикулиева С. Э., Володина О. Ю.</i> Зараженность вшами мелких млекопитающих северной лесостепи Тоболо-Ишимского междуречья.....	32
<i>Махмудова Л. Ш., Аристархова Е. А., Дускаев М. З., Дускаев</i> Экологические исследования почв на экспериментальном участке карбонового полигона «Way Carbon» (Чеченская Республика) .....	33
<i>Овчинников И. А., Калацкая Ж. Н., Рыбинская Е. И., Герасимович К. М., Николайчук В. В., Гилевская К. С.</i> Влияние конъюгатов на основе хитозана и оксикоричных кислот на рост и развитие проростков ячменя, накопление пролина при кратковременном стрессовом воздействии .....	35
<i>Плугатарь С. А., Марко Н. В., Андреев А. А., Зыкова В. К.</i> Палинологические исследования некоторых видов и сортов роз коллекции НБС-ННЦ для целей селекции.....	38
<i>Поверенный Н. М.</i> Филогеографическая характеристика скорпионов рода <i>Mesobuthus</i> Vachon, 1950. ....	40
<i>Пшеничников Н. А.</i> Аюдагская популяция <i>Arbutus andrachne</i> L. на Южном берегу Крыма .....	42

Пятина И. С., Реут А. А. К вопросу диагностики минерального питания лилейника ( <i>Heimerocallis</i> L.) в условиях Южного Урала.....	44
Роденко Н. А., Симаков В. В., Васильева Т. И., Глушников В. А. Исследование действия импульсного магнитного поля при различной частоте разряда на антибактериальную активность бензилпенициллина натриевой соли .....	46
Рубаева А. А., Шерудило Е. Г., Шibaева Т. Г. Влияние круглосуточного освещения на суточную динамику устьичной проводимости у аборигенных и интродуцированных растений в естественной среде в Субарктике и в условиях контролируемого климата .....	48
Савицкая К. Л. Видовое разнообразие высших растений водохранилища Михайлово (Беларусь).....	50
Санникова А. В., Шарипова М. Р., Шакиров Е. В., Валеева Л. Р. Анализ интерстициальных теломерных последовательностей в геноме <i>Physcomitrium patens</i> ...	52
Симоненко А. В., Олейников А. С., Ханадеев В. А. Стратегия доставки лекарств: нанокмозиты на основе золотых нанозвезд с протравленной оболочкой диоксида кремния .....	54
Стаматиди В. Ю., Рыфф И. И. Водный режим и урожай сортов винограда западно предгорно-приморской зоны Крыма.....	56
Терсков А. В., Блохина И. А., Евсюкова А. С., Широков А. А. Фототерапия глиомы крысы во время сна и бодрствования .....	57
Трушина А. С., Прокопенко В., Попов Д. С., Медведева Ю. В., Головацкая И. Ф. Специфика получения семядольной линии каллусной культуры <i>Lychnis chalcidonica</i> .....	58
Хачатуров Э. Г., Коробко В. В. К оценке продуктивности твердой пшеницы сортов саратовской селекции .....	60
Цао Ю., Хань Ч., Осмоловский А. А. Образование фибринолитических ферментов мукоромицетами .....	63
Цветкова Н. В. Насаждения тополя бальзамического в г. Новосибирске .....	64
Шамина О. А., Дуракова О. С., Воробьева С. А., Попова Е. З., Волох О. А. Определение остаточной токсичности инактивированных клеток штаммов холерного вибриона .....	66
Шемберг А. М. Семенная продуктивность генеративных органов листовниц в Сибири .....	67
Ширяев Г. И., Воропаева О. В., Дорофеев А. М. Влияние техногенного загрязнения среды тяжелыми металлами на ризосферные микроорганизмы гелофита <i>Turpha latifolia</i> L.....	69
Шорихина Н. О., Пономарев М. П. Население амфибий степной зоны Южного Зауралья .....	72

#### НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГИСТРОВ

Афанасьева В. А., Кошелева И. С., Кузьянов Д. А., Гусев Ю. С. Эколого-токсикологическая оценка водотока с использованием многокомпонентной биотест-системы (на примере реки Большой Узень) .....	74
Вахнина А. С., Глинская Е. В., Уткин Д. В. Оценка генетического разнообразия бактерий, выделенных с растений ярового ячменя, методом RAPD-PCR .....	76
Возгорькова Е. О., Ершова А. Н. Влияние фитогормонов кинетина и эпибрассинолида на активность сукцинатдегидрогеназы растений сои, находящихся в условиях кратковременной гипоксии .....	78
Ефименко С. Ф., Пархоменко А. С., Гребенюк Л. В., Кашин А. С. Сравнительное исследование кариотипов некоторых представителей рода <i>Chondrilla</i> с использованием	

DAPI-бэндинга.....	80
<i>Златогорская Д. А., Федосов И. В., Широков А. А., Наволокин Н. А.</i> Технология фотобиомодуляции дренажной системы головного мозга во время сна для улучшения обучения и памяти мышей.....	83
<i>Казанцев А. В., Кулагин М. А.</i> Определение чувствительности к антибактериальным препаратам и способности к образованию биопленок уропатогенных штаммов <i>Escherichia coli</i> .....	84
<i>Клягин С. Д., Осмоловский А. А.</i> Фибринолитическая активность и применение протеазы микромицета <i>Aspergillus candidus</i> .....	86
<i>Курапов А. С., Рузаева И. В., Каюрова Е. А.</i> Виды природной флоры семейства <i>Brassicaceae</i> в коллекции Ботанического сада Самарского университета: разнообразие и природоохранная значимость.....	88
<i>Манжаева М. Б., Блохина И. А., Евсюкова А., Семячкина-Глушковская О. В.</i> Фотостимуляция лимфатических сосудов головного мозга новорожденных и взрослых грызунов для терапии внутрижелудочковых кровоизлияний.....	90
<i>Матвейкина Д. А., Кадырбаев М. К., Головацкая И. Ф.</i> Зависимость динамики роста и метаболизма каллусной культуры <i>Saussurea orgaadaui</i> от действия салициловой кислоты.....	92
<i>Нарышкина А. А., Ушакова С. А., Трифонов С. В., Тихомиров А. А., Грибовская И. В.</i> Возможные способы снижения токсичности жидких продуктов физико-химической утилизации экзометаболитов человека в замкнутых экосистемах.....	94
<i>Нелюбина П. Е., Павличенко В. В., Швецова Н. А., Протопопова М. В.</i> Пространственно-генетическая структура <i>Anemone altaica</i> (Ranunculaceae) на основе полиморфизма пластидной ДНК на хр. Хамар-Дабан.....	96
<i>Несен Л. Н., Мельник Т. Р., Петрякин А. С., Калиновская А. Г., Тюшкевич Ф. В.</i> Сезонная динамика активности обыкновенной гадюки ( <i>Vipera berus</i> ) в пределах Тундринского материка.....	98
<i>Полозов И. А., Казакова М. В.</i> Введение в культуру <i>in vitro</i> хризантемы корейской ( <i>Chrysanthemum × coreanum</i> (H. Lév. & Vaniot) Nakai).....	99
<i>Пушкова А. Е.</i> Зимние скопления кряквы ( <i>Anas platyrhynchos</i> ) в густонаселённых городах Саратовской области.....	102
<i>Терешко А. А., Синкевич О. В.</i> Риск завоза и адаптации карантинных болезней и вредителей плодово-ягодной продукции в Республике Карелия.....	104
<i>Федорова А. В.</i> Эколого-биологическая характеристика флоры долиново-водосборной геосистемы реки Сызранки.....	106
<i>Ханыева А., Коробко М. А.</i> Использование 3d-моделей при изучении принципов оптимальности в естествознании.....	108
<i>Щербакова Е. В., Дубровская Е. В., Галицкая А. А., Позднякова Н. Н.</i> Молекулярная и каталитическая характеристика минорной катионной пероксидазы сорго веничного.....	110

#### НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАКАЛАВРОВ

<i>Апатьева М. И., Волохина И. В., Мокеев Д. И., Галицкая А. А., Петрова Л. П., Шелудько А. В.</i> Анализ роли гибридной гистидинкиназы в регуляции механоответа бактерий рода <i>Azospirillum</i> .....	113
<i>Боровская Д. А., Боровская М. А., Петерсон А. М.</i> Микокомплекс яблонь, выращиваемых в Саратовской области.....	115
<i>Боровская М. А., Боровская Д. А., Петерсон А. М.</i> Микокомплекс винограда, выращиваемого в Саратовской области.....	117
<i>Брызгун В. Е., Петерсон А. М.</i> Структура микобиоты клубней картофеля в период	

вегетации в Саратовской области .....	119
Ганина К. А., Перевозникова Т. В. Особенности изучения раннего онтогенеза птиц в олимпиадной подготовке школьников по биологии .....	121
Гарифулин Е. Ш. Мохообразные долины реки Чусовой в пределах природного парка «Река Чусовая» .....	123
Голубев Д. М., Нестеркина Д. Д., Глинская Е. В. Оценка количественных показателей целлюлозоразлагающих бактерий, выделенных из почв г. Балаково .....	125
Гребенкина А. А., Хачатуров Э. Г., Коробко В. В. Сортвые особенности формирования элементов продуктивности колоса <i>Triticum durum</i> Desf. ....	127
Гусейнова Н. Н., Коробко В. В. Строение древесины однолетнего побега <i>Rhus typhina</i> L. ....	129
Загуляева А. А., Уткин Д. В., Перевозникова Т. В. Дождевые черви – модельный объект в проектной и исследовательской деятельности школьников по биологии и экологии .....	131
Зубехина А. А., Коробко В. В. Строение покровных тканей и коры однолетнего побега <i>Rhus typhina</i> L. ....	133
Коваль А. В., Басалаева Д. Л., Осмоловский А. А. Скрининг продуцентов протеолитических ферментов среди микромицетов – изолятов тел насекомых-обитателей республики Крым .....	135
Коптилова А. А., Гуторова О. В. Характеристика пыльцы линий кукурузы гаплоидного происхождения .....	137
Лобанов К. В., Симоненко А. В., Ханадеев В. А. Композитные наноконтейнеры на основе золотых наностержней и диоксида кремния для доставки лекарств .....	139
Лучкина Д. В., Коробко В. В. К вопросу о кристаллогенезе в однолетнем побеге древесных растений .....	141
Лямина В. М., Липей С. О., Александрова А. В., Осмоловский А. А. Характеристики протеолитической активности микоассоциированных микромицетов .....	143
Мартыненко А. В., Караваяева О. А., Щербакова Д. Е., Эль Хих А. Н., Гулий О. И. Оптимизация технологии получения фаговых антител для индикации тетрациклина .....	145
Морозова В. С., Гуторова О. В. Оценка линии-гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П на склонность к андрогенезу .....	147
Никитина Е. А., Коробко В. В. Когнитивно-визуальный подход при обучении анатомии растений в ходе подготовки школьников к олимпиаде по биологии .....	149
Овечкина А. А., Голубев Д. М., Нестеркина Д. Д., Глинская Е. В. Оценка количественных показателей физиологических групп микроорганизмов почв г. Балаково, участвующих в процессах круговорота азота .....	151
Олейников А. С., Федоненко Ю. П., Гринев В. С. Особенности флуоресценции кверцетина при взаимодействии с некоторыми оксидоредуктазами .....	152
Растерковская М. В., Плешакова Е. В., Муратова А. Ю. Деградация трехкольцевого ПАУ фенантрена ризосферной бактерией <i>Neorhizobium petrolearium</i> Rsf11 .....	155
Савенкова М. С., Демышева А. Д., Плешакова Е. В. Оценка экотоксичности меламина с использованием комплекса тест-организмов .....	157
Сергеева М. В., Коробко В. В. Особенности строения листовой подушки <i>Rhus typhina</i> L. ....	159
Скачкова А. В., Воронин М. Ю. Опыт практической реализации школьной экскурсии по изучению следовой активности животных (МАОУ образовательный центр имени М. М. Расковой г. Энгельс) .....	161

Стрельцова В. В., Басалаева Д. Л., Глинская Е. В., Осмоловский А. А. Характеристика протеазы микромицета <i>Penicillium chrysogenum</i> : ингибиторный анализ, влияние pH и температуры на активность и стабильность работы .....	163
Такашвили В. В., Торгашкова О. Н. Аккумулирующие свойства макрофитов реки Курдюм .....	165
Тарасов Д. В., Степанов М. В., Гребенюк Л. В. Рекогносцировочные альгологические исследования реки 1-ая Гуселка (г. Саратов) .....	167
Тарасов Д. В., Пархоменко А. С. Геномная <i>in situ</i> гибридизация на примере растений рода <i>Chondrilla</i> L. ....	169
Уланова А. А., Перевозникова Т. В. Методика обучения основам гигиены и первой медицинской помощи в курсе биологии на базе кадетской школы .....	171
Фадеева А. А., Кайбелева Э. И., Воронин М. Ю. Опыт работы педагога-организатора с одарёнными детьми на базе центра выявления и поддержки одарённых детей «Галактика 64».....	173
Хабиева А. Р., Касаткин М. Ю. Диагностика сформированности экологического воспитания школьников .....	176
Эль Хих А. Н., Тучина Е. С. Развитие толерантности <i>Staphylococcus aureus</i> к действию активных форм кислорода при воздействии фиолетового излучения 405 нм .....	178

### НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Богданова Ю. П., Богданова П. А. Редкие и исчезающие животные окрестностей хутора Малооголубинского Калачевского района Волгоградской области .....	180
Богданова Ю. П., Молчанов М. В. Влияние почвенного состава на растительные сообщества на примере биотопов балки Малооголубинской Калачевского района Волгоградской области .....	182
Зубов И. А., Богданов В. А. Биолого-экологические особенности произрастания рядовки зеленой ( <i>Tricholoma equestre</i> ).....	183
Исаев А. Д., Бакаева Ю. В., Зубов И. А. Характеристика природных ландшафтов балки Малооголубинской Калачевского района Волгоградской области .....	185
Катерин И. Н. Флористический состав экологической тропы в природном парке «Река Чусовая» .....	187
Коновалова А. И., Быстрова Е. Е., Хатынова Ю. А. Создание коллекции чешуекрылых гуманным способом.....	188
Пластинина Т. Ю., Кондратьева А. В. Сравнительный анализ всхожести семян гледичии трехколючковой при естественной стратификации и искусственной скарификации .....	190
Пуляшкина Н. Д., Рогова Е. С., Рогова Н. А., Ильина В. Н. Изучение поведения лысухи в 2022–2023 гг. в нижнем течении реки Безенчук (Самарская область) .....	192
Фокин Н. В., Зубов И. А. Эколого-биологическая характеристика <i>Tribulus terrestris</i> L. ....	194
Ярков В. В. Мучнисторосные грибы долины реки Чусовой (Средний Урал) .....	196



## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АСПИРАНТОВ

УДК 338.484 (574)

### О необходимости создания ООПТ на территории Индерского солянокупольного района (Республика Казахстан)

С. Г. Ахмеденова<sup>1,2</sup>, А. П. Лактионов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, г. Астрахань, Россия

<sup>2</sup>Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, г. Уральск, Казахстан

<sup>3</sup>Государственный природный заповедник «Ростовский», п. Орловский, Россия

s.akhmedenova@mail.ru

Ключевые слова: Индерский солянокупольный район, флора, редкие растения, биологическое разнообразие, особо охраняемая природная территория.

Индерский солянокупольный район – один из крупнейших солянокупольных ландшафтов Прикаспийской низменности, располагается на левобережье реки Жайык (Урал) (N48°36.139' E51°59.239') и представляет собой солянокупольное поднятие в виде платообразной возвышенности, приподнятой над окружающей пустыней на 20–25 метров. Плато Индерского поднятия сложено гипсовыми породами, которые развиты на площади около 250 км<sup>2</sup> [1].

Индерский солянокупольный район имеет длительную историю ботанических исследований, начатых во второй половины XVIII века П. С. Палласом [2].

Для создания ООПТ на территории Индерского солянокупольного района существуют следующие основания:

1. Во времена Хвалынской трансгрессии Каспийского моря Индерские горы были островами – рефугиумами, местом, где сохранились многие редкие реликтовые растения, такие как *Megacarpaea megalocarpa* (Fisch. ex DC.) V. Fedtsch., *Tragopogon marginifolius* Pavl., *Allium inderiense* Fisch. ex Bunge, *Eversmannia subspinosa* (Fisch. ex DC) V. Fedtsch и др.

2. Индерский солянокупольный район является местом описания (locus classicus) многих растений. С изученного района были описаны: *Plantago minuta* Pall., *Eremurus inderiensis* (Stev.) Regel, *Leontice incerta* Pall., *Ixiolirion tataricum* (Pall.) Schult. & Schult.f., *Eversmannia subspinosa*, *Allium inderiense* и т.д.

3. Западнее Индерского солянокупольного района расположена река Урал, которая представляет собой северо-западную границу распространения многих ирано-туранских видов, таких как *Leontice incerta*, *Ixiolirion tataricum*, *Ferula lehmannii* Boiss, *Ferula karelinii* Bunge и др. (см. рисунок) [3].

4. Индерский солянокупольный район с примыкающей к нему с запада рекой Урал являются уникальным природным комплексом с огромным разнообразием местообитаний. В исследуемом районе встречаются обнажения мезозойских, меловых и юрских отложений. В районе хребта Коктау на поверхность выходят красноцветные глины, косослоистые песчаники и конгломераты триасового возраста.

Интересные и часто уникальные местообитания находятся в степных бессточных впадинах, заполняемых весной снеговой и дождевой водой. В них встречаются своеобразные галофильно-лугово-степные сообщества растений по берегам и днищу эфемерных (временных) водоемов небольших размеров.

Карстовые формы рельефа в виде воронок, провалов, балок, служат местом произрастания проникающих с севера степных и лугово-степных растений, а обнажения карста являются местом произрастания многих растений гипсофилов. Выходы известняка и мела в урочище Белая Россошь, дают возможность произрастать растениям кальцефилам. Таким образом, мы можем встретить в Индерском

солянокупольном районе огромный спектр разнообразных местообитаний с уникальным набором характерных для них видов стенофильных растений.

5. На территории Индерского солянокупольного района находятся объекты, имеющие историческую и культурную ценность. Это объекты историко-культурного наследия: мавзолей М. Утемисова, мавзолей Малайсары би, некрополи Шелек мола, Акшадыра, Карабала-Кантемир [4].

6. Изучаемая территория имеет большую палеонтологическую ценность.

Исходя из вышеперечисленного, можно констатировать, что Индерский солянокупольный район представляют большую ценность для сохранения уникального ландшафтного и биологического разнообразия Прикаспийской низменности и, несомненно, требует безотлагательных мер по созданию на его территории особо охраняемой природной территории [1]. Так как имеется практически прямой аналог Индерского солянокупольного района – Богдинско-Баскунчакский район, то наиболее целесообразно было бы создать заповедник по образцу Государственного природного заповедника «Богдинско-Баскунчакский», так же расположенного по берегам соленого озера Баскунчак и имеющего на своей территории возвышенность – гору Большое Богдо.



**Рисунок – Леонтице сомнительное (*Leontice incerta*) и лук индерский (*Allium inderiense*) в составе весеннего эфемеретума на фоне гипсового холма (восточное побережье Индерского озера)**

Список литературы:

1. Ахмеденов К. М. и др. Природное наследие Северного Прикаспия: дневник международной научно-познавательной экспедиции, посвященной 90-летию Западно-Казахстанского университета имени Махамбета Утемисова. Уральск: РИЦ ЗКУ им. М. Утемисова, 2022. 136 с.
2. Ахмеденова К. М. Индер – перспективный геопарк Приуралья. Уральск: Западно-Казахстанский университет им. Жангир хана, 2018. 280 с.
3. Павленко А. В. и др. Флористические находки в Прикаспийском регионе (юг европейской части России, Западный Казахстан, Туркменистан) // Turczaninowia. 2023. Т 26, № 3. С. 93–101.
4. Петрищев В. П., Ахмеденов К. М. Материалы к созданию национального парка «Индер» в Западном Казахстане // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2017. № 47. С. 187–192.

**Функциональный анализ жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) в составе консорций наиболее распространенных ксилотрофных базидиомицетов (Fungi: Basidiomycota) Саратовской области**

*А. А. Ащеулова*

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

Ключевые слова: консорция, гетероконцентрированная модель, жуки, базидиомицеты.

Любая система представляет собой комплекс взаимодействующих элементов, обладающих структурой – совокупностью способов связи между ними. В консорциях ксилотрофных грибов возникают многообразные взаимоотношения с жесткокрылыми насекомыми, которые могут проявляться в зависимости как жука от гриба, так и гриба от жука [1, 2].

Консортивные связи играют важную роль в структуре консорций, определяя тип взаимодействия между консортами и их детерминантами. Структура консорций характеризуется наличием топических и трофических связей, которые являются основными компонентами формирования системы, в то время как остальные связи могут рассматриваться как второстепенные [3]. В микоконсорциях, где детерминантами выступают четыре вида ксилотрофных базидиомицетов *Cerioporus squamosus* (Huds.), *Laetiporus sulphureus* (Bull.), *Trichaptum biforme* (Fr.), *Fomes fomentarius* (L.) Саратовской области, были выявлены группы жесткокрылых: топоконсорты, трофоконсорты и фензоконсорты.

В качестве нового подхода к изучению консорций применяется гетероконцентрированная модель, которая позволяет представить структуру консорций в более наглядной форме. В этой модели каждый концентр представлен в виде окружности, с детерминантом (базидиомицетом), находящимся в центре. Внутри окружности размещаются консорты – жесткокрылые насекомые, которые находятся в данном центре. Все концентры консорции объединяются через детерминант, который в модели отображается в виде центрального стержня, пронизывающего все концентры [3]. Такая модель была построена на основе типов консортивных связей и позволяет наглядно представить взаимоотношения между ксилотрофными грибами и жесткокрылыми насекомыми (см. рисунок).

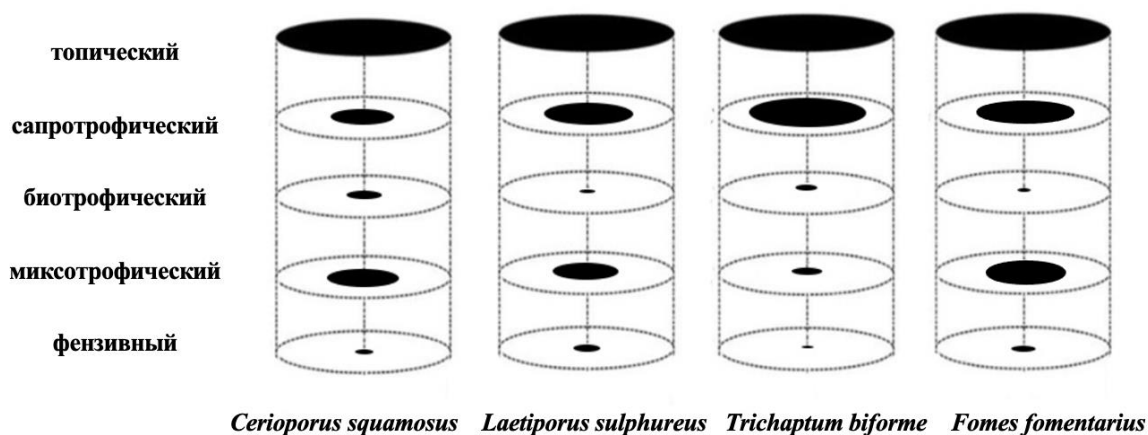


Рисунок – Гетероконцентрированная модель микоконсорций ксилотрофных базидиальных грибов Саратовской области

В ходе функционального анализа микоконсорций мы выделили 7 типов

взаимоотношений между ксилотрофными базидиальными грибами и жесткокрылыми насекомыми. Нами были отмечены субстратные, субстратно-стационарные, стационарные, сапротрофические, биотрофические, миксотрофические и фензивные типы связей. Среди этих типов, субстратные связи были наиболее распространены, особенно в эписубстратных функциональных рядах. Стационарные типы связей объединяли самое низкое количество видов жесткокрылых. В трех трофических типах связей, сапротрофы (*L. sulphureus* (52%), *T. biforme* (69%), *F. fomentarius* (43%)) были самыми распространенными. Состав жуков-мицетобионтов, обитающих на плодовых телах грибов, значительно зависит от возраста, состояния и положения на субстрате этих тел, а также от погодных и микроклиматических условий, степени повреждения насекомыми и других факторов. Молодые плодовые тела редко заселяются жуками, и их наличие низкое, что можно определить по размеру биотрофических концентров. В это время наиболее часто встречающимися видами жуков-мицетофагов являются Staphylinidae. Завершившие рост и спороношение плодовые тела становятся сухими, рыхлыми и твердыми за счет формирования димитической системы гиф [4, 5]. В консорциях *C. squamosus* миксотрофы составляют наибольшую группу (53%) из-за универсальной структуры и консистенции молодых и старых плодовых тел, а также их быстрым гниением. Число видов хищников, связанных с ксилотрофными базидиальными грибами фензивными связями, примерно одинаково, что объясняется независимостью этой группы жуков от вида гриба и его структуры, так как привлекают их другие насекомые и личинки.

Информация, полученная в результате нашего исследования, может послужить основой для дальнейшего анализа функциональных рядов жесткокрылых насекомых в консорциях ксилотрофных базидиальных грибов в Саратовской области.

Благодарности и источники финансирования работы:

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) и проверку определения базидиомицетов О. В. Костецкому (доценту кафедры ботаники и экологии СГУ имени Н. Г. Чернышевского).

Список литературы:

1. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья. Челябинск: Уральское отделение Русского энтомологического общества, 2005. 213 с.
2. Щигель Д. С. Жесткокрылые – обитатели трутовых грибов Европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09. М., 2003. 21 с.
3. Негроров В. В., Хмелев К. Ф. Современные концепции консорциологии // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2000. № 2. С. 118–121.
4. Яковлев Е. Б. Данные по экологии наиболее массовых разрушителей плодовых тел грибов в Карелии // Проблемы комплексного использования древесины и охраны природы. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1981. 68 с.
5. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья // Краткое иллюстрированное руководство к определению по имаго наиболее обычных в энтомокомплексах дереворазрушающих базидиальных грибов видов жесткокрылых. Екатеринбург, 1996. 146 с.

## Особенности микокомплексов побегов персиков при их усыханиях на территории г. Саратова

О. О. Бабичева<sup>1</sup>, Л. В. Карпунина<sup>1</sup>, А. М. Петерсон<sup>2</sup>, А. М. Голубев<sup>3</sup>,  
И. М. Абраменко<sup>1</sup>, Т. Ф. Тарасова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup>Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, г. Саратов, Россия  
olesya.sultanova.98@mail.ru

Ключевые слова: микозные усыхания, персики, плесневые грибы, естественная микрофлора.

Косточковые культуры занимают определенное место в мировом производстве плодовой продукции. К основным причинам потери урожайности деревьев персиков относят поражения вирусными, грибными, а также бактериальными возбудителями. На территории России в последние годы наблюдается значительное сокращение поступления на рынок плодов местного производства, это связано с широким распространением грибных болезней, которые способствуют гибели большей части производственных насаждений [1]. Микозные усыхания у персиков, в большинстве случаев, возникают в результате поражений грибами *Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh, сопровождающиеся почернением и растрескиванием коры деревьев [2]. Имеются литературные данные по возникновению различных патологий у косточковых деревьев, вызываемых и другим плесневым грибом рода *Fusarium* [3]. Изучение микрофлоры поражённых деревьев персиков на территории Саратовской области ранее не проводилось. В связи с этим, целью данной работы стало исследование грибной микрофлоры на побегах персиков при микозных усыханиях на территории г. Саратова.

В экспериментах *in vitro* были использованы части побегов персиков с признаками микозного усыхания и без какой-либо патологии, полученные из коллекции лаборатории молекулярно-генетической селекции плодовых культур, «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», 3–4-х-летнего возраста 4 генотипов: 178 – персик Юбилейный ранний, 344 – персик Фаворита Маритини, 347 – персик местная форма «Элита Луганская», 353 – персик местная форма №2. Перед началом эксперимента побеги не стерилизовались, и на них сохранялась их естественная микрофлора. На поверхность голодного агара в чашках Петри помещали фрагменты побегов длиной 2 см. Посевы культивировали при +28°C во влажных камерах. Количественный учёт ассоциантов проводили на 7, 14, 21 сутки. Полученные микроорганизмы были отсеяны и получены чистые культуры. Видовую принадлежность грибов устанавливали по морфологическим и культуральным свойствам с помощью определителя грибов [4].

В ходе эксперимента с поверхности поражённых скелетных частей персиков были выделены следующие грибы: *Closterosporium carpophilum*, *Alternaria alternata*, *Trichothecium roseum*, *Penicillium chrizogenum* и *Schizopyllum commune*. Среди грибов только представители рода *Closterosporium* встречались на поражённых побегах персиков у всех образцов (табл. 1). В 50 % случаев у больных деревьев обнаруживался гриб *Trichothecium roseum*. Грибы рода *Alternaria* были выделены с поражённых побегов у двух генотипов персиков.

**Таблица 1 – Встречаемость грибов (%) на побегах персиков с признаками микозного усыхания на территории г. Саратова**

Таксоны грибов	Генотипы деревьев			
	178	344	347	353
<i>Closterosporium carpophilum</i>	100	100	100	100
<i>Alternaria alternata</i>	0	25	0	25
<i>Trichothecium roseum</i>	50	75	75	0
<i>Penicillium chrizogenum</i>	0	0	0	50
<i>Schizopyllum commune</i>	0	0	0	25

С поверхности побегов без признаков поражения какой-либо патологией были выделены следующие грибы: *Alternaria alternata*, *Trichothecium roseum*, *Penicillium purpurogenum*, *Aspergillus flavus*, *Cladophialophora bantiana* и *Pyrenochaeta* sp. Встречаемость представителей рода *Alternaria* на здоровых побегах персиков составила 56,25 % (табл. 2).

**Таблица 2 – Встречаемость грибов (%) на побегах персиков без каких-либо признаков микозного усыхания на территории г. Саратова**

Таксоны грибов	Генотипы деревьев			
	178	344	347	353
<i>Alternaria alternata</i>	50	75	75	25
<i>Trichothecium roseum</i>	0	50	0	0
<i>Penicillium purpurogenum</i>	0	25	0	0
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	25
<i>Cladophialophora bantiana</i>	0	0	25	0
<i>Pyrenochaeta</i> sp.	50	0	0	0

Таким образом, исследования показали, что на пораженных деревьях встречаемость некоторых грибов выше, чем на здоровых. Гриб *T. roseum* был изолирован с поверхности побегов трёх образцов из четырёх изученных. По литературным данным [5] *T. roseum* способен противодействовать фитопатогенным грибам, таким как *Pyricularia oryzae* и *Phytophthora infestans*, выделяя во внешнюю среду противогрибковое соединение трихотецин. Роль этого гриба в развитии микозных усыханий персиков требует дальнейших исследований.

Список литературы:

1. Джигадло Е. Н. и др. Биохимическая характеристика сортообразцов косточковых культур, различающихся по устойчивости к грибным заболеваниям // Плодоводство и ягодоводство России. 2013. № 1. С. 127–135.
2. Бунчук Е. И., Звонарева Л.Н. Оценка новых селекционных форм персика на устойчивость к основным грибным патогенам // Защита и карантин растений. 2017. № 10. С. 10–12.
3. Ноздрачева Р. Г. Основы ведения промышленной культуры абрикоса в Воронежской области. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2010. 84 с.
4. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мира, 2001. 468 с.
5. Zhang X. M. Endophytic fungus *Trichothecium roseum* LZ93 antagonizing pathogenic fungi *in vitro* and its secondary metabolites // The Journal of Microbiology. 2010. V. 48, № 6. С. 784–790.

**Антибиотикорезистентность ризосферных бактерий,  
выделенных из аридных экосистем Астраханской области**

*А. Ш. Бареева, А. В. Ерофеева*

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия  
vsemdobra2014@mail.ru

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, фосфатмобилизирующие бактерии.

Устойчивость к антибактериальным препаратам нередко определяется способностью бактерий к их ферментативному гидролизу беталактамазами широкого и, в большей степени, расширенного спектра (БЛРС) [1]. Ранее исследование антибиотикорезистентности концентрировалось только на микроорганизмах, выделенных из клинического материала, что связано с актуальностью данной темы для здравоохранения. Для понимания адаптивной изменчивости, проблем эволюции и родства штаммов, выделяемых от больных и из объектов окружающей среды, интересным и актуальным может быть исследование по изучению антибиотикоустойчивости у почвенных фосфатмобилизирующих бактерий, выделенных из аридных экосистем Астраханской области.

Объектами исследования являлись штаммы фосфатмобилизирующих бактерий, относящиеся к семейству Enterobacteriaceae. Оценку антибиотикоустойчивости проводили в соответствии со стандартной методикой [2]. При оценке чувствительности к антибиотикам диско-диффузионным методом использовали 7 препаратов, относящихся к группам: карбапенемы, пенициллины, аминогликозиды, фторхинолы, диаминопиримидины. Оценку зон ингибирования роста бактерий проводили на 3, 5, 7 сутки культивирования.

В ходе исследований обнаружено, что у штамма № 1 проявляется резистентность к антибиотикам «Цефокситин», «Амоксицилин» и «Триметоприн». Это выражается в отсутствии зоны задержки роста. Антибиотик «Эртепенем» со временем усиливает свое действие, таким образом, что на 5-е сутки увеличивается зона задержки роста. Что касается устойчивости штамма к антибиотикам «Нетилмицин», «Спарфлоксацин» можно сказать, что данные препараты действуют на штамм стабильно, зона задержки роста находится приблизительно на одном уровне с течением времени. Важным замечанием является то, что антибиотики «Спарфлоксацин» и «Офлоксицин» имеют совместное действие на данный микроорганизм, то есть зоны задержки роста сливаются в одну. Кроме того, со временем в зоне действия обоих антибиотиков наблюдается вторичный рост типичных для исследуемого штамма колоний. Это значит, что на 5-ые сутки штамм развивает резистентность к «Спарфлоксацину» и «Офлоксицину».

Штамм № 2 обладает резистентностью к антибиотикам «Амоксицилин» и «Триметоприн», наблюдается отсутствие зоны задержки роста. Действие антибиотиков «Эртапинем» и «Офлоксицин» увеличивается со временем, что свидетельствует о том, что устойчивость микроорганизма к данным антибиотикам отсутствует, и не вырабатывается. Действие антибиотика «Цефокситин» на 5-ые сутки увеличивается, но незначительно (с 18 до 20 мм в диаметре), однако на 7-ые сутки остается неизменным. Интересным является действие «Спарфлоксацина», при котором сразу проявляется зона задержки роста, которая увеличивается достаточно сильно, но на 7-ые сутки диаметр уменьшается, причиной чего может быть выработка микроорганизмом резистентности.

Штамм № 3 обладает резистентностью к антибиотику «Триметоприн». Действие антибиотиков «Эртапенем» и «Нетилмицин» с течением времени практически не

изменяется. Резистентность штамма к антибиотикам «Цефокситин» и «Спарфлоксацин» не проявляется, кроме того, на 5-ые и 7-ые сутки диаметры зон задержки роста увеличиваются. Антибиотик «Офлоксацин» с течением времени теряет свое действие, это проявляется в постепенном уменьшении диаметра зоны задержки роста. Действие «Амоксицилина» проявляется ближе к 5-ым суткам, образуя зону задержки роста. Важное примечание: антибиотики «Спарфлоксацин» и «Офлоксацин» проявляют совместное действие, образуя единую зону задержки роста.

Штамм № 4 на 5-ые сутки вырабатывает резистентность к антибиотику «Триметоприн». Действие антибиотиков «Цефокситин», «Амоксицилин», «Офлоксацин» со временем уменьшается, это проявляется в уменьшении на 5-ые и 7-ые сутки диаметров зон задержки роста. Напротив, «Эртапином» с течением времени увеличивает свое действие на данный штамм. «Спарфлоксацин» на 5-ые сутки увеличивает свое действие, однако на 7-ые сутки диаметр зоны уменьшается, что может быть связано с развитием резистентности микроорганизма. «Нетилмицин» и «Офлоксацин» действуют совместно на данный штамм.

При исследовании штамма № 4 обнаружено, что данный микроорганизм устойчив к «Амоксицилину» и «Триметоприну». Кроме того, на 5-ые сутки проявилась резистентность к «Цефокситину», то есть со временем зона задержки роста пропадает. Действие остальных антибиотиков с течением времени уменьшается.

Можно сказать, что штамм № 6 обладает резистентностью к антибиотику «Триметоприн». Действие антибиотиков «Эртапином» и «Амоксицилин» увеличивается с течением времени, то есть резистентность данного штамма к указанным антибиотикам отсутствует. То же можно сказать и о взаимодействии антибиотика «Нетилмицин» и штамма № 6, так как диаметр задержки роста с течением времени колеблется, но, в целом остается на одном уровне. «Цефокситин» действует на микроорганизм слабо, диаметр зоны не превышает 6–8 мм. Что касается действия «Спарфлоксацина» и «Офлоксацина» можно сказать, что на 5-ые сутки диаметры зон задержки роста увеличиваются, однако, на 7-ые сутки – уменьшаются. Это можно объяснить началом развития антибиотикорезистентности к этим антибиотикам.

Таким образом, важно отметить, что большинство исследуемых штаммов микроорганизмов семейства *Enterobacteriaceae* обладают антибиотикорезистентностью к «Триметоприну», 2 из 6 штамма обладают резистентностью к «Амоксицилину». Большинство штаммов с течением времени развивают резистентность к антибиотикам. Кроме того, антибиотики «Спарфлоксацин» и «Офлоксацин» в 2 из 5 случаев проявляют совместное действие на микроорганизмы. Штаммы являются высокочувствительными к действию антибиотика «Офлоксацина», т.к. диаметр зоны угнетения роста составляет более 25 мм.

Благодарности и источники финансирования работы:

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23–26–00227 «Генетическая паспортизация ризосферных микроорганизмов аридных экосистем с биотехнологически значимыми свойствами».

Список литературы:

1. Сидоренко С. В. Тенденции в распространении антибиотикорезистентности среди возбудителей внебольничных инфекций на территории Российской Федерации // *Consilium Medicum*. 2007. Т. 9, № 1. С. 75–79.

2. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.



**Содержание тяжелых металлов в основных водотоках  
муниципального образования «город Саратов»**

*А. С. Беликов*

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
a.belik99@mail.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, водотоки, г. Саратов, вода-донные отложения-макрофиты.

В природе тяжелые металлы (ТМ) находятся в основном в труднодоступной для растений форме [1]. Однако, в результате антропогенного вмешательства резко возрастает содержание ТМ в природных экосистемах [2]. Учитывая избирательную способность макрофитов к поглощению различных веществ, их можно использовать как индикаторы присутствия химических веществ в водной среде [3].

Цель исследования – выявление содержания ряда ионов ТМ в системе «вода-донные отложения-макрофиты» для оценки состояния экосистемы основных водотоков муниципального образования «город Саратов» (МО «г. Саратов»). Основные задачи: установить содержание ТМ в макрофитах, пробах воды и донных отложениях (ДО).

Основу для выполнения исследований составили эколого-ботанические материалы, собранные в вегетационный период 2022–2023 гг. На десяти участках каждого водотока отбирались макрофиты (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud, *Potamogeton lucens* L. и *Lemna minor* L.), пробы воды и ДО. Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ Р 59024–2020. Для определения их химического состава использовались спектрофотометры LEKI SS2107 ("MEDIORA OY", Финляндия) и HACH LANGE DR 2800 ("HACH LANGE GmbH", Германия). Полученные данные обрабатывались статистически с использованием ПО Statistica 10.0 (StatSoft Inc.).

Река Елшанка, приток реки Курдюм, берет своё начало в районе пос. Жасминный и течёт на северо-восток через пос. Елшанка. Длина реки составляет 26 км, площадь бассейна – 176 км<sup>2</sup>. Русло реки извилистое.

Река Курдюм – приток р. Волги, исток находится в Гагаринском районе у с. Верхний Курдюм. Устье расположено на правом берегу Волгоградского водохранилища, где в месте впадения реки в Волгу в районе с. Усть-Курдюм образуется крупный Курдюмский залив. Водоток имеет длину 53 км.

Река Назаровка – приток р. Волги, протекает по территории Гагаринского и Заводского районов МО «г. Саратов». Исток – пруд в пос. Тепличный. Устье находится за Саратовским нефтеперерабатывающим заводом (СНПЗ) в 300 м от пос. Увек. Река, протяженностью 20 км, представляет собой цепь прудов.

Содержание ТМ в воде, ДО и макрофитах, отражено в таблице.

Согласно индексу загрязнения воды (ИЗВ) реки Назаровка и Елшанка относятся к 4-му классу качества и оцениваются как загрязненные, р. Курдюм – 3 класса качества и является умеренно загрязненной. Наибольшим загрязнением характеризуются Назаровка и Елшанка, в их русле находятся многочисленные крупные промышленные объекты, свалки твердых бытовых отходов и садовые некоммерческие товарищества. Наименее загрязненной является р. Курдюм, что связано с низкой антропогенной нагрузкой на этот водоток.

Расчет коэффициента донной аккумуляции (КДА) для Назаровки и Елшанки показал высокий уровень хронического загрязнения Fe, Cu, Zn, и Pb (КДА =  $n \times 10^3$  –  $n \times 10^4$ ). КДА для Курдюма показывает, что в водный объект поступило свежее загрязнение вышеперечисленных ТМ.

**Таблица – Содержание ТМ в воде (мг/л), ДО (мг/кг) и макрофитах (мг/кг)**

Реки	Пробы	Тяжелые металлы					
		Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	
Елшанка	Вода	<b>0,4±0,05</b>	<b>0,004±0,0001</b>	<b>0,02±0,007</b>	0,002±0,001	0,0001±0,0001	
	ДО	<b>13060,2±1247,1</b>	<b>47,8±6,1</b>	24,7±2,4	<b>87,4±13,2</b>	1,4±0,7	
	Растения	<i>Lemna minor</i>	3291,8±341,3	13,7±3,1	21,4±9,2	148,4±21,8	0,03±0,005
		<i>Potamogeton lucens</i>	4101,4±487,4	24,6±2,2	3,7±1,0	2313,2±258,1	0,01±0,003
		<i>Phragmites australis</i>	158,2±36,1	0,53±0,17	4,5±1,3	128,2±12,8	0,02±0,001
Курдюм	Вода	<b>0,3±0,07</b>	<b>0,002±0,0001</b>	<b>0,03±0,008</b>	0,008±0,002	0,006±0,002	
	ДО	1841,7±243,3	0,37±0,09	1,14±0,12	0,21±0,08	0,11±0,07	
	Растения	<i>Lemna minor</i>	1435,6±179,1	1,7±0,2	2,3±1,0	0,4±0,1	0,02±0,1
		<i>Potamogeton lucens</i>	1081,7±166,9	0,02±0,007	2,8±0,5	0,04±0,01	0,04±0,01
		<i>Phragmites australis</i>	126,4±27,3	1,2±0,2	3,5±0,9	0,001±0,0008	0,03±0,01
Назаровка	Вода	<b>0,5±0,06</b>	<b>0,003±0,0001</b>	0,002±0,001	0,002±0,001	0,003±0,001	
	ДО	<b>16431,3±1322,3</b>	<b>13,7±1,2</b>	17,4±3,7	<b>63,3±13,9</b>	2,7±0,2	
	Растения	<i>Lemna minor</i>	5741,4±486,2,1	21,5±8,7	6,8±1,5	14,3±1,3	0,02±0,001
		<i>Potamogeton lucens</i>	9589,2±971,5	11,3±1,5	4,8±1,1	32,6±4,4	0,0007±0,0001
		<i>Phragmites australis</i>	331,3±33,7	6,2±2,1	3,6±0,6	32,5±2,3	0,0002±0,0008

Примечание: полужирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК.

Для всех исследованных водотоков характерен одинаковый ряд интенсивности поглощения ТМ макрофитами: Fe>Cu>Mn>Zn>Pb. *Lemna minor* – свободноплавающий гидрофит, поэтому поглощение ТМ происходит всем телом растения. *Potamogeton lucens* и *Phragmites australis* – укореняющиеся гидрофит и гелофит соответственно, они аккумулируют ионы ТМ не только из воды, но и из ДО. Макрофиты способствуют вторичному загрязнению водной экосистемы, поскольку в осенний период они отмирают и ТМ поступают в воду и ДО, тем самым увеличивая их концентрацию.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о наличии значительного загрязнения водотоков ТМ, что необходимо учитывать при принятии соответствующих мер по защите и восстановлению водных экосистем.

Список литературы:

1. Макаренко Т. В., Косматьков А. С. Динамика содержания тяжелых металлов в донных отложениях и водных растениях р. Сож в районе Гомеля // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2018. № 1. С. 48–60.
2. Беликов А. С., Торгашкова О. Н. Аккумулирующие свойства макрофитов реки Волги в районе города Вольска // Сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции, в рамках IV Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт». Саратов: Амирит, 2022. С. 160–163.
3. Verma R., Dwivedi P. Heavy metal water pollution - a case study // Recent Research in Science and Technology. 2013. V. 5, № 5. P. 98–99.
4. Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» // URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 30.01.2024).
5. Перельман А. И. Геохимия ландшафта – 2-е изд., перераб. и доп.. М.: Высшая школа, 1975. 341 с.

**Выведение бета-амилоида из головного мозга мыши во время глубокого сна**

*И. А. Блохина, А. В. Терсков, О. В. Семячкина-Глушковская*  
Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
inna-474@yandex.ru

Ключевые слова: болезнь Альцгеймера, фотобиомодуляция.

В настоящее время наблюдается активный рост численности пациентов с болезнью Альцгеймера (БА), одной из причин возникновения которой является внеклеточное отложение агрегатов бета-амилоидов (А $\beta$ ) – основного компонента сенильных бляшек [1, 2] в гиппокампе головного мозга: А $\beta$  присутствует в спинномозговой жидкости головного мозга (СМЖ) и считается метаболическим отходом [3]. Механизмы, с помощью которых А $\beta$  выводится из мозга, до конца не изучены [4], хотя есть свидетельства того, что сон играет важную роль в выведении А $\beta$  [3]. Фотобиомодуляция (ФБМ) во время глубокого сна может стать новой прорывной нефармакологической технологией для активации клиренса А $\beta$  из мозга, так как появляется всё больше доказательств того, что в ночное время лимфатические пути выведения токсинов из головного мозга работают более эффективно, чем в течение дня. Целью работы является изучение влияния различий в фотоэффектах на выведение бета-амилоида из головного мозга мышцей во время бодрствования и глубокого сна.

Эксперименты выполнены на мышцах-самцах линии BALB/C весом 20–25 г (возраст 6 месяцев). Для наблюдения клиренса бета-амилоида у мышцей использовали флуоресцентный А $\beta$  (ФА $\beta$ ), который вводился в правый боковой желудочек в объёме 5 мкл при помощи хронического полиэтиленового катетера, который был вживлён за неделю до проведения основного эксперимента, со скоростью 0,1 мкл/мин. Имплантацию системы регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) проводили на пятый день после вживления хронического катетера: в теменную зону коры больших полушарий последовательно вкручивали четыре посеребрённых электрода, после чего их соединяли с контактами на датчике регистрации ЭЭГ, готовую конструкцию спаивали и фиксировали при помощи стоматологического акрила. Результаты представлены, как среднее значение  $\pm$  стандартная ошибка среднего. Отличия от исходного уровня в той же группе были оценены с помощью теста Вилкоксона. Межгрупповые различия оценивались с использованием критерия Манна-Уитни и ANOVA–2 (последующий анализ с ранговым тестом Дункана).

С помощью *ex vivo* флуоресцентной микроскопии изучали влияние ФБМ на лимфатический клиренс ФА $\beta$  из правого бокового желудочка головного мозга. Результаты показали, что интенсивность сигнала от ФА $\beta$  в глубокие шейные лимфатические узлы (ГШЛУ) была выше как у бодрствующих, так и у спящих мышцей, получавших ФБМ, чем в контрольных группах. Однако группа мышцей, получавших фотовоздействие во время глубокого сна показала более интенсивный сигнал от ФА $\beta$  в ГШЛУ по сравнению с группой, которая получала фотовоздействие во время бодрствования, что позволяет предположить более эффективную ФС-опосредованную стимуляцию лимфатического клиренса ФА $\beta$  в ночное время, чем в течение дня. Сон сопровождался более высоким накоплением ФА $\beta$  в ГШЛУ, чем бодрствование, что позволяет предположить естественную активацию клиренса ФА $\beta$  из мозга, который значительно увеличился после ФБМ.

Таким образом, данная серия экспериментов демонстрирует, что ФБМ стимулирует лимфатический клиренс ФА $\beta$  из головного мозга мышцей эффективнее во время сна, чем во время бодрствования, что может быть связано с естественной ночной

активацией лимфатического выведения Аβ из головного мозга.

Благодарности и источники финансирования работы:  
Поддержано грантом РФФ 23–75–30001.

Список литературы:

1. Erkinen M. G. et al. Clinical neurology and epidemiology of the major neurodegenerative diseases // Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 2018. V. 10. P. 33–118.
2. Benilova I. et al. The toxic A oligomer and Alzheimer's disease: An emperor in need of clothes // Nature Neuroscience. 2012. V 15. P. 349–357.
3. Mestre H. et al. Perivascular spaces, glymphatic dysfunction, and small vessel disease // Clinical Science. 2017. V. 131. C. 2257–2274.
4. Xie L. et al. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain // Science. 2013. V. 342. P. 373–377.

УДК 577.152.34

**Фибринолитические ферменты энтомопатогенных мицелиальных грибов  
*Akanthomyces cf. aculeatus*, *Simplicillium wallacei* и *Purpureocillium takamizusanense***

А. А. Богомолова<sup>1</sup>, Д. Л. Басалаева<sup>2</sup>, А. А. Осмоловский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Утрехтский университет, г. Утрехт, Нидерланды

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,

г. Москва, Россия

a1a2bogomolova@gmail.com

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

Одной из наиболее актуальных задач биотехнологии является поиск новых продуцентов протеолитических ферментов, способных эффективно гидролизовать как фибриллярные, так и глобулярные белки. Данные ферменты используются в большом количестве различных отраслей пищевой промышленности, косметологии, медицины и биотехнологии. Микромицеты, связанные с насекомыми, и особенно энтомопатогены, могут быть потенциальными кандидатами на эту роль, так как их способ жизни связан с необходимостью переваривания питательных веществ из насекомых. Таким образом, грибы-возбудители болезней насекомых могут оказаться перспективным источником протеолитических ферментов для создания биотехнологических продуктов, которые можно использовать в различных областях: от медицины и пищевой промышленности до косметологии [1, 2].

В связи с этим целью исследования было изучение протеолитического потенциала энтомопатогенных грибов видов *Akanthomyces cf. aculeatus*, *Simplicillium wallacei* и *Purpureocillium takamizusanense* в отношении ряда белковых субстратов в процессе глубинного культивирования.

Объектами исследования служили 3 штамма энтомопатогенных грибов из коллекции кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова.

На первом этапе работы нами был проведен первичный скрининг протеолитической активности среди 15 штаммов представителей энтомопатогенных микромицетов, по результатам которого было отобрано три наиболее перспективных штамма. Данные штаммы показали высокую активность в отношении таких белковых субстратов, как эластин, фибрин, коллаген и казеин [3].

Для дальнейшего исследования данные штаммы были протестированы на способность к продукции внеклеточных протеолитических ферментов в условиях глубинного культивирования.

Методика заключалась в ступенчатом культивировании: на первом этапе штаммы культивировали в течение 7 суток в пробирках со скошенной питательной средой сусло-агар, затем споры переносили в посевную питательную среду для обеспечения прорастания спор и получения биомассы. Далее 3 % биомассы переносили в колбы с ферментационной средой. В работе были использованы два типа ферментационной среды – ферментационная среда 1 и 2 (ФС1 и ФС2 соответственно), которые отличались по источнику азота.

Культуры инкубировали в условиях постоянного перемешивания со скоростью 200 об./мин в течение 9 суток. Для оценки протеолитической активности каждый день отбирали 5 мл культуральной жидкости, которую отделяли фильтрованием через фильтровальную бумагу («ФС», Россия) с использованием фильтровальной установки, состоящей из колбы Бунзена и воронки Бюхнера.

Активность оценивали с использованием окрашенных субстратов азоказеина (Sigma, USA), азоколлы (EMD Millipore Corp., USA), суспензии бычьего фибриногена (MP Biomedical, New Zealand) и хромогенных пептидных субстратов (S-2251, S-4760 и S-2444, Sigma, USA) по стандартной методике [4].

В результате были получены данные о динамике накопления внеклеточных протеаз в культуральной жидкости исследуемых штаммов в условиях глубинного культивирования. Было установлено, что у всех штаммов наблюдался рост общей протеолитической, урокиназной, плазминоподобной, а также эластолитической и фибриногенолитической активности на 4 – 5 сутки культивирования. Коллагенолитическая активность протеолитических ферментов в культуральной жидкости исследуемых штаммов была значительно ниже в сравнении с другими субстратами.

В ходе ежедневного измерения активности экзоферментов по отношению к целевым субстратам, было установлено, что самым эффективным продуцентом протеаз среди исследуемых штаммов является *Akanthomyces* cf. *aculeatus* на ФС1. Максимум секреции протеолитических ферментов этого штамма был выявлен на пятые сутки культивирования.

#### Список литературы:

1. Евлахова А. А. Энтомопатогенные грибы. Систематика, биология, практическое значение. Ленинград: Наука, 1974. 260 с.
2. Fernandes E. G. et al. Variability in the production of extracellular enzymes by entomopathogenic fungi grown on different substrates // Brazilian Journal of Microbiology. 2012. V. 43, № 2. P. 827–833.
3. Басалаева Д. Л., Богомолова А. А., Осмоловский А. А. Протеолитические ферменты энтомопатогенных мицелиальных грибов семейства Corduscipitaceae // Исследования молодых ученых в биологии и экологии: сборник научных трудов. Саратов: Амирит, 2023. С. 14–15.
4. Тиморшина С. Н. и др. Протеолитические ферменты микромицетов рода *Aspergillus*, гидролизующие фибриллярные белки, для биомедицины и биотехнологических процессов // Вестник Московского университета. Биология. 2022. Т. 77, № 3. С. 195–200.

### Интенсификация процесса удаления водонерастворимых балластных примесей холерогена-анатоксина

В. Р. Вольников, А. Ю. Ульянов, Е. А. Глазкова, А. В. Комиссаров, О. В. Волох  
ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора,  
г. Саратов, Россия  
glazkova-91@internet.ru

Ключевые слова: водонерастворимые балластные примеси, холероген-анатоксин, удаление, проточная микрофильтрация.

Одним из специфических компонентов промышленно производимой ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» холерной химической вакцины является холероген-анатоксин. До осуществления его стерилизующей фильтрации производится удаление неспецифических водонерастворимых балластных веществ за счет двукратного сепарирования при различных режимах. В случае использования 30 дм<sup>3</sup> препарата (среднее количество получаемого за один технологический цикл производства) время выполнения этой процедуры составляет до 24 ч. Существенная продолжительность этого процесса вызвала необходимость поиска альтернативной процедуры. Успешное применение тангенциальной ультрафильтрации для концентрирования основных иммуногенов холерной химической вакцины [2–4] и данные литературы [1, 5–8] дали основания предложить с целью удаления неспецифических водонерастворимых веществ проточную микрофильтрацию.

В экспериментах применялся плоскостной фильтрационный элемент с порогом отсеки 0,45 микрон с площадью фильтрации, равной 0,1 м<sup>2</sup>. Объем препарата варьировал от 10 до 30 дм<sup>3</sup>. Результаты экспериментов изложены в таблице. Их анализ позволяет сделать вывод об уменьшении времени проведения альтернативного процесса от 3,5 до 4 раз. Также следует сказать о том, что использование предложенного технологического приема не давало уменьшения содержания иммуногена, которое наблюдалось при применении регламентных процедур.

**Таблица – Результаты применения проточной микрофильтрации для удаления неспецифических водонерастворимых веществ**

Объем фильтруемого препарата, дм <sup>3</sup>	Количество белка, мг/см <sup>3</sup>			Активность иммуногена в реакции диффузионной преципитации, обратный титр			Продолжительность процедуры, ч	
	СКЖ	Р	М	СКЖ	Р	М	Р	М
10	6,5	6,1	6,4	18	16	18	8	2
20	6,5	6,1	6,4	18	16	18	15	4
30	6,3	6,0	5,9	16	14	16	22	6

Примечание. СКЖ – сепарированная культуральная жидкость, Р – холероген-анатоксин, получаемый регламентным способом, М – холероген-анатоксин, получаемый с применением проточной микрофильтрацией.

#### Список литературы:

- Игнатов П. Е., Федоров А. И. Способ получения протективного внеклеточного антигена бруцелл, обладающего способностью провоцировать хронические формы бруцеллеза // Патент РФ № 2199340, МПК А61К39/10; 27.02.2003.
- Комиссаров А. В. и др. Применение ультрафильтрации для концентрирования и очистки антигенов // Проблемы особо опасных инфекций. 2015. № 1. С. 79–84.
- Комиссаров А. В. и др. Разработка экспериментальной технологии концентрирования протективных антигенов штамма *Vibrio cholerae* 569В Инаба методом тангенциальной ультрафильтрации // Проблемы особо опасных инфекций. 2011. Т. 3, № 109. С. 75–77.

4. Комиссаров А. В. и др. Способ концентрирования нативного О-антигена *Vibrio cholerae* // Патент РФ № 2445116, МПК А61К 39/106, А61Р 31/04, G01N 33/569; 20.03.2012
5. Лебедев Н. В. Получение анатоксинов *Actinobacillus pleuropneumoniae* и изучение их свойств: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 06.02.02. Владимир, 2013. 27 с.
6. Микшис Н. И. и др. Способ получения протективного антигена и белка S-слоя EA1 из аспорогенного рекомбинантного штамма *B. anthracis* 55ТПА-1Sp<sup>o</sup> // Патент РФ № 2492241, МПК С12Р 21/00; 10.09.2013.
7. Соловьев С. А., Трохименко Е. П., Дзюблик И. В. Разработка технологии получения противоротавирусной вакцины // Технологии и оборудование в химической, биотехнологической и пищевой промышленности. Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием // Бийск, 2010. С. 176–181.
8. Шевцов А. Н. и др. Способ получения сибиреязвенного протективного антигена // Патент РФ № 2340356, МПК А61К39/07; 10.12.2008.

УДК 504.054

### **Оценка эффектов воздействия мексидола и вискипина в водной среде на высшие растения методом биотестирования**

*Д. Е. Гаранина*

Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых,  
г. Владимир, Россия  
degaranina@gmail.com

Ключевые слова: мексидол, вискипин, биотестирование, кресс-салат.

Увеличение производства и потребления лекарственных средств во второй половине XX столетия во всех странах вызвало загрязнение ими природных сообществ и биоты [1]. Лекарственные средства являются биологически активными веществами, поэтому в природных экосистемах они будут влиять на ростовые процессы продуцентов, особенно на ранних стадиях онтогенеза.

Для оценки эффектов воздействия лекарственных средств и их компонентов в объектах окружающей среды широко используется методы биотестирования, позволяющие оперативно, просто и объективно оценивать их экологическую опасность [2]. Объектом исследования являлись мексидол и вискипин. Мексидол – антиоксидант и антигипоксанта широкого спектра действия, используется в лечебной практике для внутримышечных и внутривенных инъекций. Вискипин (эмоксипин) – глазные капли, 1 % раствор в стеклянных флаконах на 10 мл. Действующим веществом мексидола является 3-окси-6-метил-2-этилпиридина сукцинат, вискипина – 3-окси-6-метил-2-этилпиридина гидрохлорид [3]. В составе глазных капель содержатся также вспомогательные вещества: в мг/мл гидроксипропилбетадекс (20); калия дигидрофосфат (10,8); натрия бензоат (2); натрия гиалуронат (1,8); натрия гидрофосфат дигидрат (0,36); 2М раствор  $H_3PO_4$  до pH 4,0–5,0.

Для исследования использовались растворы препаратов в диапазоне концентраций 0,01–100 мг/дм<sup>3</sup>, полученные путем последовательного разбавления препаратов либо в дистиллированной воде, либо в отстоянной водопроводной воде. Основными компонентами ее являются в мг/дм<sup>3</sup>: Sr (0,14); Ba (0,22); Cl<sup>-</sup> (18,3); SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (16,3); NO<sub>3</sub> (2,9); PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (0,2); NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,03); HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (199,8). Эффекты действия выбранных препаратов изучили по методике, изложенной в работе [4] по величине показателя биологической активности вещества (ПБА).

ПБА рассчитывали по соотношению:  $ПБА = (\bar{L}_x / \bar{L}_0) \cdot 100, \%$  где  $\bar{L}_x$  и  $\bar{L}_0$  – средние значения длины корня и высоты побега в опыте и контроле соответственно.

Значения ПБА более 100 % свидетельствует о стимуляции ростовых процессов, менее 100 % – об их ингибировании. Влияние лекарств на растения оценивалось также по показателю коррекции роста растений (ПКР). ПКР рассчитывали по соотношению:  $ПКР = \bar{L}_к / \bar{L}_п$ .

ПКР характеризует продукционный потенциал растения и его адаптационные возможности к стрессовым факторам окружающей среды. В качестве тест-организма были выбраны семена кресс-салата посевного (*Lipidum sativum* L.). На рисунке представлены эффекты воздействия мексидола и виксипина при различных концентрациях на проростки кресс-салата в дистиллированной и водопроводной воде.

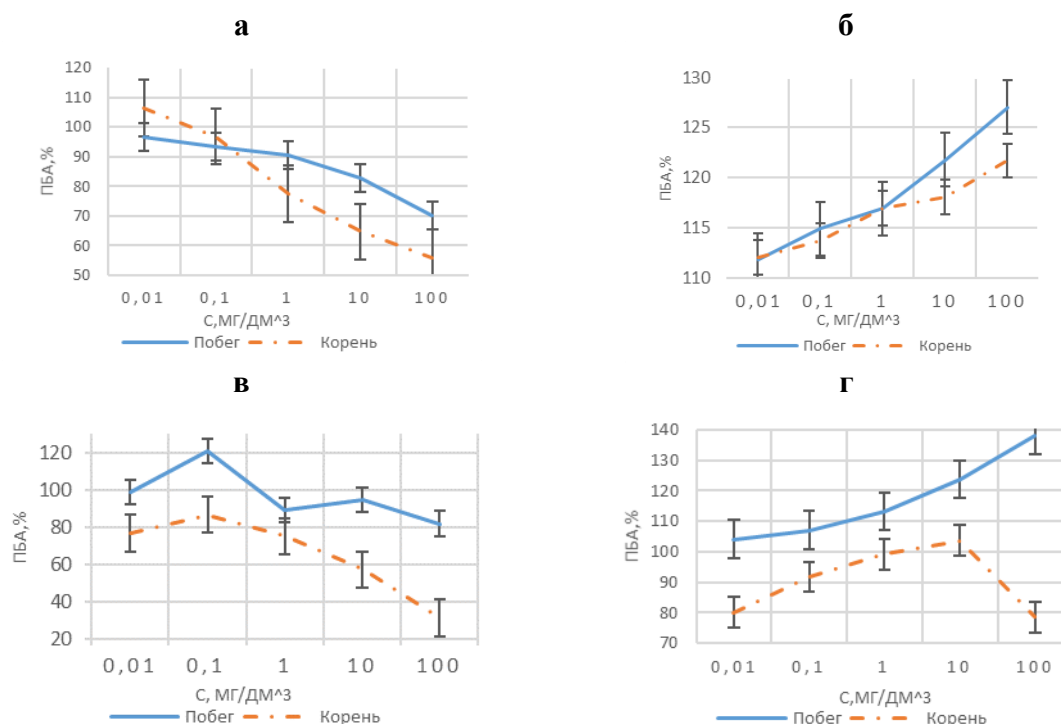


Рисунок – Зависимость величины ПБА побега и корня кресс–салата от концентрации мексидола и виксипина в дистиллированной (а, б) и водопроводной (в, г)

Таблица – Зависимость ПКР лекарств от концентрации и состава

Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Мексидол		Виксипин	
	Дистиллированная вода	Водопроводная вода	Дистиллированная вода	Водопроводная вода
0,01	1,71	1,58	1,55	1,48
0,1	1,61	1,15	1,53	1,58
1	1,32	1,10	1,55	1,11
10	1,21	1,23	1,50	1,05
100	1,23	0,56	1,48	1,08

Проведенное исследование показало, что в дистиллированной воде мексидол в интервале исследуемых концентраций ингибирует рост побега салата, а виксипин стимулирует. При воздействии мексидола на корень при концентрации 0,01 мг/дм<sup>3</sup> происходит незначительная стимуляция роста, в интервале концентраций 0,1–100 мг/дм<sup>3</sup> – ингибирование, возрастающее с увеличением концентраций. В водопроводной воде виксипин во всем диапазоне концентраций стимулирует рост побега, а мексидол стимулирует рост побега лишь при малых концентрациях (0,01–0,1 мг/дм<sup>3</sup>), при концентрациях 1–100 мг/дм<sup>3</sup> наблюдается ингибирование. Мексидол и виксипин в водопроводной воде при всех концентрациях ингибирует рост корня салата. ПКР во



всех опытах с увеличением концентраций снижается, что связано с преимущественным ингибированием роста корня.

Список литературы:

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

УДК 579.66

### **Тепловые характеристики иммуноглобулинов диагностических флуоресцирующих чумных**

*Е. А. Глазкова, Г. Н. Гиненко, А. В. Комиссаров, М. В. Овчинникова,  
О. А. Лобовикова, С. А. Бадарин, Д. Н. Бибилов, Н. В. Сеницына,  
Т. Ю. Кириллова, В. В. Волосевич, А. К. Никифоров*

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

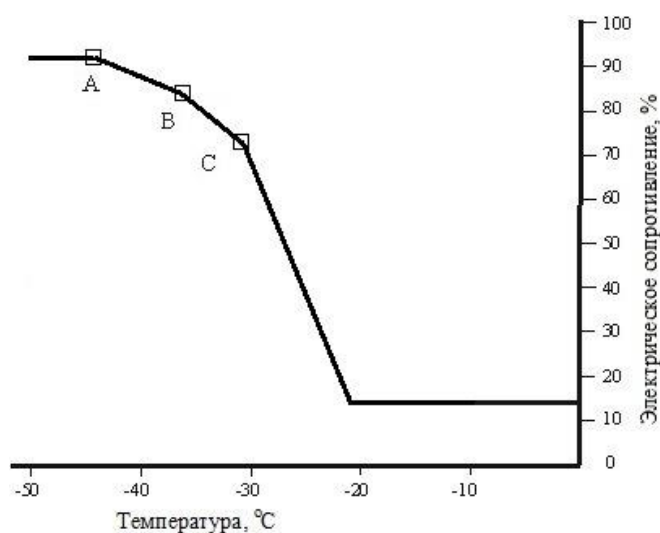
Ключевые слова: иммуноглобулины диагностические флуоресцирующие чумные, лиофилизация, эвтектические температуры.

Одним из зарегистрированных диагностических препаратов, применяемых для лабораторной диагностики чумы, являются иммуноглобулины диагностические флуоресцирующие чумные, адсорбированные лошадиные, лиофилизат для диагностических целей (ИДФЧ), производство которого осуществляется в ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора. Высушивание ИДФЧ посредством лиофилизации осуществляется с применением сублимационной сушильной установкой Heto Power Dry PL 9000/90 (Thermo Fisher Scientific, Дания). В ряде случаев после сушки ИДФЧ мы были вынуждены отбраковывать препарат по показателю «внешний вид» в силу того, что происходило «вспенивание» продукта. Следует отметить, что процент брака достигал в ряде случаев 60 %. Опыт эксплуатации вышеназванного оборудования выявил ряд его недостатков, к существенным, а иногда и к критичным, следует отнести невозможность замораживания препаратов непосредственно в продуктовой камере лиофилизатора, а также отсутствие такого функционала как охлаждение препарата в ходе проведения процесса сушки. Вышеперечисленных недостатков лишена имеющаяся в нашем распоряжении сублимационная сушильная установка Epsilon 2-6D (Martin Christ, Германия), поэтому логичным выглядела попытка ее применения для лиофилизации ИДФЧ. Следует отметить, что подбор параметров лиофилизации в каждом конкретном случае является сложной технологической задачей [1].

Основными характеристиками вещества, на знании которых существует возможность установить требуемые параметры процедур замораживания и последующей сублимации, являются температуры полного замерзания, нижняя и

верхняя эвтектическая температуры [2–5].

С целью установления указанных характеристик ИДФЧ использовали методику, описанную L. Rey [6]. В ходе реализации эксперимента осуществляют одновременное определение температуры изучаемого вещества и электрического сопротивления (LyoRx) в ходе заморозки с дальнейшим оттаиванием материала. Этот методический подход был успешно использован для определения вышеназванных показателей у специфических иммуногенных компонентов холерной химической вакцины [7]. Проведенные исследования, результаты которых представлены на рисунке, дали основания констатировать, что температура полного замерзания, нижняя и верхняя эвтектические температуры составляют: минус 43°C, минус 37°C и минус 32°C соответственно. Пользуясь полученными значениями температур, а также рекомендациями изложенных рядом исследователей [3, 8–10], можно говорить о целесообразности замораживания ИДФЧ до минус 42–47°C (на 5–10°C меньше величины нижней эвтектической температуры) и сублимации препаратов при температуре минус 32–37°C.



**Рисунок – Кривая, выражающая взаимосвязь электрического сопротивления и температуры ИДФЧ**

Результаты работы дают возможность проведения экспериментальных работ по дальнейшему обоснованию режимов лиофилизации ИДФЧ на машине Epsilon 2-6D.

Список литературы:

1. Пушкарь В. Г. и др. Усовершенствование процесса лиофильного высушивания иммунобиологических препаратов на современном оборудовании // Вестник ВолГМУ. 2011. Т. 40, № 4. С. 65–68.
2. Гусаров Д. А. Лиофилизация биофармацевтических белков (миниобзор) // Биофармацевтический журнал. 2010. Т. 2, № 5. С. 3–7.
3. Нежута А. А., Сербис Е. С. Разработка научно-обоснованных режимов сублимационной сушки биопрепаратов // Биотехнология. 2001. № 6. С. 59–67.
4. Комиссаров А. В. и др. Лиофилизация живых вакцин // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. 2018. Т. 14, № 3. С. 56–73.
5. Tang X., Pikal M. Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: practical advice // Pharm. Res. 2004. V. 21. P. 191–200.
6. Rey L., May J. C. Freeze drying/lyophilization of pharmaceutical and biological products. London: Informa Healthcare, 2010. 564 p.
7. Комиссаров А. В. и др. Исследование процесса сублимационного высушивания иммуногенов холерной химической вакцины // Проблемы особо опасных инфекций. 2016. № 1. С. 90–93.
8. Constantino H. R., Pikal M. J. Lyophilization of biopharmaceuticals. Arlington. USA: AAPS Press,

2004. 686 p.

9. Pikal M. J., Rambhatla S., Ramot R. The impact of the freezing stage in lyophilization: Effects of the ice nucleation temperature on process design and product quality // American Pharmaceutical Review. 2002. V. 5. P. 48–53.

10. Searles J. A., Carpenter J. F., Randolph T. W. The ice nucleation temperature determines the primary drying rate of lyophilization for samples frozen on a temperature-controlled shelf // Journal of Pharmaceutical Sciences. 2001. V. 90. P. 860–871.

УДК 577.152.34

### Гемостатически активная протеаза, образуемая микромицетом

#### *Aspergillus tennesseensis*

М. Гоу, А. А. Осмоловский

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,

г. Москва, Россия

goumingxuan1998@gmail.com

Ключевые слова: *Aspergillus tennesseensis*, фибринолитический фермент, протеазы микромицетов.

Большинство диагностических наборов для выявления заболеваний системы гемостаза содержат белки из яда змей, способные активировать протеин С, фактор X и другие связанные с системой гемостаза белки [1]. Однако эти белки из яда змей очень дороги и их трудно получать, в том числе из-за проблем этики в отношении животных, опасностей, возникающих при разведении змей, и масштабировании производства. В связи с этим они не подходят для массового промышленного производства. Микроорганизмы обладают способностью преодолеть все недостатки животных как источников протеолитических ферментов. В последние годы появилось много исследований о внеклеточных протеазах грибов-микромицетов, которые оказывают значительное влияние на плазменные белки, особенно микромицетов рода *Aspergillus* [2]. Их протеазы обладают высокой протеолитической активностью, высокой специфичностью к субстрату, как и у протеаз из яда змей, что делает протеазы микромицетов *Aspergillus* отличной альтернативой.

*Aspergillus tennesseensis* – это недавно открытый вид *Aspergillus*, обнаруженный в 2012 году в штате Теннесси, США. *Aspergillus tennesseensis* образует толстостенные конидии и не растет при температуре выше 37°C. В процессе роста на среде Блейкли с мальтозой конидии приобретают серо-зеленый цвет [3]. *Aspergillus tennesseensis* относится к группе «*Aspergillus versicolor*». Известно, что *Aspergillus versicolor* образует протеазы, способные гидролизовать хромогенные пептиды белковых субстратов системы гемостаза человека [4]. Однако исследований биологии *Aspergillus tennesseensis* очень мало, а работ по изучению свойств протеазы этого гриба нет. Поэтому очень интересно исследовать протеазы, образуемые *Aspergillus tennesseensis*, и их влияние на систему гемостаза. Протеолитическая активность, особенно фибринолитическая или коллагенолитическая активность протеаз, секретируемых *Aspergillus*, может быть использована в медицинской практике для гидролиза фибрина, некротических тканей, гноящихся выделений и тромбы из открытых ран. Уже существует препарат под названием «фибриногеназа» (используется для инъекций) – 2 белок, извлеченный из яда *Gloydius blomhoffi siniticus*, зарегистрированный в Китае (патент H11022110), применяемый для лечения церебрального инсульта и гиперкоагуляционного состояния.

В настоящее время количество заболеваний, связанных с тромбозами, особенно

инсультами, имеет тенденцию к росту в XXI веке. Только в 2013 году около четверти миллиарда человек перенесли инсульт, и 7 миллионов человек умерли от него [5]. Перспективы внеклеточных протеаз с фибринолитической активностью, образуемых микромицетами рода *Aspergillus*, могут быть обнадеживающими и полезными. В связи с отсутствием исследований с *Aspergillus tennesseensis* относительно его внеклеточных ферментов, не говоря уже о протеолитической активности, изучение протеазы *Aspergillus tennesseensis* является очень необходимым и значимым.

Целью данной работы является поиск гемостатически активных протеаз, образуемых *Aspergillus tennesseensis*, и изучение возможности их использования в качестве альтернативного метода тромболитической терапии и заменителей в составе диагностических наборов.

Задачи работы включают:

1. Культивирование *Aspergillus tennesseensis* на средах различного состава и изучение динамики накопления протеаз в условиях глубинного культивирования.

2. Получение и разделение препарата внеклеточных протеаз микромицета *Aspergillus tennesseensis*.

3. Изучение биохимических, физико-химических и специфических свойств выделенной протеиназы *Aspergillus tennesseensis*.

Протеаза, выделенная из культуральной среды микробактерии *Aspergillus tennesseensis* методом осаждения сульфатом аммония и последующих диализа и изоэлектрофокусирования, проявила высокую фибринолитическую активность после взаимодействия с хромогенным пептидным субстратом плазмина S-2251. С помощью электрофореза было обнаружено, что молекулярная масса этой протеазы составляет около 60 кДа. Измерив реакции с S-2251 в диапазоне градиенте температуры и pH, мы обнаружили, что оптимальный диапазон pH активности фермента составляет от 7 до 10, а оптимальная рабочая температура – от 30 до 45°C. После завершения электрофореза гель окрашивали реагентом Шиффа и обнаруживали, что протеаза гликозилирована. Изучение реакции этого фермента с S-2251 в присутствии различных ингибиторов протеаз позволило сделать вывод, что она нечувствительна к большинству используемых ингибиторов.

Список литературы:

1. Stocker. K. F. et al. Characterization of the protein C activator protac® from the venom of the Southern Copperhead (*Agkistrodon contortrix*) snake // *Toxicon*. 1987. V. 25, № 3. P.239–252.

2. Osmolovskiy A. A. et al. *Aspergillus ochraceus* micromycetes – producers of extracellular proteinases-protein C activators of blood plasma // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2012. V. 48, № 5. P. 488–492.

3. Nguyen T. T. et al. Five New Records of the Family Aspergillaceae in Korea, *Aspergillus europaeus*, *A. pragensis*, *A. tennesseensis*, *Penicillium fluviserpens*, and *P. scabrosum* // *Mycobiology*. 2020. V. 48, № 2. P. 81–94.

4. Osmolovskiy A. A. et al. Ability of extracellular proteinases of micromycetes *Aspergillus flavipes*, *Aspergillus fumigatus*, and *Aspergillus sydowii* to affect proteins of the human haemostatic system // *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 2017. T. 72, № 1. P. 20–24.

5. Feigin V. L. et al. Update on the Global Burden of Ischemic and Hemorrhagic Stroke in 1990–2013: The GBD 2013 Study // *Neuroepidemiology*. 2015. T. 45, № 3. P. 161–176.

**Разнообразие форм клубнелуковиц *Colchicum laetum*, *C. ancyrense*  
и *C. bulbocodium* var. *versicolor***

*В. С. Епифанов, А. О. Кондратьева, А. С. Кашин*

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

Ключевые слова: *Colchicum laetum* L., *Colchicum ancyrense* B.L. Burt, *Colchicum bulbocodium* var. *versicolor* (Ker Gawl.) K. Perss., геометрическая морфометрия, форма клубнелуковицы.

Объектом исследования является редкий поликарпический род *Colchicum sensu lato*, являющийся эфемероидом с особенным циклом вегетации. У многих видов, в частности у *C. laetum* L., листья образуются весной одновременно с плодами, затем листья, а позже и клубнелуковицы, постепенно отмирают и летом наступает период покоя; одновременно формируется новая клубнелуковица; цветки распускаются осенью до появления листьев. У других видов, в частности у *C. ancyrense* B.L. Burt и *C. bulbocodium* (Ker Gawl.) K. Perss., цветки появляются весной одновременно с листьями, плодоношение наступает в апреле – мае [1].

Целью работы является изучение межвидовой морфологической изменчивости форм клубнелуковиц внутри рода *Colchicum sensu lato* Европейской России по результатам геометрического морфометрического анализа [2].

Сбор материала проводился в 2021–2023 гг. в 4-х популяциях *C. ancyrense*, 13-ти популяциях *C. laetum* и 12-ти популяциях *C. bulbocodium* var. *versicolor*. Вначале гербарные образцы клубнелуковиц фотографировали при одинаковом увеличении на белом фоне с масштабной линейкой. На полученных изображениях с помощью программ «tpsUtil» и «tpsDig2» [3] размещали 5 фиксированных меток, а также четыре контура. Метки № 1, 2, 5 обозначали форму донца; метки № 3 и 4 – место перехода клубнелуковицы в стебель. Первый и четвертый контуры состояли из равноудаленных друг от друга 10 полуметок, а второй и третий – из 20.

Объём исследуемой выборки для *C. ancyrense* составил 30 оцифрованных изображений клубнелуковиц, для *C. laetum* – 135, и для *C. bulbocodium* var. *versicolor* – 215. В качестве входных данных для анализа формы использовались координаты меток и полуметок.

Для выявления основных направлений изменчивости формы клубнелуковицы, использовали анализ главных компонент (Principal Component Analysis) [4].

В результате проведенного анализа, было установлено, что первые две главные компоненты объясняют 77 % вариации формы. *C. bulbocodium* var. *versicolor* и *C. laetum* имеют довольно широкий разброс по форме клубнелуковиц как вдоль первой, так и вдоль второй главной компоненты. Их облака рассеяния практически полностью перекрываются между собой, что указывает на высокий уровень разнообразия формы клубнелуковиц и невозможность четкой идентификации видов по данному параметру (см. рисунок).

*C. ancyrense* характеризуется меньшим, в сравнении с двумя другими видами, разнообразием форм клубнелуковиц. Все образцы данного вида расположились в области отрицательных значений второй главной компоненты, соответствующих продолговатой форме клубнелуковицы с неявным переходом в широкое донце.

Регрессионный анализ показал отсутствие статистически значимой зависимости формы клубнелуковицы от логарифма размера центроида, выступающего в качестве размерного показателя (см. таблицу).

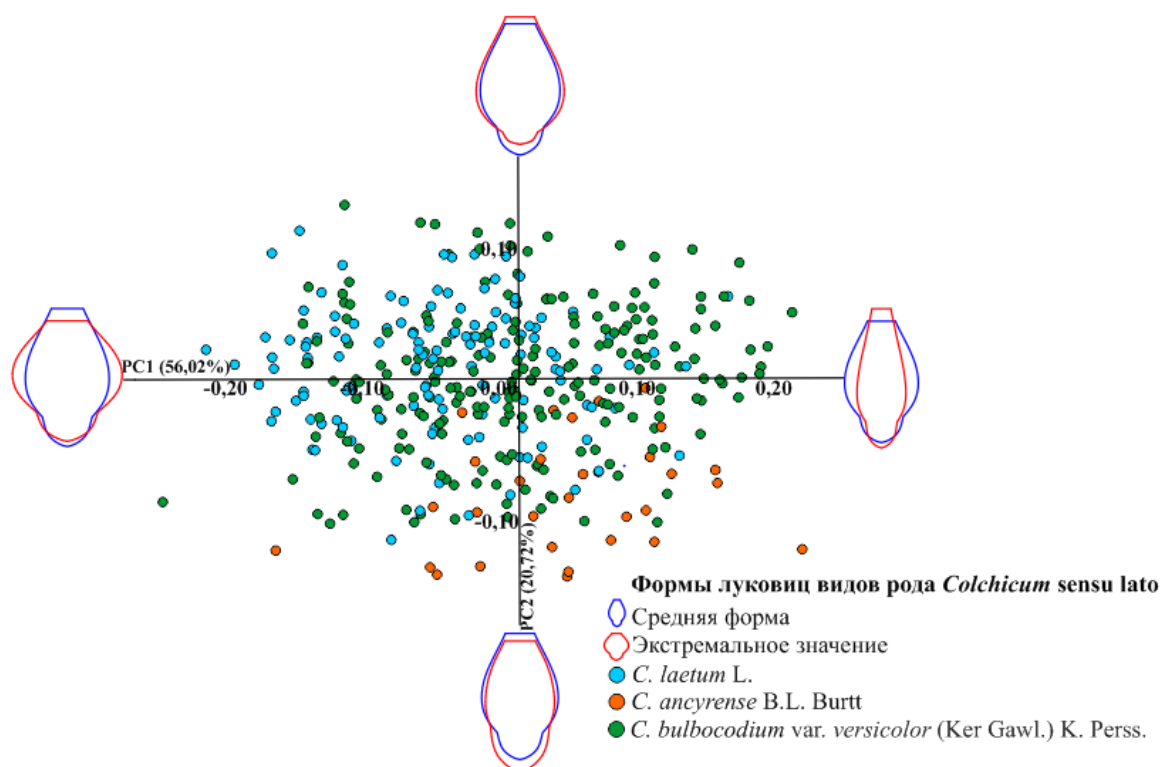


Рисунок – Изменчивость формы клубнелуковиц в пространстве первых двух главных компонент

Таблица – Результаты регрессионного анализа

P-value(уровень значимости)	0,0906
Общая дисперсия	4,5340
Предсказанная дисперсия	0,0261
Остаточная дисперсия	4,5078
Доля предсказанной дисперсии(%)	0,5767

Таким образом, аллометрия не является ведущим фактором изменчивости формы клубнелуковицы у исследованных образцов трёх видов *Colchicum sensu lato*. Средние формы у видов *C. ancyrense* и *C. laetum* заметно отличаются между собой и от каркаса средней формы по генеральной совокупности. Имеют место различия в средней части, а также в форме донца основания клубнелуковицы. Средняя форма *C. bulbocodium* var. *versicolor* оказалась наиболее близка к каркасной форме по генеральной совокупности.

Список литературы:

1. Скворцов А. К. Флора Нижнего Поволжья. Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 435 с.
2. Васильев А. Г., Васильева И. А., Шкурихин А. О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 471 с.
3. Rohlf F.J. The tps series of software // *Hystrix*. 2015. V. 26, № 1. P. 9–12.
4. Кашин А. С. и др. Геометрическая морфометрия и филогенетический анализ таксонов рода *Delphinium* юга России // *Turczaninowia*. 2023. № 2. С. 59–81.

**Видовое разнообразие гамазовых клещей (Acari: Mesostigmata: Gamasina)  
в колониях береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758))**

*Е. Н. Кондратьев*

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

Ключевые слова: гамазиды, береговая ласточка, нидиколы, гнезда, Саратовская область.

В экологическую группу нидиколов входят виды, обитающие в гнездах, норах птиц и млекопитающих. Нидиколы находят в гнездах и норах убежище, пищу, подходящий микроклимат или условия, благоприятные для размножения и расселения. Таким образом, нидиколы, пространственно и функционально концентрирующиеся вокруг гнезда и хозяина гнезда, образуют дискретную биоценологическую структуру – консорцию [1]. Много работ посвящены фаунистическим сводкам по различным группам членистоногих [1–3]. Но работ, где рассматриваются экологические факторы, которые помогают формировать фаунистический состав консорций, немногочисленны [4–5].

В сообщении представлен анализ материала энтомологических сборов, полученных при обследовании гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области с весны по осень 2019–2022 годов в Воскресенском, Красноармейском, Лысогорский, Саратовском (Гагаринский район МО «Город Саратов»), Ровенском, Хвалынском и Энгельском районах. Гнездовой материал извлекался из нор при раскапывании. Каждое гнездо помещалось в индивидуальный zip-пакет и нумеровалось. Полученный материал обрабатывался комбинированным способом – вручную и с помощью термофотоэксектора. Всего было обследовано 209 гнезда береговой ласточки. При изучении гнезд вреда живым особям птиц нанесено не было. Определение проводилось лично автором.

В результате проведенных исследований на территории Саратовской области был выявлен 21 вид гамазовых клещей, относящийся к 10 семействам (Laelapidae – 9 видов, Naemogamasidae – 3 вида, Ascidae – 2 вида, Ologamasidae – 2 вида, Ameroseiidae – 1 вид, Dermanyssidae – 1 вид, Macrochelidae – 1 вид, Melicharidae – 1 вид, Pachylaelapidae – 1 вид, Rhodacaridae – 1 вид). За весь период исследования наибольшее видовое разнообразие зафиксировано на чернозёмах остаточно-карбонатных на известняке – 12 видов, наименьшее – на темно-каштановых на песке – 3 вида (см. таблицу).

**Таблица – Коэффициенты сходства фаунистического состава мест сбора (по индексу Жаккара)**

	ЧОКИ	ЧНПО	ЧНП	ЧВП	ЧОКС	ПНП	КПС	ТКП
ЧОКИ		–	–	–	–	–	–	–
ЧНПО	0,3		–	–	–	–	–	–
ЧНП	0,3	0,5		–	–	–	–	–
ЧВП	0,3	0,1	0,2		–	–	–	–
ЧОКС	0,4	0,2	0,3	0,2		–	–	–
ПНП	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3		–	–
КПС	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3		–
ТКП	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	

Исследуемые колонии не имеют характерного комплекса доминантных видов. В

большинстве колоний он состоит из одного вида *Androlaelaps casalis* (Berlese, 1887), который паразитирует на *R. riparia*. Только на двух участках (ЧНП и ЧОКС) доминирующая группа состояла из двух или трех видов. Изменение в структуре доминантных видов связано с более высокой влажностью, наблюдавшейся в норах у птиц в данных колониях. Видовой состав гемазовых клещей во всех колониях не являлся однородным. Анализ сходства фаун исследованных участков показал, что наибольшее сходство между видовыми составами гемазид зафиксировано между колониями, расположенными в черноземе неполноразвитом на песчанике с примесью опоки и черноземом неполноразвитым на песчанике, а так же в колониях, расположенных в черноземе неполноразвитом на песчанике и каштановой солонцеватой почвой на суглинке (0,5). Наименьшее сходство зарегистрировано между колониями расположенными в черноземе неполноразвитом на песчанике с примесью опоки и черноземом, выщелоченным на песке, с пойменной нейтральной почвой, и черноземом, выщелоченным на песке, с каштановой солонцеватой почвой на суглинке и тёмно-каштановой на песке (0,1) (см. рисунок).

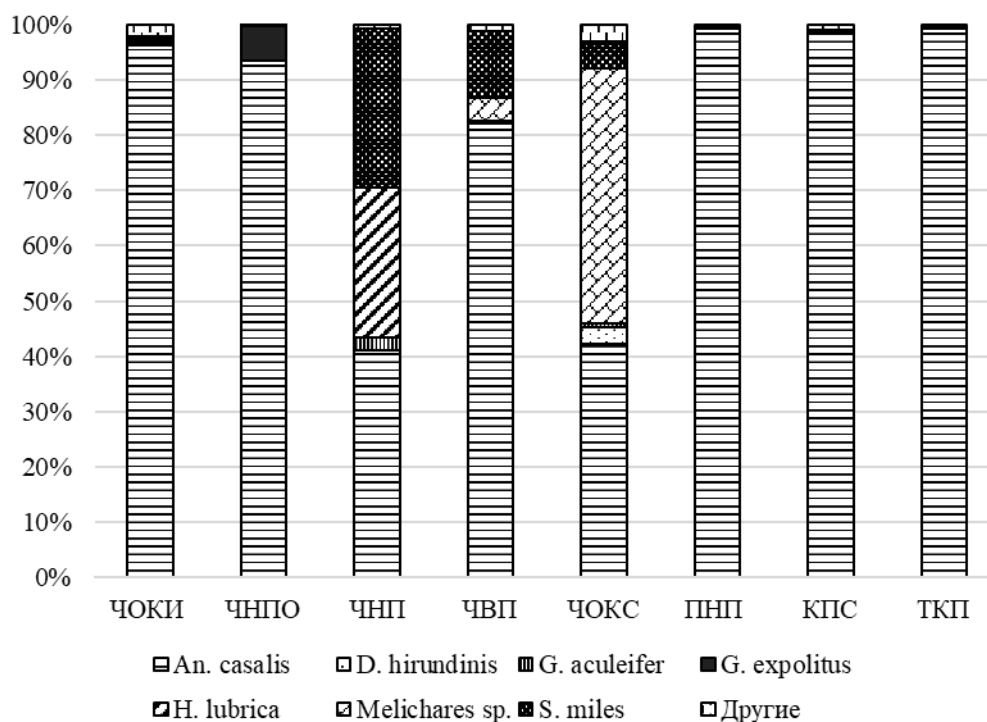


Рисунок – Состав доминантных группировок по Энгельману гемазовых клещей в гнездах береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области

Список литературы:

1. Кривохатский В. А., Нарчук Э. П. Двукрылые (Diptera) – обитатели гнезд птиц в заповеднике «Лес на Ворскле» (Белгородская область) // Энтомологическое обозрение. 2001. Т. 80, № 2. С. 383–397.
2. Кондратьев Е. Н. и др. Гемазовые клещи гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области // Паразитология. 2021. Т. 55, № 4. С. 346–352.
3. Trilar T. Ectoparasites from the nests of the house martin (*Delichon urbica*) in Slovenia: Faunistic survey // Acta Entomologica Slovenica. 1998. V. 6, № 2. P. 89–98.
4. Baardsen L. F., Matthysen E. Changes in arthropod communities between breeding stages in nests of Great Tits // Journal of Field Ornithology. 2021. V. 92, № 4. P. 518–531.
5. Boyes D. H., Lewis O. T. Ecology of Lepidoptera associated with bird nests in mid-Wales, UK // Ecological Entomology. 2019. V. 44, № 1. P. 1–10.



**Зараженность вшами мелких млекопитающих северной лесостепи  
Тоболо-Ишимского междуречья**

*В. Н. Кравченко, С. Э. Тарикулиева, О. Ю. Володина*  
Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия  
kioreis@mail.ru

Ключевые слова: вши, мелкие млекопитающие, северная лесостепь, Курганская область.

Исследование зараженности вшами мелких млекопитающих проведено на северо-востоке Курганской области в Мокроусовском районе вблизи села Куртан (55°46 с.ш. 67°11 в.д.) в апреле-августе 2023 г. В соответствии со схемой ботанико-географического районирования Западно-Сибирской равнины здесь выделяют северную полосу лесостепи. Она характеризуется исключительной равнинностью, обилием болот и озер, облесенность около 60 %. Зверьков добывали стандартными зоологическими методами [1]. Отработано 15505 конусо-суток и 10712 давилко-суток. Всего учтено 922 особи мелких млекопитающих, с которых счесано 633 вши 3 видов.

Во время сбора вшей с мелких млекопитающих следовали рекомендациям Е. Ф. Сосниной, М. В. Тихвинской [2]. Для определения видов вшей использовали определитель Ж. К. Бокурню [3]. Латинские названия видов приведены по Л. Дурдену и Г. Г. Муссеру [4]. Для анализа в работе использовали общепринятые в паразитологии индексы: индекс встречаемости – ИВ, %, индекс обилия – ИО, экз. и интенсивность заражения зверьков эктопаразитами – ИЗ, экз. [5].

Для 6 видов мелких млекопитающих (тундряная бурозубка, мышь–малютка, полевка–экономка, красная, узкочерепная и обыкновенная полевки) отмечено паразитирование 3 видов вшей: *Hoplopleura acanthopus* (Burmeister), 1839; *H. edentula* Fahrenholz, 1916; *H. longula* (Neumann), 1909.

*H. acanthopus* – широкораспространенный малоспецифичный вид. На его долю приходилось 78,83 % от общего числа собранных вшей. Регистрировался нами на большинстве зараженных мелких млекопитающих. Наивысшие индексы заражения выявлены для полевок: обыкновенной (ИО 33,50 экз., ИВ 25,00 %) и экономки (ИО 2,34 экз., ИВ 20,46 %), ниже показатели на узкочерепной полевке (ИО 1,06 экз., ИВ 12,12 %). Единично зарегистрирована самка *H. acanthopus* на тундряной бурозубке. Вши встречались на протяжении всего периода исследований. Значительная часть популяции представлена самками (142 экз.), самцы учтены в меньшем количестве (109 экз.).

*H. edentula* – паразит лесных полевок. Зарегистрирована нами только на двух видах зверьков. При этом практически все вши были сняты с красных полевок (128 экз.), единично *H. edentula* снята с тундряной бурозубки. *H. edentula* составляла 20,38 % от всех сборов вшей. Показатели заражения ИО/ИВ варьировали от 0,01/1,11 (тундряная бурозубка) до 2,08/12,29 (красная полевка).

*H. longula* – специфический паразит мыши-малютки. В сборах составляла менее 1 %. Нам удалось снять лишь пять самок с одной мыши-малютки 26 июня.

Исследования, проведенные в северной лесостепи Тоболо-Ишимского междуречья, позволили выявить лишь три вида вшей. Дальнейшие исследования, несомненно, могут пополнить этот список другими видами. Паразитирование вшей в большом количестве зарегистрировано на грызунах и единично на землеройках. Размножение *H. acanthopus* и *H. edentula* регистрировалось в течение всего периода учетов.

Список литературы:

1. Sheftel B. I. Methods for estimating the abundance of small mammals // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Vol. 3, № 3. P. 1–21.
2. Соснина Е. Ф., Тихвинская М. В. Зараженность вшами водяной полевки в Волжско-Камском крае // Паразитология. 1969. Т. 3, №. 4. С. 292–300.
3. Beaucournu J. C. Les Anoploures de Lagomorphes, Rongeurs et Insectivores dans la Région Paléarctique Occidentale et en particulier en France // Annales de Parasitologie Humaine et Comparée. 1968. V. 43, №. 2. P. 201–271.
4. Durden L. A., Musser G. G. The mammalian hosts of the sucking lice (Anoplura) of the world: a host-parasite list // Bulletin of the Society of Vector Ecologists. 1994. V. 19, № 2. P. 130–168.
5. Беклемишев В. Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоологический журнал. 1961. Т. 40, № 2. С. 149–158.

УДК 579.83

**Экологические исследования почв на экспериментальном участке карбонового полигона «Way Carbon» (Чеченская Республика)**

*Л. Ш. Махмудова<sup>1</sup>, Е. А. Аристархова<sup>1,2</sup>, М. З. Дускаев<sup>1</sup>, Х. Р. Дускаев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. Д. И. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Kattariss@yandex.ru

Ключевые слова: загрязнение почв, тяжёлые металлы и нефтепродукты, транспорт, карбоновые полигоны.

Исследование проведено в рамках комплексного мониторинга состояния почвенно-растительного покрова на участке «Черноречье» карбонового полигона «Way Carbon» (Чеченской Республики). Целью работы стало получение сведений о химическом состоянии почвы в условиях воздействия автотранспорта. Источником загрязнения данной территории выступает автомобильная дорога федерального значения Р-217 «Кавказ» (Е-50)<sup>1</sup> на участке городского округа г. Грозного (Шейх-Мансуровский район).

Основная задача – проследить зависимость содержания тяжёлых металлов и нефтепродуктов от близости расположения к автомобильной дороге в условиях текущей транспортной нагрузки.

Район исследования расположен в пределах Эльбрусского оробиома. Леса на всех трёх участках сложены дубовыми (*Quercus robur* L.), грабово- и кленово-ясеневыми (*Carpinus betulus* L., *Acer campestre* L., *Fraxinus excelsior* L.) сообществами с развитым подлеском из бузины чёрной, лещины, кизила. Почва представлена чернозёмом с признаками выщелачивания мощностью до 70 см [3].

Полевые выезды и отбор поверхностных проб (в соответствии с п. 5.3 ГОСТ 17.4.4.02–17) с пробных площадок (методом конверта) были произведены в июне 2023 г. на следующих участках: контрольный экспериментальный участок (далее – ЭУ) № 1 – расположен на расстоянии 1000 м от автотрассы; ЭУ № 2 – на средней удалённости от трассы (500 м), в 100 м от лесной дороги; ЭУ №3 – в непосредственной близости к трассе (5 м от дорожного полотна), в пределах санитарно-защитной зоны автодороги Р-217 «Кавказ». Масса объединённой пробы почвы составила около 1 кг,

---

<sup>1</sup> является частью европейского маршрута (Е-50) в Международной сети дорог категории Е

глубина отбора 0–20 см.

Анализ проб почвы с определением показателей рН солевой вытяжки и установлением валового содержания (мг/кг) десяти металлов (кадмия (Cd), кобальта (Co), марганца (Mn), меди (Cu), мышьяка (As), никеля (Ni), свинца (Pb), хрома (Cr), цинка (Zn), ртути (Hg)), массовой доли бенз(а)пирена (мкг/кг) и нефтепродуктов (млн–1), был осуществлён в ходе применения оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP–OES) и анализаторов ртути (РА–915М), в соответствии с ЦВ 5.18.19.01–2015 и ПНД Ф 16.1. (ООО «МГУЛАБ»).

В результате, проверка участков на наличие в почве ртути, бенз(а)пирена и нефтепродуктов показала, что их содержание не достигает значений, превышающих ПДК, в соответствии с СанПиНом 1.2.3685 [2, 3] (см. таблицу).

Таблица – Содержание элементов и соединений в почве на трёх экспериментальных участках («Way Carbon», 2023)

	№ 1 (N 43.242719°, E 45.636449°)	№ 2 (N 43.236876°, E 45.630089°)	№ 3 (N 43.231041°, E 45.623973°)
Ртуть, мг/кг (млн <sup>-1</sup> )	0,076	0,111	0,064
Бенз(а)пирен, мкг/кг	меньше 1	1,3	1,5
Нефтепродукты, млн <sup>-1</sup>	7,2	7	40

Однако массовая доля нефтепродуктов на ЭУ № 3 в несколько раз превышает их долю на ЭУ № 1 и № 2, что, наиболее вероятно, связано с влиянием выбросов транспорта на трассе Р–217 «Кавказ». Также были получены следующие ряды по убыванию валового содержания (мг/кг) химических элементов в почвах (мг/кг): ЭУ № 1 – *Mn* (430) > *Zn* (58) > *Cr* (26,7) > *Ni* (26,3) > *Cu* (19) > *Pb* (14,8) > *As* (10,5) > *Co* (9,3); ЭУ № 2 – *Mn* (790) > *Zn* (82) > *Cr* (39,3) > *Ni* (35) > *Cu* (26,7) > *Pb* (19,7) > *Co* (12,9) > *As* (11,5); ЭУ № 3 – *Mn* (550) > *Zn* (74) > *Cr* (36,4) > *Ni* (33) > *Cu* (25,1) > *Pb* (21,4) > *As* (11,3) > *Co* (11). Показатели раствора рН составили – 5,7; 5,8 и 6,9, соответственно.

Проанализированные почвы не соответствуют требованиям СанПиН [2] к безопасности почв по массовой доле мышьяка (*As*) (11,3 +/- 5,6 мг/кг), для которого установлен диапазон 0–10 мг/кг, а согласно документу [3], допустимый диапазон составляет 0–2 мг/кг. Данный металл (1 класс опасности) при накоплении в почве в последствии в форме подвижных соединений может проникать в грунтовые воды, вызывая таким образом загрязнение колодцев, скважин и других природных водотоков, источников питьевой воды. Накопление избыточного количества мышьяка считается одним из наиболее токсичных видов загрязнения почвы, связанным с техногенным влиянием, в т. ч. воздействием выбросов транспорта [2, 5].

Контрольный ЭУ № 1 характеризуется наименьшим валовым содержанием исследованных металлов по сравнению с ЭУ № 2 и № 3. Содержание почти всех металлов, за исключением свинца (*Pb*), в почве на ЭУ № 2 выше, чем на ЭУ № 3, наиболее близком к трассе. Наиболее богаты почвы марганцем (*Mn*), содержание данного элемента является близким к среднему по стране (550–900 мг/кг), в данном диапазоне по массовой доле *Mn* находится в 50 % почв территории РФ [1]. Данные закономерности главным образом могут быть связаны с поступлением элементов, в особенности марганца, в почву с богатым органическим опадом в широколиственных лесах. Толщина подстилки, сложенной листьями и отмершими растениями травяно–кустарничкового яруса, на ЭУ № 2 имела наибольшую мощность (15–25 см). Содержание свинца (*Pb*), элемента 1 класса опасности, подтвердило предположение о факторе влияния транспорта на состояние почв на ЭУ № 3. Именно по данному

металлу он опережает по массовой доле ЭУ № 2 (средней удалённости от трассы). Массовая доля *кадмия* (*Cd*) всюду в равной степени мала (менее 0,05 мг/кг). Стоит отметить, что такие элементы как *цинк*, *свинец* и *кадмий* относительно легкодоступны для растений, поэтому именно для этих элементов наиболее высоки риски накопления в опасных концентрациях [1].

Химический анализ почвы позволил выявить зависимость степени техногенного загрязнения от размещения участков по отношению к источнику загрязнения (автотрассе) в пределах обследуемой территории на современном этапе. Полученные результаты послужат основой для дальнейшего мониторинга состояния окружающей среды на участках «Way Carbon», в пределах природных и антропогенно-нарушенных ландшафтов.

Благодарности и источники финансирования работы:

Работа выполнена в рамках госзадания ГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова FZNU-2024-0004 «Комплексное изучение потоков парниковых газов на природных и антропогенно-нарушенных ландшафтах Чеченской Республики и разработка научно-обоснованных рекомендаций по восстановлению биоресурсного потенциала нарушенных земель».

Список литературы:

1. Придача В. Б. и др. Изучение CO<sub>2</sub>-газообмена и параметров фотосинтеза древесных растений на экспериментальном участке «Черноречье» // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2023. Т. 8, № 4. С. 89–95.
2. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление №2 от 28 января 2021 года главного санитарного врача РФ А. Ю. Поповой.
3. Письмо Минприроды РФ от 27 декабря 1993 года N 04–25/61–5678 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами».
4. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы (2.1.7.). ГН 2.1.7.020–94 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах» (Дополнение №1 к перечню ПДК и ОДК №6229–91) (утверждено Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 27 декабря 1994 года №13).
5. Sharma R. K., Agrawal M. Biological effects of heavy metals: an overview // Journal of Environmental Biology. 2005. V. 26, № 2. P. 301–313.

УДК 581.19:577.114

**Влияние конъюгатов на основе хитозана и оксикоричных кислот  
на рост и развитие проростков ячменя, накопление пролина  
при кратковременном стрессовом воздействии**

*И. А. Овчинников<sup>1</sup>, Ж. Н. Калацкая<sup>1</sup>, Е. И. Рыбинская<sup>1</sup>, К. М. Герасимович<sup>1</sup>,  
В. В. Николайчук<sup>2</sup>, К. С. Гилевская<sup>2</sup>,*

<sup>1</sup>Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт химии новых материалов НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь  
igor-1606@mail.ru

Ключевые слова: конъюгаты, хитозан, оксикоричные кислоты, ячмень (*Hordeum vulgare* L.), солевой стресс.

Эффективность сельского хозяйства зависит от разработки научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих высокую продуктивность растений в условиях изменения климата, уменьшение экологической нагрузки на среду обитания, повышение естественного плодородия почв и устойчивости экосистем в

целом. Важным звеном таких технологий является применение нетоксичных комплексов стимуляторов растений в биodeградируемых полимерных матрицах с широким спектром действия за счет взаимодополняющих функций отдельных компонентов в составах.

Целью работы являлось изучение особенностей роста и развития проростков ячменя, а также накопления пролина при кратковременном действии солевого стресса при обработке семян конъюгатами хитозана с оксикоричными кислотами.

Объектом исследования служили проростки ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Добры. Семена обрабатывали путем механического перемешивания в растворах конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами в объеме 400 мкл на 20 г семян до равномерного распределения раствора по поверхности. Контролем служили необработанные семена. Растения выращивали рулонным способом до 10-дневного возраста. Для создания солевого стресса рулоны с 5-дневными проростками помещали в 4 %-ный раствор хлорида натрия на 24 ч, а затем переносили на воду. В благоприятных условиях (оптимальные условия) растения весь период выращивали на дистиллированной воде. Биометрические параметры оценивали на 6-е сутки (стрессовые условия) и на 10-е сутки (постстрессовый период). Содержание пролина определяли согласно методу, изложенному в работе [1].

Конъюгаты хитозана с феруловой и кофейной кислотой (Х30-ФРК и Х30-КФК) получали карбодимидным методом с предварительной активацией карбоксильных групп кислоты согласно методике, описанной в работе [2].

Статистическую обработку результатов осуществляли с применением общепринятых методик [3]. На графиках приведены средние значения показателей с указанием стандартной ошибки средней, надстрочные символы обозначают достоверность различий средних значений по критерию Стьюдента при  $p \leq 0,05$ : a – различия достоверны относительно бесстрессового контроля (6-ых суток), b – различия достоверны относительно стрессового контроля, c – различия достоверны относительно бесстрессового контроля (10-ые сутки), d – различия достоверны относительно постстрессового контроля.

Замечено замедление роста у 6-ти дневных проростков ячменя в варианте обработки Х30-КФК в оптимальных условиях развития (см. таблицу). Рост и развитие проростков ячменя в варианте обработки Х30-ФРК в оптимальных условиях развития отмечены на уровне контроля. Действие 4 %-ного раствора NaCl в течение 24 часов приводило к замедлению роста и развития проростков. Не отмечено существенных различий между вариантом Х30-ФРК и контролем.

**Таблица – Морфометрические показатели проростков ячменя на 6-е и 10-е сутки**

		Длина корней, см		Длина листа, см		Масса корней, г		Масса листа, г	
		Оптимальные условия	Стрессовые условия	Оптимальные условия	Стрессовые условия	Оптимальные условия	Стрессовые условия	Оптимальные условия	Стрессовые условия
6-е сутки	Контроль	17,3± 0,20	13,5± 0,17 <sup>a</sup>	9,9± 0,11	9,6± 0,11	0,151± 0,0037	0,127± 0,0029 <sup>b</sup>	0,103± 0,0016	0,104± 0,0017
	Х30-ФРК	16,6± 0,27 <sup>ab</sup>	13,7± 0,18 <sup>a</sup>	10,1± 0,12 <sup>b</sup>	9,7± 0,13	0,142± 0,0035 <sup>b</sup>	0,137± 0,0041 <sup>ab</sup>	0,106± 0,0016	0,104± 0,0018
	Х30-КФК	13,3± 0,29 <sup>a</sup>	12,0± 0,16 <sup>ab</sup>	8,6± 0,15 <sup>ab</sup>	8,4± 0,14 <sup>ab</sup>	0,112± 0,0043 <sup>ab</sup>	0,101± 0,0028 <sup>ab</sup>	0,099± 0,0020	0,097± 0,0018 <sup>ab</sup>
10-е сутки	Контроль	21,3± 0,35 <sup>ab</sup>	14,9± 0,22 <sup>abc</sup>	16,9± 0,29 <sup>ab</sup>	13,4± 0,27 <sup>abc</sup>	0,161± 0,0049 <sup>ab</sup>	0,138± 0,0040 <sup>bc</sup>	0,139± 0,0033 <sup>ab</sup>	0,133± 0,0030 <sup>ab</sup>
	Х30-ФРК	20,3± 0,38 <sup>d</sup>	14,8± 0,25 <sup>c</sup>	17,2± 0,25 <sup>d</sup>	13,6± 0,21 <sup>c</sup>	0,162± 0,0054 <sup>d</sup>	0,137± 0,0034 <sup>c</sup>	0,142± 0,0029 <sup>d</sup>	0,133± 0,0028
	Х30-КФК	23,7± 0,28 <sup>cd</sup>	17,0± 0,35 <sup>cd</sup>	16,0± 0,34 <sup>d</sup>	13,0± 0,24 <sup>c</sup>	0,188± 0,0065 <sup>cd</sup>	0,131± 0,0043 <sup>c</sup>	0,162± 0,0037 <sup>cd</sup>	0,139± 0,0035

В постстрессовый период отмечалось увеличение длины и массы корней у 10-ти дневных проростков в варианте обработки Х30-КФК, однако скорость роста листьев была замедлена, при этом выявлено значительное накопление ими биомассы. Морфометрические показатели в варианте Х30-ФРК были на уровне постстрессового контроля (см. таблицу).

У проростков из варианта Х30-КФК, подвергшихся солевому стрессу, в период адаптации отмечен активный рост корневой системы, однако скорость роста листьев оставалась сниженной на фоне накопления ими биомассы. Обработка Х30-ФРК не вызвала существенных изменений на рост и развитие проростков, подвергшихся засолению в постстрессовый период (см. таблицу).

В оптимальных условиях по содержанию пролина в листьях и корнях проростков на 6-е сутки не выявлено существенных различий между вариантами. На 10-е сутки отмечалось снижение уровня пролина в листьях проростков ячменя при обработке Х30-КФК на 30 % относительно бесстрессового контроля, значение данного показателя в варианте Х30-ФРК было на уровне контроля. Содержание пролина в корнях оставалось на 47 % больше при обработке Х30-ФРК, а при обработке Х30-КФК не изменялось по сравнению с контролем.

В стрессовых условиях, вызванных действием хлорида натрия, содержание пролина увеличилось на 16 % относительно оптимальных условий выращивания в тканях листа и в 2,5 раза в корнях. Обработки конъюгатами Х30-ФРК и Х30-КФК снижали содержание пролина в листьях на 15 и 25 % соответственно относительно стрессового контроля (рис. 1). В корнях отмечен рост содержания пролина на 17 % при обработке Х30-ФРК относительно стрессового контроля и, напротив, в варианте Х30-КФК уровень данного показателя уменьшился на 48 % относительно стрессового контроля (рис. 2).

Таким образом, применение Х30-КФК, вероятно, усиливает стрессовое состояние проростков ячменя, препятствуя накоплению пролина, что отражается в замедлении роста и снижении накопления биомассы проростками.

В репарационный (постстрессовый) период содержание пролина существенно снизилось, особенно в корнях. Не выявлено существенных различий между вариантами обработки и постстрессовым контролем по уровню пролина в корнях проростков ячменя (рис. 2). В листьях обработка Х30-ФРК способствовала снижению данного показателя на 29 % относительно постстрессового уровня, а обработка Х30-КФК привела к повышению на 26 % относительно постстрессового контроля (рис. 1).

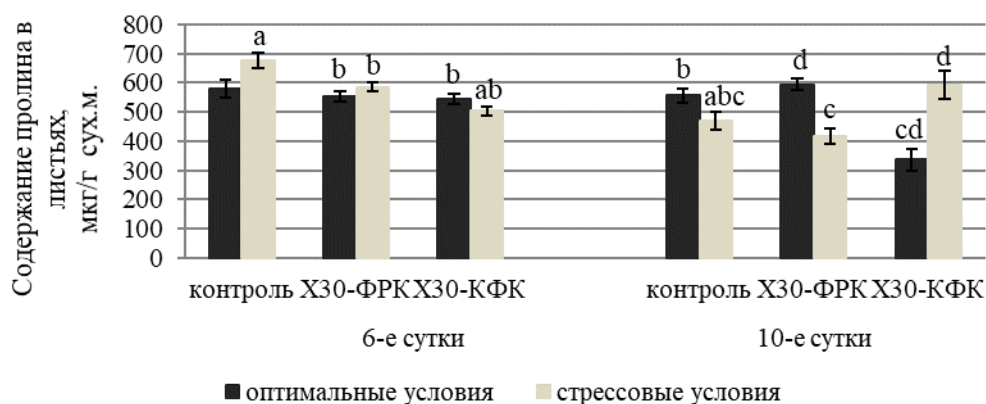
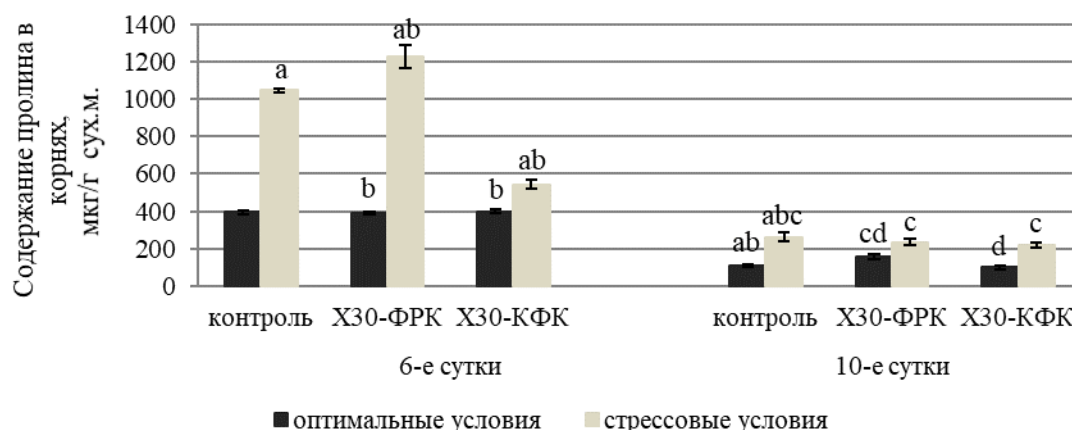


Рисунок 1 – Содержание пролина в листьях проростков ячменя, обработанных конъюгатами оксикоричных кислот в стрессовых и постстрессовых условиях выращивания



**Рисунок 2 – Содержание пролина в корнях проростков ячменя, обработанных конъюгатами оксикоричных кислот в стрессовых и постстрессовых условиях выращивания**

Таким образом, Х30-КФК, вероятно, действуя как слабый стрессовый фактор, вызывает торможение роста у проростков ячменя (6-е сут. проращивания), вследствие чего индуцируются адаптационные процессы и далее (10-е сут. выращивания) активизируется рост и развитие корневой системы и накопление биомассы листьями. Конъюгат Х30-КФК оказывает менее выраженный физиологический эффект. Замедление роста и развития проростков ячменя при обработке Х30-КФК усиливается в условиях засоления, причем отсутствует защитная реакция накопления пролина. Однако в постстрессовый период репарационные процессы у проростков из варианта Х30-КФК протекают быстрее, наблюдается активный рост корневой системы.

Список литературы:

1. Шихалева Г. Н. и др. Модифицированная методика определения пролина в растительных объектах // Вестник Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. Серия. Биология. 2014. Т. 21, № 1112. С. 168–172.
2. Kraskouski A. et al. Synthesis and properties of hydrogel particles based on chitosan-ferulic acid conjugates // *Soft Materials*. 2021. V. 19, № 4. P. 495–502.
3. Grantz S. A. *Primer of Biostatistics*. New York: McGraw-Hill, 2011. 320 p.

УДК 58084:581.8

**Палинологические исследования некоторых видов и сортов роз коллекции НБС-ННЦ для целей селекции**

*С. А. Плугатарь, Н. В. Марко, А. А. Андреев, В. К. Зыкова*

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г. Ялта, Россия  
nataly-marko@mail.ru

Ключевые слова: пыльцевые зерна, фертильность, анализ, интродукция, селекция.

Пыльцевой анализ – это один из методов исследования, позволяющий определять репродуктивный потенциал растений по характерным морфологическим особенностям пыльцевых зёрен (ПЗ): размеру, рисунку экзины пыльцевого зерна, его фертильности и жизнеспособности. Все эти характеристики очень важны при проведении селекционных работ для отбора отцовских форм с целью получения продуктивного потомства [1]. На морфологические характеристики пыльцевого зерна, такие как его размер, особенности поверхности и т.д. влияет множество факторов, как биотических,

так и абиотических. Морфологические аномалии пыльцевых зерен могут влиять на фертильность, тем самым снижая репродуктивный потенциал культуры [2]. Ранее пыльцевой анализ использовался как косвенный метод определения плоидности растений, также по наличию фертильных и жизнеспособных пыльцевых зерен можно судить об успешности селекционных работ при отдаленной гибридизации [1]. В результате интродукционного изучения по комплексу хозяйственно–ценных признаков из коллекции Никитского ботанического сада (НБС–ННЦ) были отобраны перспективные виды и сорта роз для использования в межсортовых и отдаленных скрещиваниях в качестве отцовских родительских форм.

Для использования пыльцы в селекционных целях большое значение имеет её качество. По результатам пыльцевого анализа 24 образцов роз (15 видов и 7 сортов) определено количество морфологически нормальных пыльцевых зерен и их размер. Большое количество морфологически нормальных (окрашенных) зерен дает нам возможность предположить более высокую оплодотворяющую способность пыльцы, то есть её фертильность.

Сбор пыльцы проводили в период массового цветения роз в июне с растений коллекции НБС-ННЦ (Южный берег Крыма). Извлечённые из цветков пыльники подсушивали на пергаментной бумаге в комнатных условиях. Оценку пыльцевых зерен, окрашивание и приготовление препаратов проводили по методикам З. П. Паушевой [3]. Изучение зрелой пыльцы проводили на временных препаратах, окрашенных ацетокармином, под микроскопом Olympus C 41 (Япония) в 30 полях зрения.

Анализ размеров пыльцевых зерен у исследуемых образцов показал, что почти у всех видов и сортов пыльцевые зерна среднего размера (от 30 до 48 мкм) и только у вида *R. hugonis* Hemsl – пыльцевые зерна крупные, их средний полярный диаметр более 50 мкм. Форма пыльцевых зерен (по Мейер-Меликян [4]) преимущественно эллипсоидальная, очертания в экваториальной проекции – продолговато округлая; у видов: *R. roxburgii* Tratt., *R. indica* L., *R. chinensis* var. *minima* (Sims) Voss, *R. spinosissima* L. f. *chatirdagii*, *R. gallica* L., *R. hugonis* Hemsl – форма пыльцевых зерен удлинённо-эллипсоидальная, очертания в экваториальной проекции – сверхпродолговатая.

По результатам исследования фертильности пыльцы установлено, что наименьшее количество морфологически нормальных ПЗ наблюдается у видов *R. villosa* L. и *R. foetida* var. *persiana* (Lem.) Rehder и сорта *R. villosa* 'Duplex' – в пределах 25–36 %, что возможно связано с видовыми особенностями растений или со сложным процессом адаптации данных видов к новым условиям интродукции. Так, например, *R. foetida* var. *persiana* (Lem.) Rehder, произрастающая в условиях Предгорной зоны Крыма, содержит достаточно высокое количество морфологически нормальных ПЗ (62,6 %) [5], при этом размеры ПЗ значительно не отличаются от наших результатов.

У 3-х видов роз (*R. canina* L., *R. multiflora* Thunb., *R. odorata* (Andrews) Sweet) установлено допустимое для использования в селекционном процессе количество морфологически нормальной пыльцы (41–48%), при этом количество проанализированных ПЗ было достаточно высоким: от 900 до 1580 штук. У сорта Веснянка всего исследовано 597 ПЗ, средняя частота морфологически нормальных ПЗ составила  $44,38 \pm 12,68$  %. На наш взгляд этот сорт имеет сомнительный прогнозируемый репродуктивный потенциал.

Четыре сорта роз (Весенняя заря, Кружевница, Малиновка, *R. x centifolia* 'Muscosa') содержат допустимо средние показатели морфологически нормальных ПЗ, в пределах 53–62 %, но, при этом, характеризуются достаточно высокими показателями



среднеквадратического отклонения и не высокими показателями общего числа ПЗ, особенно у сорта Весенняя Заря. Такие же характеристики отмечены у *R x centifolia* 'Muscosa', что, возможно, впоследствии приведет к понижению завязываемости семян.

Наиболее подходящими для использования в межвидовых и внутривидовых скрещиваниях в качестве отцовских форм являются виды, содержащие наибольшее количество морфологически нормальной пыльцы. Перечисляем их по возрастанию: *R. canina* L. f. *Changar*, *R. hugonis* Hemsl, *R. bengalensis* Pers., *R. chinensis* var. *minima*, *R. spinosissima* L. f. *chatirdagii*, *R. pendulina* L. и сорта Солнечная Долина и Смуглянка – где количество фертильной пыльцы варьирует в пределах 63–95 %. Максимально высокие показатели морфологически нормальной пыльцы определены у видов: *R. gallica* L., *R. bracteata* J.C. Wendl., *R. roxburgii* Tratt. – выше 96 %.

Таким образом, из общего количества исследуемых видов и сортов коллекции НБС-ННЦ (24 образца) девять видов роз (*R. canina* L. f. *Changar*, *R. hugonis* Hemsl, *R. bengalensis* Pers., *R. chinensis* var. *minima*, *R. spinosissima* L. f. *chatirdagii*, *R. pendulina* L., *R. gallica* L., *R. bracteata* J.C. Wendl., *R. roxburgii* Tratt.) и сорта Солнечная Долина и Смуглянка характеризуются морфологически качественной пыльцой и могут обеспечить нормальный репродуктивный процесс, что очень важно для их использования в селекции в качестве отцовской формы с целью получения устойчивых к стрессовым факторам сортов.

Благодарности и источники финансирования работы:

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания лаборатории цветоводства ФГБУН «НБС-ННЦ» № FNNS–2022–0007.

Список литературы:

1. Цаценко Л. В., Синельникова А. С. Пыльцевой анализ в селекции растений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. Т. 77, № 3. С. 38–48.
2. Голубинский И. Е. Биология прорастания пыльцы. Киев: Наукова думка, 1974. 368 с.
3. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: ВО Агропромиздат, 1988. 271 с.
4. Мейер-Меликян Н. Р. и др. Принципы и методы аэропалинологических исследований. М., 1999. 48 с.
5. Городняя Е. В. Палинологические особенности некоторых видов и сортов садовых роз коллекции Ботанического сада им. Н. В. Багрова Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского // Экосистемы. 2017. Т. 12. С. 53–58.

УДК 595.461

## **Филогеографическая характеристика скорпионов рода *Mesobuthus* Vachon, 1950**

*Н. М. Поверенный*

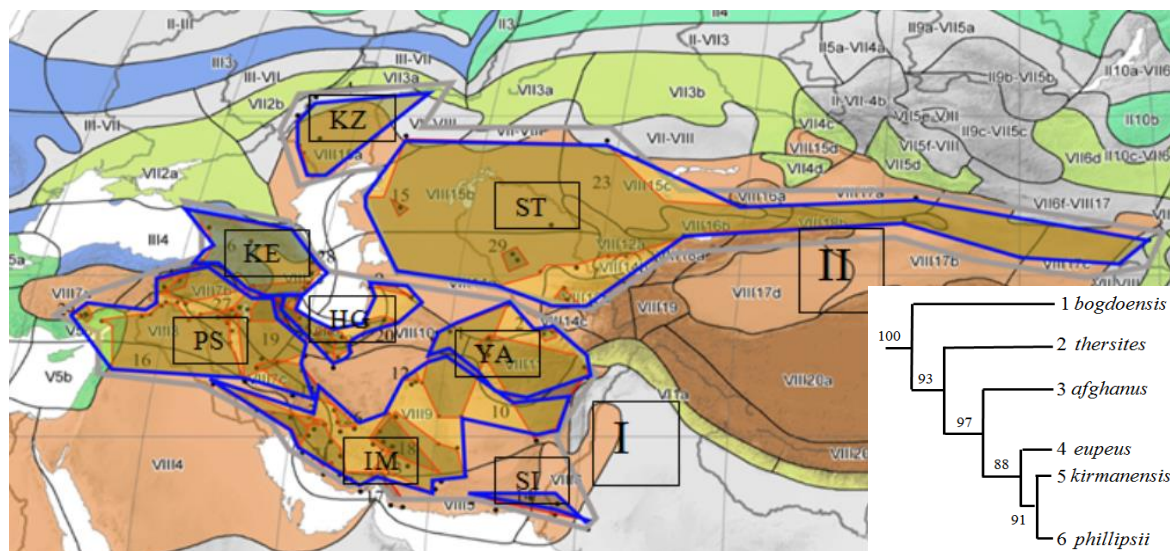
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
nikitapov64@yandex.ru

Ключевые слова: Палеарктика, зоогеография, ареал, *Mesobuthus*, фауна.

Изучение особенностей зоогеографии скорпионов рода *Mesobuthus* – является важным аспектом в определении его филогеографической структуры. Известно, что центром видового разнообразия рода *Mesobuthus* является ирано-туранская горно-пустынная провинция Палеарктики. В недавних исследованиях были также установлены типы ареалов для каждого вида [1]. Полученные результаты в полной

мере не отображали границы между выделенными зонами, поэтому для определения более детальной зоогеографической характеристики рода *Mesobuthus* были изучены сборы из коллекции Зоологического института РАН. Для установления зоогеографического положения выбрано биогеографическое районирование Палеарктики, предложенное сотрудниками Зоологического института РАН для разных групп членистоногих [2–3]. Филогенетическое дерево строилось на основании фрагментов генов COI, полученных в ходе коллективной работы авторов по ревизии рода [4], а также собственных данных по виду *M. bogdoensis*. Фрагменты гена COI были амплифицированы с помощью праймеров HCO2198 и LCO1490 [5].

По данным распространения рода *Mesobuthus*, полученным из коллекционных сборов, были пересмотрены типы ареалов некоторых видов. Установлено, что для *M. afghanus* характерен ирано-афгано-хорасанский-южнотуранский горный тип ареала; для *M. eupeus* – гиркано-евскино-армянско-куроараксинский тип ареала; для *M. galinae* – хорасанский тип ареала; для *M. phillipsii* – сумерийско-мекрано-ирано-загросский горный тип ареала. На основании полученных и ранее опубликованных характеристик типов ареалов видов рода *Mesobuthus*, была построена генерализованная дендрограмма распределения видов по провинциям. Фауна провинций сравнивались методом построения дендрограмм сходства на основе попарного коэффициента Жаккара. Сравнение провинциальных фаун по видовому составу позволило сгруппировать провинции в кластеры по принципу наибольшего фаунистического сходства. Анализ показал наличие двух кластеров: первый – ирано-туранский кластер состоит из южного субкластера, представленного переднеазиатско-сумерийской (PS), ирано-мекранской (IM), синдской (SI) элементарными фаунами, а также северного субкластера, представленного куроараксинско-евскинской (KE), хорасано-евскинской (HG), южнотурано-афганской (YA) элементарными фаунами; второй – скифско-тяньшанский кластер состоит из южного субкластера, представленного северотурано-центральноазиатской (ST) элементарной фауной и северного субкластера, представленного казахстанской (KZ) элементарной фауной (см. рисунок).



**Рисунок – Элементарные фауны скорпионов рода *Mesobuthus*. Римскими цифрами обозначены два кластера видовых ареалов: I – ирано-туранский и II – скифско-тяньшанский. Справа представлена схема филогенетического дерева, отображающая видовые группы и их расхождение между собой в процентах**

Филогенетический анализ 25 видов скорпионов из рода *Mesobuthus* показал наличие 6 видовых комплексов. Первый комплекс соответствует казахстанской

элементарной фауне, представленной видом *M. bogdoensis* (100 %). Второй комплекс видов *thersites* (93 %) соответствует северотурано-центральноазиатской элементарной фауне. Комплекс видов *afghanus* (97 %) и *eureus* (88 %) соответствуют северному субкластеру ирано-туранского кластера. Наиболее базальные комплексы видов *phillipsii* и *kirmanensis* (91 %) соответствуют южному субкластеру ирано-туранского кластера. Таким образом, доказано, что наиболее базальные группы видов соответствуют хорологическому современному центру рода *Mesobuthus* – ирано-мекранской элементарной фауне (см. рисунок). Также подтверждено, что вид *M. bogdoensis* является наиболее обособленным видом рода *Mesobuthus* и представляет собой палеокаспийский реликт. Для скорпионов рода *Mesobuthus* характерен аллопатрический тип видообразования, симпатрия для этого рода не выявлена.

Список литературы:

1. Поверенный Н. М. Зоогеографическая характеристика скорпионов рода *Mesobuthus* (Vachon, 1950) Палеарктики // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2023. Т. 20. С. 11–34.
2. Емельянов А. Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтомологическое обозрение. 1974. Т. 53, №. 3. С. 497–522.
3. Кривохатский В. А. Зоогеография муравьиных львов Палеарктики (Neuroptera, Myrmeleontidae) // Чтения памяти Н.А. Холодковского. Доклад на пятьдесят первом ежегодном чтении 3 апреля. СПб, 1998. 9 с.
4. Kovařík F. et al. A revision of the genus *Mesobuthus* Vachon, 1950, with a description of 14 new species (Scorpiones: Buthidae) // *Euscorpius*. 2022. № 348. P. 1–189.
5. Folmer O. et al. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit 1 from diverse metazoan invertebrates // *Molecular Marine Biology and Biotechnology*. 1994. V. 3, № 5. P. 294–299.

УДК 574.3

### Аюдагская популяция *Arbutus andrachne* L. на Южном берегу Крыма

Н. А. Пшеничников

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г. Ялта, Россия

pschenichnikov.1994@mail.ru

Ключевые слова: земляничник мелкоплодный, *Arbutus andrachne* L., Аю-Даг, локалитет, популяция.

Аю-Даг является горой-отторженцем, типичным лакколитом, образованным в среднеюрскую геологическую эпоху в результате внедрения магмы в разломы земной коры. Горный массив состоит из однородных габбродиабазов, чередующихся местами с горизонтами роговиков и ороговикованных пород. На территории массива создан природный заказник регионального значения «Аю-Даг», особо охраняемая природная территория (ООПТ) площадью 527 га [1]. Вершина горы, западные и восточные склоны покрыты субсредиземноморским шибляковым лесом, состоящим в основном из дуба скального (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) и дуба пушистого (*Q. pubescens* Willd.). Незначительная площадь на северо-восточных склонах занята лесами из сосны крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe). Для юго-восточных склонов характерны редколесья из фисташки туполистной (*Pistacia atlantica* Desf.) на высотах 100 – 250 м н.у.м с вкраплениями дуба пушистого. Южные и юго-западные склоны с урочищами характеризуются средиземноморскими маквисовидными сообществами, среди основных пород на этих сухих каменистых участках является земляничник мелкоплодный (*Arbutus andrachne* L.), образуя на этой территории самостоятельную, но

малочисленную популяцию древесного широколистного вечнозеленого реликтового вида [1–2]. В отличие от более влажных северных и северо-восточных склонов, где наблюдается исключительно листопадная древесная растительность, на засушливых южных склонах земляничник мелкоплодный формирует средиземноморский растительный ландшафт вместе с другой вечнозеленой широколиственной растительностью, среди которой присутствует иглица понтийская (*Ruscus aculeatus* L.), ладанник крымский (*Cistus tauricus* C.Presl) и жасмин кустарниковый (*Chrysojasminum fruticans* (L.) Vanfi). Южная экспозиция склонов горы Аю-Даг, где защищенность от ветров, наличие каменистых хаосов, выходов материнских горных пород и урочищ с временными водотоками в сезон обильных осадков создают условия убежищного характера для прорастания земляничника мелкоплодного [3–4].

Популяция на г. Аю-Даг значительно отличается от других насаждений земляничника мелкоплодного, расположенных западнее вдоль Южного берега Крыма в плоть до мыса Айя. Прежде всего, физико-географическими и эдафо-орографическими условиями произрастания, площадью, возрастной структурой, качеством плодоношения и подростом, численностью особей [4]. Ландшафт горного массива представлен крупным, врезающимся вглубь моря интрузивным куполом, являющимся естественной преградой, отделяющей насаждения на южных и юго-западных склонах от других популяций. На южных склонах Аю-Дага по состоянию на 2023 год насчитывается 148 плодоносящих особей и 39 молодых растений, высотой до 1 м.

На склонах г. Аю-Даг земляничник мелкоплодный растет в виде небольших групп или отдельных деревьев на высотах от 10 до 200 м н.у.м., единично растения поднимаются выше по склонам от данной границы. Растения в данной популяции отличаются небольшой высотой от 2 до 5 м, в то время как в насаждениях на мысе Мартыан встречаются экземпляры высотой 8 – 9 м (см. рисунок). Так же у всех экземпляров присутствует многоствольность, что свидетельствует о регенерации из комеля (лигнотубера) новых стволов взамен утраченных ранее [5].



Рисунок – Плодоносящий *Arbutus andrachne* в прибрежном урочище среди каменного хаоса у мыса Монастырский (Аю-Даг)

Как и во всех насаждениях на Южном берегу Крыма, земляничник мелкоплодный не образует в данной местности чистые насаждения, а выступает как содоминант с дубом пушистым (*Q. pubescens*) и можжевельником дельтовидным (*J. deltoids*), реже присутствует фисташка туполистная (*P. atlantica*) и можжевельник высокий (*J. excelsa*). Насаждения низкорослые и по мере приближения к кромке моря дубы и можжевельники приобретают стелящуюся форму. Единичный дуб скальный

(*Q. petraea*), растущий у береговой линии на высоте до 30 м визуально больше напоминает кустарник, чем дерево. Низкорослость растительности обусловлена прогреваемостью урочищ, практически полным отсутствием источников влаги за исключением туманов и дождевых стоков по оврагам в зимнее-весенний период.

По результатам наблюдений можно заключить, что популяция *A. andrachne* на горе Аю-Даг отличается слабой естественной возобновляемостью и в целом неудовлетворительным состоянием насаждений в виду жестких микроклиматических и эдафоорографических условий в урочищах южных склонов массива, где сконцентрирована большая часть растений популяции. Данная местность отличается значительным дефицитом влаги в период с июня по октябрь и бедностью почв, что значительно ограничивает возможности произрастания вида в восточной части крымского ареала, к которому относится и массив Аю-Даг.

Список литературы:

1. Корженевская Ю. В., Абраменков А. А. Таксономический анализ бриофлоры заказника Аю-Даг // Бюллетень ГНБС. 2021. №. 138. С. 57–63.
2. Ена А. В. Реликтовый земляничник // Природа. 1990. № 12. С. 42–48.
3. Водопьянова Т. Д. Земляничниковый маквис Южного берега Крыма и перспективы его развития в курортных ландшафтах // Природные условия и естественные ресурсы Крыма и пути их рационального использования. Симферополь, 1969. С. 73–75.
4. Плугатарь Ю. В. и др. Почвенные условия в насаждениях *Arbutus andrachne* L. Южного берега Крыма // Земледелие. 2022. № 8. С. 7–12.
5. Фалькова Т. В. и др. Пластичность *Arbutus andrachne* (Ericaceae) в условиях засухи на Южном берегу Крыма // Украинский ботанический журнал. 2001. Т. 58. С. 700–706.

УДК 631.81: 635.92

### **К вопросу диагностики минерального питания лилейника (*Hemerocallis* L.) в условиях Южного Урала**

*И. С. Пятина, А. А. Реут*

Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального  
исследовательского центра РАН, г. Уфа, Россия  
cvetok.79@mail.ru

Ключевые слова: *Hemerocallis*, листовая диагностика, минеральное питание, удобрения, Республика Башкортостан.

Растения усваивают элементы минерального питания в соответствии с биологическими потребностями, и нарушение физиологического состояния растений за счет стресса (температурного, влажностного, химического и т.д.) приводит к изменениям процесса питания, которые проявляются в избытке или дефиците питательных элементов даже при сбалансированных поливных растворах [1]. В течение вегетационного периода уровни оптимального содержания основных элементов минерального питания могут изменяться в зависимости от возраста и фенологической фазы развития растений [2].

Как недостаток, так и избыток микроэлементов в питании растительных организмов приводит к нарушениям в структуре метаболизма и физиологических функций растений, что значительно снижает их продуктивность [3]. Роль методов почвенной, растительной, визуальной, химической, листовой и функциональной диагностики питания растений заключается в обеспечении постоянного контроля условий выращивания и корректировки питания в процессе вегетации, что

способствует более полному использованию питательных элементов почвы и удобрений [4].

Цель исследования – выявление дефицита минерального питания у 6 видов рода *Hemerocallis* L. методом листовой диагностики.

Исследования проводились на базе лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН. Объектами исследования послужили 6 видов лилейника: *H. citrina* Varoni, *H. dumortieri* E. Morren, *H. fulva* L., *H. lilioasphodelus* L., *H. middendorffii* Trautv. et C. A. Mey., *H. minor* Mill. Листовая диагностика осуществлялась с помощью мобильной лаборатории для определения дефицита минерального питания растений «ФИТОСКАН-БашИнком», которая позволяет определить потребность растений в 14 макро-, мезо- и микроэлементах и дать рекомендации по проведению некорневых подкормок растений [5].

В ходе исследования было выявлено, что в изученных образцах наблюдается недостаток некоторых элементов питания: у *H. citrina* – серы, магния и марганца; у *H. dumortieri* – калия, кальция, магния, бора, меди, цинка, железа, молибдена, кобальта и йода; у *H. fulva* – азота, калия, магния, бора и йода; у *H. lilioasphodelus* – калия, кальция, магния, бора, цинка, марганца, молибдена и кобальта; у *H. middendorffii* – фосфора, серы, бора, цинка, марганца, железа и молибдена; у *H. minor* – азота, серы, магния, цинка, молибдена и кобальта. Многие микроэлементы необходимы растениям для нормального роста, а их в данных образцах не хватает. Это значит, что обменные процессы будут нарушены.

Определено, что важнейшие для растений элементы питания у большинства изученных видов лилейника находятся в оптимуме, но у некоторых видов наблюдается их дефицит: азота – у *H. fulva* и *H. minor*, фосфора – у *H. middendorffii*, калия – у *H. dumortieri*, *H. fulva* и *H. lilioasphodelus*. Наиболее востребованным элементом для лилейников стал магний – недостаток по данному показателю зарегистрирован у 5 из 6 исследованных видов.

После проведения анализов была разработана программа коррекции минерального питания изученных видов лилейника, максимально отвечающая потребностям растений в конкретных почвенно-климатических условиях. Для *H. citrina* было рекомендовано внести в почву калийную соль из расчета 2 кг на 100 м<sup>2</sup>. Для *H. dumortieri* – произвести некорневую подкормку баковой смесью из расчета 100 м<sup>2</sup> на 10 л воды: Бионекс-Кеми NCa – 50 мл, Биополимик Комплексный – 10 мл, Биополимик Мо – 10 мл, Биополимик Со – 8 мл, Биолипостим – 3 мл. Для *H. fulva* – произвести некорневую подкормку баковой смесью из расчета на 100 м<sup>2</sup> на 10 л воды: Бионекс-Кеми NSMg – 30 мл, Борогум В-11 – 10 мл, Биополимик I – 1 мл, Биолипостим – 3 мл.

Для *H. lilioasphodelus* было предложено внести в почву калийную соль из расчета 2 кг на 100 м<sup>2</sup>; провести некорневую подкормку баковой смесью из расчета на 100 м<sup>2</sup> на 10 л воды: Бионекс-Кеми NSMg – 15 мл, Бионекс-Кеми NCa – 40 мл, Биополимик Mn – 15 мл, Биолипостим – 3 мл. Для *H. middendorffii* – провести некорневую подкормку баковой смесью из расчета на 100 м<sup>2</sup> на 10 л воды: Биополимик Mn – 10 мл, Биополимик Со – 10 мл, Биолипостим – 3 мл. Для *H. minor* – произвести некорневую подкормку баковой смесью из расчета на 100 м<sup>2</sup> на 10 л воды: Бионекс-Кеми 14:0:16 – 35 г, Биополимик Zn – 15 мл, Биополимик Mn – 5 мл, Биолипостим – 3 мл. Внесение удобрений позволит более полно реализовать потенциал данной культуры.

Резюмируя всё вышесказанное, можно констатировать, что проведение листовой диагностики 6 видов рода *Hemerocallis* L. выявило дисбаланс в обеспеченности

изученных растений отдельными элементами минерального питания. Дефицит магния наблюдается у 5 видов; бора, цинка и молибдена – у 4 видов; калия, серы, марганца и кобальта – у 3 видов, азота, кальция, железа и йода – у 2 видов; фосфора и магния – у 1 вида. По результатам исследования была разработана программа коррекции минерального питания изученных растений. Таким образом, метод листовой диагностики перспективен для оперативного контроля обеспеченности лилейников элементами питания в течение вегетации и дает возможность своевременно вносить коррективы в систему питания растений.

Благодарности и источники финансирования работы:

Работа выполнена в рамках программы № 122033100041–9 «Биоразнообразии природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования». Авторы выражают благодарность НВП «БашИнком» за предоставленную для исследования мобильную лабораторию «ФИТОСКАН».

Список литературы:

1. Басарыгина Е. М., Шершнева А. В., Горшкова Е. О. Экспресс-метод растительной диагностики для защищенного грунта // АПК России. 2019. Т. 26, № 3. С. 375–379.
2. Кузин А. И. и др. Уточнение параметров листовой диагностики фосфорного питания в различные периоды вегетации яблони в Центральном Черноземье // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 52. С. 128–136.
3. Будаговская О. Н. и др. Способ диагностики потребности растений в микроэлементном питании // Патент РФ 2225691 МПК7 А01G 7/00.
4. Абдукаримов А. Г., Турсынбаев Н. А., Калымбекова Г. Е. Диагностика питания растений // Механика и технологии. 2015, Т. 3, № 49. С. 85–92.
5. Инструкция по коррекции дефицита минерального питания растений с использованием комплексных удобрений производства «НВП «БашИнком»», выявленного с помощью переносной лаборатории «Фитоскан». ООО «Научно-внедренческое предприятие «БашИнком»»: Уфа, 2019. 14 с.

УДК 577.338

### **Исследование действия импульсного магнитного поля при различной частоте разряда на антибактериальную активность бензилпенициллина натриевой соли**

*Н. А. Роденко<sup>1,2</sup>, В. В. Симаков<sup>2</sup>, Т. И. Васильева<sup>2</sup>, В. А. Глушечков<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,  
г. Самара, Россия

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С. П. Королева, г. Самара, Россия  
t.rodenko@mail.ru

Ключевые слова: импульсное магнитное поле, антибактериальная активность, бензилпенициллина натриевая соль.

Повышению биологической активности антибактериальных препаратов на сегодняшний день уделяется особое внимание [1–3]. Из-за развития приспособляемости бактерий к антибиотикам особенно важным является поиск методов, способствующих повышению эффективности уже существующих антибиотиков. Важно отметить, что синтез новых антибактериальных веществ является трудозатратным и дорогостоящим процессом. Ранее проведенные эксперименты показали, что воздействие импульсным магнитным полем (ИМП) способно изменять биологическую активность антибиотиков при различных напряженностях магнитного поля [4], поэтому необходимо было изучить, оказывает ли влияние различная частота

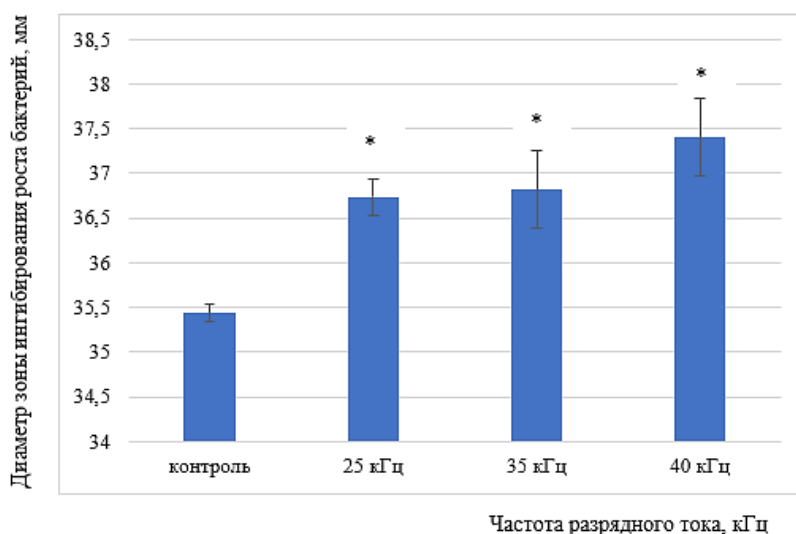
разряда ИМП на повышение биологической эффективности препарата.

Цель работы – изучение влияния импульсного магнитного поля при различной частоте разряда на антибактериальную активность бензилпенициллина натриевой соли в отношении *Escherichia coli* M17.

Исследования проводились на бензилпенициллина натриевой соли (Агрофарм, Россия). Воздействие ИМП на порошкообразный антибиотик осуществлялось на магнитно-импульсной обработке МИУ-15 (Самарский университет, Россия) при разрядном токе различной частоты при разряде батареи конденсаторов на индуктор. При этом разрядный ток в зависимости от индуктивного сопротивления индуктора может иметь частоту  $f=1/T$ , кГц и эта частота в эксперименте варьировалась от  $f=25$  кГц до  $f=40$  кГц.

Регистрацию параметров ИМП проводили с помощью датчика Холла (Самарский университет, Россия) и цифрового запоминающего осциллографа WaveSurfer 3024zR (Teledyne LeCroy, США). Антибактериальную активность антибиотика до и после обработки ИМП оценивали с помощью дико-диффузионного метода [5]. Во всех экспериментах была произведена стандартизация инокулюма на спектрофотометре UVmini-1240 (Shimadzu Corporation, Япония) при длине волны 625 нм.

На рисунке представлены результаты эксперимента по изучению действия импульсного магнитного поля при различной частоте разряда на антибактериальную активность бензилпенициллина натриевой соли.



**Рисунок – Диаметры зон подавления роста *E. coli* M17 при воздействии на порошкообразный препарат бензилпенициллина натриевой соли, который обрабатывали ИМП при частоте разрядного контура  $f=(25\div 40)$  кГц. \* – отличие диаметров зон подавления роста *E.coli* M17 при воздействии ИМП на порошкообразный препарат бензилпенициллина натриевой соли достоверны от контроля с уровнем значимости  $p<0,05$ .**

Было зафиксировано статистически значимое увеличение антибактериальной активности бензилпенициллина натриевой соли после обработки ИМП на 4–6 % в отличие от препарата без воздействия ИМП в отношении *E. coli* M17. Наиболее эффективная частота разряда  $f=40$  кГц, при которой наблюдался максимальный биологический эффект от воздействия ИМП на препарат.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о влиянии частоты разряда ИМП на изменение биологической активности при воздействии ИМП на бета-лактамы антибиотик. Для повышения антибактериальной активности бензилпенициллина натриевой соли необходимо использовать не только оптимальную



напряженность, но и оптимальную частоту разрядного тока.

Список литературы:

1. Kakikawa M., Imai S., Yamada S. Effect of Extremely Low-Frequency (ELF) magnetic fields on the potency of drugs in bacterial cells // *IEEE Transactions on Magnetics*. 2014. V. 50, № 4. P. 1–4.
2. Kakikawa M., Maeda T., Yamada S. Combined effect of 60 Hz magnetic fields and anticancer drugs on human hepatoma HepG2 Cells // *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*. 2019. V. 3, № 1. P. 56–60.
3. Jalali A. et al. Combination of static magnetic field and cisplatin in order to reduce drug resistance in cancer cell lines // *International Journal of Radiation Biology*. 2019. V. 95, № 8. P. 1194–1201.
4. Glushchenkov V. A. et al. Changes in the Antibacterial Activity of Benzylpenicillin Exposed to a Pulsed High-Intensity Magnetic Field // *Biophysics*. 2019. V. 64, № 2. P. 214–223.
5. Klenova N. A. Laboratory workshop on microbiology. Samara: Samara University, 2012. 102 p.

УДК 581.1

**Влияние круглосуточного освещения на суточную динамику устьичной проводимости у аборигенных и интродуцированных растений в естественной среде в Субарктике и в условиях контролируемого климата**

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

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

Ключевые слова: аборигены, интродуценты, устьичная проводимость, фотопериод.

Свет необходим фотосинтезирующим организмам для нормальной жизнедеятельности как источник энергии, обеспечивающей многие их функции и потребности. Вместе с тем, избыток света может быть опасен и вреден для них. Однако, в природных условиях, в частности, в условиях длинного полярного дня в Арктике и Субарктике, растения ежегодно на протяжении своей жизни испытывают в течение многих дней продолжительное (вплоть до круглосуточного) воздействие света, не подвергаясь при этом заметным фотоповреждениям.

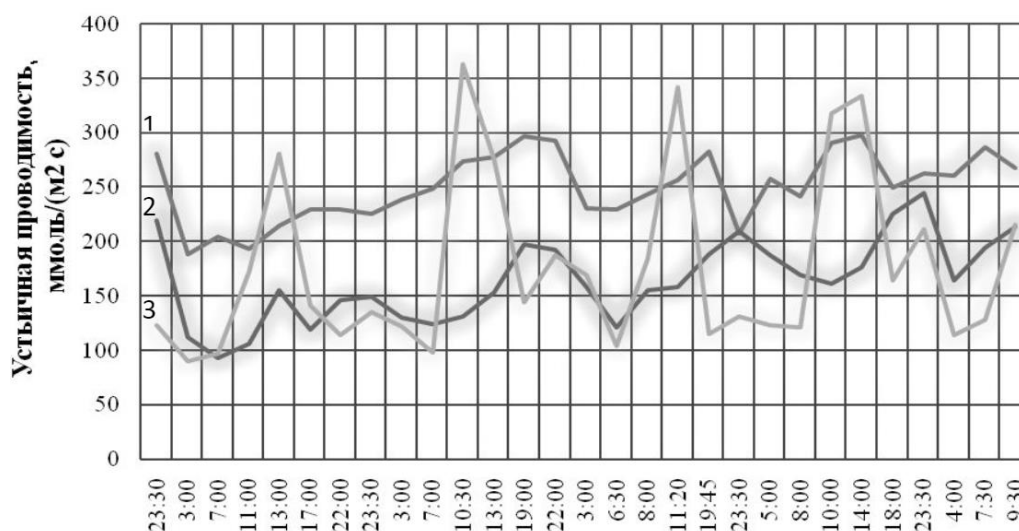
Целью данной работы было оценить влияние круглосуточного освещения (КО) на суточную динамику устьичной проводимости у аборигенных видов Субарктики и интродуцированных в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте Кольского научного центра РАН (ПАБСИ КНЦ РАН г. Кировск, Мурманская обл.) растений одного рода в естественной среде и в факторостатных условиях в климатических камерах. ПАБСИ является самым северным (67°38' с.ш.) и единственным в полярных широтах ботаническим садом в России. Длительность полярного дня в этих широтах, когда Солнце не опускается за горизонт, составляет около 50 дней (с конца мая до середины июля). Кроме того, почти месяц до и после полярного дня наблюдается период белых ночей, когда Солнце не опускается низко за горизонт и темнота не наступает, лишь 2–3 ч делятся сумерки. В этих условиях растения на протяжении более 3 месяцев оказываются в условиях КО.

Объектами исследования служили две пары видов (аборигены и интродуценты) одного рода: лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch., семейство Rosaceae) и лапчатка темно-красная (*Potentilla atrosanguinea* Loddiges ex D. Don, семейство Rosaceae); герань лесная (*Geranium sylvaticum* L., семейство Geraniaceae) и герань гималайская (*Geranium himalayense* Klotzsch, семейство Geraniaceae).

В естественной среде измерения проводили в пик полярного дня (в конце июня), в

период непрерывного освещения, и после окончания периода белых ночей (в августе), при длине светового дня примерно 17 ч. Для изучения растений в условиях контролируемого климата, они были пересажены в контейнеры и адаптированы в климатических камерах в течение месяца при фотопериоде 16 ч, освещенности 200 мкмоль/(м<sup>2</sup> с), температуре 23°C, влажности воздуха 50 %. Затем часть растений в течение двух недель выращивали в тех же условиях, но при фотопериоде 24 ч. Суточную динамику устьичной проводимости оценивали, проводя измерения каждые 3 ч в течение 2 суток с помощью порометра Sc-1 (Decagon Devices, США).

Анализ суточной динамики устьичной проводимости показал, что через две недели под действием КО в факторостатных условиях амплитуда изменений устьичной проводимости значительно уменьшалась по сравнению с таковой при 16 ч фотопериоде (см. рисунок). Так, максимальные и минимальные значения устьичной проводимости в суточном цикле у *P. erecta* и *P. atrosanguinea* составляли 507/160 и 342/114 ммоль/(м<sup>2</sup> с) при 16 ч фотопериоде и 521/223 и 297/260 ммоль/(м<sup>2</sup> с) при 24 ч фотопериоде, соответственно. Для *G. sylvaticum* и *G. himalayense* эти значения составляли 229/172 и 149/50 ммоль/(м<sup>2</sup> с) при 16 ч фотопериоде и 312/275 и 115/100 ммоль/(м<sup>2</sup> с) при 24 ч фотопериоде. В природных условиях динамика устьичной активности не различалась значительно в июне и в августе и максимальные/минимальные значения в суточном цикле для четырех видов составляли 790/217, 806/124, 686/244, 645/248 ммоль/(м<sup>2</sup> с) в июне и 812/195, 1000/300, 996/330 и 711/267 ммоль/(м<sup>2</sup> с) в августе. В отличие от КО в камерах искусственного климата, в условиях полярного дня не происходило значительного изменения амплитуды устьичной проводимости. Различия между местными видами флоры и интродуцированными растениями носили скорее видоспецифичный характер, нежели позволили выявить некие закономерности.



**Рисунок – Динамика устьичной проводимости листьев *Geranium himalayense* в условиях фотопериодов 16 ч и 24 ч, температуре 23°C и влажности воздуха 70 %:  
1 – 24 ч, поврежденные листья, 2 – 24 ч, неповрежденные листья, 3 – 16 ч**

Исследование реакции аборигенных и интродуцированных растений на КО в естественных условиях Субарктики и в факторостатных условиях позволило установить, что у изученных растений отсутствуют механизмы специфической устойчивости к КО, а защитные реакции в этом случае носят неспецифический характер и инициируются в результате слабо развивающегося фотоокислительного стресса. В факторостатных условиях КО вызывает фотоповреждение листьев вследствие более сильного окислительного стресса, основной причиной которого

является циркадная асинхрония, т. е. рассогласование внутренних (эндогенных) ритмов организма с внешними свето-темновыми циклами. Полученные результаты объясняются тем, что в природе, в отличие от искусственных условий, эндогенные ритмы в период действия КО поддерживаются благодаря суточным колебаниям других факторов среды (интенсивность света, температура и влажность), которые, вероятно, могут также выступать в роли задатчика ритма. Благодаря этому растениям в Субарктике удается избежать фотоповреждений в период полярного дня.

Благодарности и источники финансирования работы:

Исследования выполнены в рамках гос. задания КарНЦ РАН (FMEN–2022–004) на научном оборудовании ЦКП ФИЦ «Карельский научный центр РАН».

УДК 581.9:581.526.3:556.55(476.1)

### **Видовое разнообразие высших растений водохранилища Михайлово (Беларусь)**

*К. Л. Савицкая*

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича

Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Беларусь

karina\_savv@mail.ru

Ключевые слова: флора водоёма, гидрофиты, частота встречаемости, список видов.

Малое наливное водохранилище Михайлово, построенное в 1986 г., наполняемое водой за счет стока реки Титовка, расположено в Пуховичском районе Минской области в 4,5 км юго-западнее города Марьино Горка. Длина водоема составляет 1,65 км, средняя ширина – 0,47 км, средняя глубина – 4,53 м, площадь зеркала – 0,8 км<sup>2</sup> [1]. Интенсивно используется в рекреационных целях в последние годы. Флора водохранилища ранее специально не изучалась.

В июне – августе 2023 г. выявлялся видовой состав растений берегов и акватории водохранилища Михайлово с использованием стандартных гидрботанических подходов [2]. Отмечалось присутствие различных видов водных и береговых, заходящих в воду растений, оценивалась их частота встречаемости и обилие в водоеме согласно шкалам [3–4] (см. таблицу), рассчитывался индекс гидрофитности [5].

**Таблица – Состав и количественное соотношение видов растений в водохранилище Михайлово**

№ п/п	Виды растений	Обилие вида, балл	Частота встречаемости вида
1	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	2	изредка
2	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	2	довольно часто
3	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	1	довольно редко
4	<i>Bidens cernuus</i> L.	г	довольно редко
5	<i>Bidens connatus</i> Willd.	1	изредка
6	<i>Bidens frondosus</i> L.	2	довольно часто
7	<i>Bidens tripartitus</i> L.	г	очень редко
8	<i>Carex acuta</i> L.	2	изредка
9	<i>Carex pseudocyperus</i> L.	2	довольно часто
10	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult.	1	редко
11	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	3	часто
12	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	2	довольно часто
13	<i>Epilobium palustre</i> L.	1	довольно часто

№ п/п	Виды растений	Обилие вида, балл	Частота встречаемости вида
14	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.	2	довольно часто
15	<i>Epilobium pseudorubescens</i> A.K. Skvortsov	1	изредка
16	<i>Equisetum fluviatile</i> L.	2	изредка
17	<i>Equisetum palustre</i> L.	r	редко
18	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	1	изредка
19	<i>Galium palustre</i> L.	2	довольно часто
20	<i>Juncus articulatus</i> L.	2	очень часто
21	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	r	редко
22	<i>Juncus effusus</i> L.	2	часто
23	<i>Lycopus europaeus</i> L.	2	довольно часто
24	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	1	изредка
25	<i>Lythrum salicaria</i> L.	1	редко
26	<i>Mentha aquatica</i> L.	1	довольно редко
27	<i>Myosotis scorpioides</i> L.	1	изредка
28	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre	2	изредка
29	<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Gray	1	довольно редко
30	<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	2	довольно часто
31	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.	4	очень часто
32	<i>Poa palustris</i> L.	r	довольно редко
33	<i>Potentilla anserina</i> L.	r	изредка
34	<i>Ranunculus repens</i> L.	2	довольно часто
35	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	r	редко
36	<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	1	изредка
37	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	2	изредка
38	<i>Scirpus radicans</i> Schkuhr.	r	очень редко
39	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	1	довольно редко
40	<i>Scutellaria galericulata</i> L.	2	изредка
41	<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop.	2	изредка
42	<i>Thelypteris palustris</i> Schott	r	довольно редко
43	<i>Typha angustifolia</i> L.	2	довольно часто
44	<i>Typha latifolia</i> L.	3	очень часто
45	<i>Urtica dioica</i> L.	1	изредка
46	<i>Veronica longifolia</i> L.	+	очень редко
47	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	4	очень часто
48	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	2	довольно часто
49	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	5	очень часто
50	<i>Potamogeton natans</i> L.	1	Редко
51	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	r	очень редко
52	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	1	Изредка
53	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Bärner	r	довольно редко
54	<i>Lemna minor</i> L.	r	очень редко
55	<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	r	очень редко

Флора водохранилища Михайлово отличается невысоким видовым богатством и включает 55 видов высших растений из 38 родов, 26 семейств, 16 порядков, 3 классов, 3 отделов системы APG IV. На водное ядро флоры приходится 18,2 % всего видового состава.

Величина индекса гидрофитности для флоры водохранилища очень низкая и равна -0,64 (значение индекса, рассчитанного для гидрофитов по отношению к водной флоре – -0,17), что обусловлено интенсификацией антропогенного эвтрофирования этой водной экосистемы, связанного с рекреационной нагрузкой, попаданием в водоем сточных вод с пахотных земель, разрушением защитного пояса гелофитов, ставшего прерывистым (его ширина по берегам составляет 0–3 метра и не достаточна для выполнения функции аккумуляции соединений азота и фосфора, поступающих с водосбора). Это подтверждается и практически 100 %-ным зарастанием водоёма

роголистником темно-зеленым (*Ceratophyllum demersum* L.) и урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.), являющимися индикаторами эвтрофирования вод [5].

Благодарности и источники финансирования работы:

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ в рамках проекта «Оценка антропоустойчивости и прогноз динамики водной флоры в условиях различных антропогенных нагрузок» (договор № Б23М–010 от 02.05.2023 г., №ГР 20231212).

Список литературы:

1. Калинин М. Ю. Водохранилища Беларуси: справочник. Минск: Полиграфкомбинат им. Я. Коласа, 2005. 182 с.
2. Щербаков А. В. Изучение и анализ региональных флор водоемов // Гидробиотика: методология, методы: материалы школы по гидробиотике. Рыбинск, 2003. С. 56–69.
3. Серегин А. П. Флора Владимирской области: анализ данных сеточного картирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 441 с.
4. Сцепановіч І. М., Сцепановіч А. Ф. Навукова-метадычныя асновы маніторынгу лугавой і лугава-балотнай расліннасці Беларусі. Мінск: Беларуская навука, 2013. 32 с.
5. Капитонова О. А. Флора макрофитов Вятско-Камского Предуралья: монография. Ярославль: Филигрань, 2021. 568 с.

УДК 581.149:575.164

#### **Анализ интерстициальных теломерных последовательностей в геноме *Physcomitrium patens***

*А. В. Санникова<sup>1</sup>, М. Р. Шарипова<sup>1</sup>, Е. В. Шакиров<sup>1,2</sup>, Л. Р. Валеева<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Университет Маршалла, г. Хантингтон, США

Anastasya.sannikova@bk.ru

Ключевые слова: теломеры, мохообразные, *Physcomitrium patens*, TRF, ITS.

Теломеры играют важную роль в клеточной биологии эукариот и представляют собой сложные нуклео-протеиновые структуры, способствующие поддержанию целостности генома. Теломеры выполняют защитную функцию и обеспечивают стабильность эукариотических хромосом, предотвращая их слипание и укорочение. Для точного измерения длины и оценки разнообразия теломер используют TRF – анализ (**T**erminal **R**estriction **F**ragment analysis). Однако одним из минусов данного анализа является гибридизация ДНК-зондов на интерстициальные теломерные повторы (ITR или ITS), что может влиять на дальнейший анализ данных. Геномные участки с ITS состоят из теломерных последовательностей, расположенных во внутренних областях хромосом, и обнаружены в геномах многих эукариот. Ранее было показано, что в геноме модельного растения *Arabidopsis thaliana* также находятся ITS вблизи истинно-теломерного сигнала. Использование различных комбинаций эндонуклеаз с множественными сайтами рестрикции позволяет дифференцировать настоящие теломерные повторы и ITS, а также получить наиболее приемлемые для обработки данных результаты, приближенные к настоящей длине теломер. Классический TRF – анализ включает расщепление геномной ДНК рестрикционными ферментами, которые обычно распознают сайты ДНК с четырьмя парами оснований, такими как: TT | AA для TruI или (T | TAA для MseI), GT | AC для RsaI, GG | CC для HaeIII, | GATC для MboI и AG | CT для AluI.

Целью работы было проанализировать комбинации различных рестрикционных ферментов на теломерной ДНК мохообразных. В работе были использованы культуры

мха *P. patens* четырех экотипов (Gransden, Reute, Villersexel, Kaskaskia). Для анализа длины теломер использовали геномную ДНК, выделенную из тканей 14-дневной протонемы *P. patens*. Анализ длины теломер проводили методом TRF совместно с Саузерн-блот анализом [1]. Расчет средней длины теломер проводили с помощью программы WALTER [2].

Установлено, что *P. patens* имеет относительно короткие теломеры по сравнению с модельным растением *A. thaliana*, длина теломер которой варьирует от ~ 2000 п.н. до 9000 п.н. [3]. Средняя длина теломер, рестрицируемая ферментом TruI1 у экотипов Gransden и Reute, составляла ~ 1210 – 1290 п.н. Длина теломер в экотипе Kaskaskia оказалась короче и составила ~ 1080 п.н. Самые длинные теломеры были обнаружены у экотипа Villersexel, среднее значение составило ~ 1710 п.н. Кроме того, показано, что все изученные экотипы имеют ITS предположительно внутривнутрихромосомной локализации, различающиеся по своему расположению и длине внутри экотипов. Чтобы проверить, как изменится положение ITS в геноме *P. patens*, мы использовали ферменты рестрикции в различных комбинациях TruI1 x RsaI и HaeIII x MboI x AluI. Было отмечено, что комбинация ферментов TruI1 x RsaI и HaeIII x MboI x AluI показывает такой же результат средней длины теломер, как и обработка ферментом TruI1. Однако при использовании комбинацией ферментов TruI1 x RsaI у экотипа Reute обнаруживался теломерный повтор размером ~ 5000 п.н., в то время как при обработке HaeIII x MboI x AluI выявлен теломерный повтор ~ 900 п.н. Кроме того, во всех образцах, обработанных TruI1 и TruI1 x RsaI, обнаружен теломерный повтор размером ~200 п.н., который, однако, не выявлялся при обработке HaeIII x MboI x AluI. Ранее было показано, что для экотипов Gransden и Villersexel характерно наличие ITS размером около 500 п.н., что было доказано методом обработки экзонуклеазой BAL31 [4]. В нашем исследовании мы также обнаружили наличие данной ITS в экотипах Gransden и Reute при использовании рестриктазы TruI1 и комбинаций рестриктаз, однако не обнаружили ее у экотипов Villersexel и Kaskaskia.

Таким образом, использование комбинаций рестриктаз приводит к более точному определению наличия ITS и измерению длины теломер методом TRF.

Благодарности и источники финансирования работы:

Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета (ПРИОРИТЕТ–2030).

Список литературы:

1. Nigmatullina L. R. et al. Non-Radioactive TRF assay modifications to improve telomeric DNA detection efficiency in plants // *BioNanoScience*. 2016. V. 6. P. 3–5.
2. Lyčka M. et al. WALTER: An easy way to online evaluate telomere lengths from terminal restriction fragment analysis // *BMC Bioinform*. 2021. V. 22. 145 p.
3. Abdulkina L. R. et al. Comparative application of terminal restriction fragment analysis tools to large-scale genomic assays // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. V. 24. P. 17–31.
4. Shakirov E. V. et al. Protection of Telomeres 1 is required for telomere integrity in the moss *Physcomitrella patens* // *Plant Cell*. 2010. V. 22. P. 1838–1848.

**Стратегия доставки лекарств: нанокompозиты на основе золотых нанозвезд с протравленной оболочкой диоксида кремния**

*А. В. Симоненко<sup>1,2</sup> А. С. Олейников<sup>1</sup>, В. А. Ханадеев<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup> Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

av\_simonenko@mail.ru

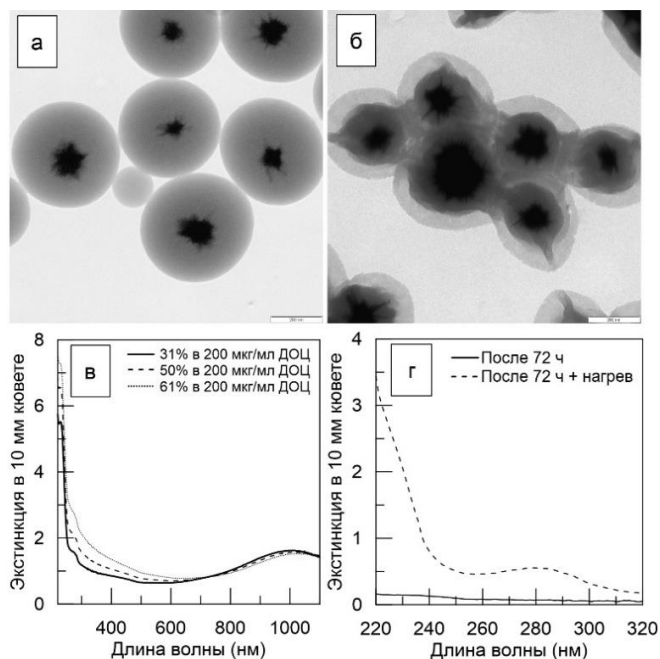
Ключевые слова: золотые нанозвезды, диоксид кремния, система доставки, доцетаксел.

Лечение онкологических заболеваний – важное направление в медицине. К числу эффективных противоопухолевых лекарств для ингибирования рака молочной железы относится доцетаксел [1]. Для повышения эффективности таких лекарств разрабатывают различные стратегии. Одной из них является создание нанокompозитов, которые используются в качестве контейнеров для доставки лекарств. Они способствуют уменьшению побочных эффектов, снижению взаимодействия с другими веществами, нацеленной доставке и выходу лекарств. Целью данной работы было создание нанокompозитов на основе золотых нанозвезд, покрытых протравленной оболочкой из диоксида кремния, которые будут загружены лекарственным препаратом с закрытием пор молекулярным «затвором».

Золотые нанозвезды синтезировали на основе золотых зародышей с использованием двухэтапного протокола [2]. Далее частицы покрывали оболочкой из диоксида кремния, как описано в статье [3]. Для создания полости для загрузки лекарства осуществляли травление оболочки из диоксида кремния в щелочной среде. В нанокompозиты с различной степенью протравленности оболочки загружали лекарственное средство доцетаксел [4], а затем покрывали термочувствительным молекулярным «затвором» тетрадеканолом [5]. Концентрацию загруженного лекарства и его выход определяли оптическим методом.

В ходе исследования были получены золотые нанозвезды с плазмонным резонансом на 850 нм, средним диаметром ядра  $86.8 \pm 11.5$  нм и средней длиной шипов  $91.7 \pm 15.6$  нм. На поверхности золотых наночастиц была синтезирована оболочка из диоксида кремния  $170 \pm 24.6$  нм (см. рисунок а). В ходе травления этой оболочки было получено 3 образца с разной степенью протравленности, когда снижение оптической плотности составило 31, 50 и 61%. Анализируя данные, полученные на электронном микроскопе, можно отметить, что при инкубировании в щелочной среде у оболочки появляются светлые участки, площадь которых постепенно увеличивается, что свидетельствует о травлении оболочки (см. рисунок б). В зависимости от степени протравленности оболочки было загружено от 64.5 до 77.3 мкг/мл доцетаксела, что составило 32.23 и 38.65 %, соответственно (см. рисунок в).

Также было установлено, что без использования «молекулярного затвора» доцетаксел выходит из загруженных нанокompозитов менее чем за 4 часа. Используя тетрадеканол, было обнаружено, что при комнатной температуре он закрывает поры и не дает высвободиться лекарству из нанокompозитов. Это подтверждается измерением экстинкции образца после 72 часов при хранении при комнатной температуре. Однако после нагрева до 50°C загруженный доцетаксел выходит из нанокompозитов в раствор в течение 10 минут и его максимум явно детектируется в супернатанте (см. рисунок г, штриховая линия).



**Рисунок – ПЭМ изображения золотых нанозвезд, покрытых оболочкой из диоксида кремния, до (а) и после травления, когда экстинкция на 600 нм снижается на 61 % (б). Спектры экстинкции коллоидного раствора золотых нанозвезд, покрытых оболочкой из диоксида кремния, после травления, со снижением экстинкции на 31 (сплошная линия), 50 (штриховая линия) и 61 % (линия из точек), с доцетакселом (в). Спектр экстинкции супернатанта загруженных доцетакселом наноконпозитов после 72 часов инкубации при комнатной температуре без нагрева (сплошная линия) и после нагрева (штриховая линия) (г)**

В данной работе были получены наноконпозиты на основе золотых нанозвезд, покрытых протравленной оболочкой из диоксида кремния, внутрь которой был загружен лекарственный препарат доцетаксел. Также было обнаружено, что применение тетрадеканола в качестве «затвора» способствует термически индуцированному выходу лекарства.

Благодарности и источники финансирования работы:

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

Список литературы:

1. Crown J., O'Leary M., Ooi W. S. Docetaxel and paclitaxel in the treatment of breast cancer: a review of clinical experience // *Oncologist*. 2004. V. 9. P. 24–32.
2. Yuan H. et al. Gold nanostars: surfactant-free synthesis, 3D modelling, and two-photon photoluminescence imaging // *Nanotechnology*. 2012. V. 23, №. 7. P. 75–102.
3. Cui Y. et al. Organosilica multifunctional nanoparticles for the multimodal imaging // *Chemical Science*. 2011. V. 2. P. 1463–1469.
4. Hu F. et al. Double-walled Au nanocage/SiO<sub>2</sub> nanorattles: integrating SERS imaging, drug delivery and photothermal therapy // *Small*. 2015. V.11, №. 8. P. 985–993.
5. Yu Y. et al. Rattle-type gold nanorods/porous-SiO<sub>2</sub> nanocomposites as near-infrared light-activated drug delivery systems for cancer combined chemo-photothermal therapy // *Molecular Pharmaceutics*. 2019. V. 16, №. 5. P. 1929–1938.



**Водный режим и урожай сортов винограда  
западно предгорно-приморской зоны Крыма**

*В. Ю. Стаматиди, И. И. Рыфф*

Всероссийский национальный научно исследовательский институт  
виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Россия  
stamatidi777@mail.ru

Ключевые слова: водный режим, водные потенциалы, сорта винограда, урожай.

Актуальность данной разработки связана с проблемами глобального потепления климата [1, 2]. В связи с этим возникла проблема отбора сортов винограда устойчивых к засухе. Цель исследования – изучение влияния водного режима сортов винограда на урожай. Работа проведена в 2019–2023 гг., в западной предгорно-приморской зоне Крыма, на ампелографической коллекции ВНИИВиВ «Магарач» РАН. Объектами исследования являлись сорта: Цитронный Магарача, Мускат белый, Мускат черный, Альминский, Рислинг рейнский, Рислинг Магарача. Методы исследования: агробиологический, измерение водных потенциалов, обработка данных с использованием программного обеспечения MS Office Excel. Для характеристики влагообеспеченности виноградного растения применялся гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК), который дает понятие отношения осадков к испаряемости. [3]. За годы исследований ГТК: 2019 – 0,67; 2020 – 0,76; 2021 – 1,0; 2023 – 0,85. Исходя из данных ГТК, видно, что, 2019 год был более засушливым. Водный режим каждого сорта характеризовался водными потенциалами. В 2019 году при засухе меньший стресс испытывали сорта Цитронный Магарача (1,55 МПа) и Альминский (1,59 МПа), по сравнению с сортами Мускат белый (1,65 МПа), Мускат черный (1,63 МПа), Рислинг рейнский (1,67 МПа) и Рислинг Магарача (1,65 МПа). В 2020 и 2023 гг. при засухе наблюдалась аналогичная картина. В 2021 году при увеличении влажности сорта по водным потенциалам отличались незначительно. Агроклиматические изменения и соответственно изменение водного режима влияют на развитие виноградного растения и, следовательно, на его урожайность [4, 5]. В годы засухи урожай Муската белого составил в среднем 2,6 кг/куст, в то время как урожай Мускат черный – 2,8 кг/куст, Рислинг рейнский – 3,8 кг/куст, Рислинг Магарача – 3,7 кг/куст, Цитронный Магарача – 4,5 кг/куст и Альминский – 5,0 кг/куст. Установлено, что водные режимы сортов Цитронный Магарача и Альминский были более стабильны и менее подвержены стрессам, по сравнению с другими сортами, их можно рекомендовать для посадок в условиях засухи.

Список литературы:

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М.: Росгидромет, 2017. 70 с.
2. Кузнецов В. В. и др. Физиологические механизмы адаптации хвойных к засухе // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сборник материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России, Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. С. 17–20.
3. Стаматиди В. Ю., Рыфф И. И. Особенности изменения водных потенциалов у сортов винограда Мускат белый и Цитронный Магарача в условиях южного берега Крыма при различных гидротермических факторах // Современное садоводство. 2022. № 4. С. 1–12.
4. Medrano H. et al. Genetic improvement of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water use efficiency // Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment: tools, strategies, and challenges for woody. Kidlington: Academic Press, 2018. P. 377–401.

5. Yang C. et al. Assessing the grapevine crop water stress indicator over flowering-veraison phase and the potential yield lose rate in important European wine regions // *Agricultural Water Management*. 2022. V. 261. P. 107–349.

УДК 616.891-006.8

**Фототерапия глиомы крысы во время сна и бодрствования**

*А. В. Терсков,<sup>1</sup> И. А. Блохина<sup>1</sup>, А. С. Евсюкова<sup>1</sup>, А. А. Широков<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,  
г. Саратов, Россия  
Terskow.andrey@gmail.com

Ключевые слова: глиома; фотобиомодуляция; дренаж мозга; CD8+ клетки; иммунный ответ.

Дефицит сна – распространенный симптом глиомы, который усугубляет течение патологии и снижает эффективность терапии [1]. Снижение устойчивости к прогрессированию глиомы при развитии дефицита сна может быть связано с подавлением дренажа мозга (ДМ), активность которого зависит от сна [2]. Подавление ДМ у лиц с глиомой сопровождается накоплением избыточной жидкости в черепе и ростом внутричерепного давления [3]. В недавних открытиях было обнаружено, что транскраниальная фотобиомодуляция (ФБМ) эффективно стимулирует ДМ и лимфатическое выведение токсинов из мозга, причем более эффективно во сне по сравнению с бодрствованием [4]. Это может быть связано с естественной активацией ДМ во время глубокого сна [5]. В связи с этим, была выдвинута гипотеза, что ФБМ может оказывать терапевтические эффекты на животных с глиомой, возможно, более выраженные во сне, чем в бодрствовании. Целью данной работы явилось экспериментальное тестирование данной гипотезы.

Во всех экспериментах использовали крыс-самцов Вистар (200–250 г, возраст 2 месяца), которые были получены из Национального ресурсного центра лабораторных животных (Институт биоорганической химии имени академика М. М. Шемякина-Овчинникова, РАН, Пущино, Россия). Клеточная линия глиомы крысы С6 была получена из Российской коллекции культур клеток позвоночных, Институт цитологии Российской академии наук (Санкт-Петербург, Россия). В данном исследовании использовали адаптированный и ранее опубликованный протокол для разового и курса ФБМ (1050 нм, импульсный режим, 500 мВ/см<sup>2</sup>) под ЭЭГ контролем [4]. Перед началом эксперимента крысам давали 10 дней на восстановление после операции.

Первая серия экспериментов показала, что хотя 14-дневный курс ФБМ у спящих и бодрствующих крыс одинаково хорошо повышали их выживаемость, уменьшение объема глиомы было более выражено у крыс, получавших ФБМ во сне, чем в бодрствующем состоянии.

Во второй серии экспериментов установили, что оба курса ФБМ во время сна или бодрствования эффективно повышают устойчивость к прогрессированию глиомы за счет подавления пролиферации опухолевых клеток и активации апоптоза. Интересно, что влияние курса ФБМ на экспрессию белков Ki67, Вах и p53 было в 2.3, 1.5 и 1.8 раза выше у крыс, получавших курс ФБМ во время сна по сравнению с бодрствующим состоянием.

Таким образом, первые две серии экспериментов позволили выявить, что глиома-

опосредованное подавление ДМ может быть улучшено курсом ФБМ, причем с более выраженными стимулирующими эффектами во время сна по сравнению с бодрствованием.

На финальном этапе установили, что ФБМ повышает количество CD8+ Т-клеток в клетках глиомы и в глубоких шейных лимфатических узлах. Что свидетельствует об активации иммунного ответа против глиомы. При этом эффекты ФБТ на эти процессы у спящих крыс с глиомой были более выраженными, чем у бодрствующих особей.

В целом, результаты исследований показали, что терапевтический эффект ФБМ во время сна у крыс с глиомой значительно усиливается по сравнению с применением ФБМ в состоянии бодрствования. Действительно, у крыс, получающих ФБМ во время сна, более эффективно повышался ДМ, уменьшался объем опухоли, активировался иммунный ответ на глиому, и увеличивалась выживаемость, чем у крыс, получающих ФБМ в бодрствовании. Эти результаты позволяют заключить, что ФБМ является многообещающей технологией для альтернативной терапии глиомы во сне, что открывает новую стратегию улучшения качества медицинской помощи для пациентов с раком мозга, используя перспективные подходы «умного сна» и неинвазивные методы лечения глиомы.

Благодарности и источники финансирования работы:

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23–25–00296.

Список литературы:

1. Martin J. A., Hart N. H., Bradford N. Prevalence and management of sleep disturbance in adults with primary brain tumours and their caregivers: A systematic review // *Journal of Neuro-Oncology*. 2023. V. 162. P. 25–44.
2. Ma Q., Schlegel F., Bachmann S. B. Lymphatic outflow of cerebrospinal fluid is reduced in glioma // *Scientific Reports*. 2019. V. 9. P. 14–15.
3. Qin X. et al. Peri-tumoral brain edema associated with glioblastoma correlates with tumor recurrence // *Journal of Cancer*. 2021. V. 12. P. 2073–2082.
4. Semyachkina-Glushkovskaya O. et al. Technology of the photobiostimulation of the brain's drainage system during sleep for improvement of learning and memory in male mice // *Biomedical Optics Express*. 2024. V. 15. P. 44–58.
5. Xie L., Kand H., Xu Q. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain // *Science*. 2013. V. 342. P. 373–377.

УДК 581.1

### **Специфика получения семядольной линии каллусной культуры**

#### ***Lychnis chalcidonica***

*А. С. Трушина, В. Прокопенко, Д. С. Попов, Ю. В. Медведева, И. Ф. Головацкая*

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

г. Томск, Россия

atrusina90@gmail.com

Ключевые слова: *Lychnis chalcidonica*, каллус, длительное культивирование, продуктивность.

Использование клеточных и тканевых культур растений *in vitro* в качестве источника биологически активных веществ (БАВ) помогает спасти от уничтожения редкие дикорастущие лекарственные растения. Этот биотехнологический метод позволяет решить проблему круглогодичного получения БАВ в отсутствие загрязнения патогенами и их продуктами жизнедеятельности и др. [1]. Объектом исследования

служил лихнис хальцедонский (*Lychnis chalconica* L.), содержащий важные БАВ: фитостероиды, флавоноиды, сапонины и др. [2, 3].

Для получения каллусной культуры лихниса проводили несколько последовательных процедур: получение стерильных проростков, иссечение эксплантов для стимулирования каллусообразования, многократная пересадка каллусной ткани с целью получения стабильной культуры. Сухие семена лихниса стерилизовали раствором, содержащим 96% этиловый спирт, воду, 33% перекись водорода в соотношении 13:1:1 (по объему), на бумажных фильтрах в чашках Петри в условиях ламинарного бокса БМБ-II-«Ламинар-С»-1,8 (NEOTERIC, Россия). Затем высушенные и обработанные 2 мин под УФ семена переносили в сосуды для культивирования на 50 % безгормональную питательную среду Мурасиге-Скуга [4] с pH 5,7–5,8, содержащую 4,5 г/л агара, 15 г/л сахарозы и 0,5 мг/л каждого витамина (пиридоксина, тиамина, никотиновой кислоты). Из стерильных семян выращивали молодые растеньица до 5-ти и 14-ти суточного возраста. У растений лихниса на 5 сутки семядольные листья достигали 6–10 мм и появлялся первый настоящий лист, на 14-е сутки начинала формироваться розетка из двух настоящих листьев размером 10–15 мм.

Для индукции каллуса на 5 сутки от молодых растений были отсечены семядоли, которые были использованы в качестве эксплантов. Экспланты переносили на 50 % среду Мурасиге-Скуга, содержащую гормоны НУК и БАП (4:1) и культивировали в темноте при температуре 21–23°C. Полученный от эксплантов каллус переносили несколько раз вместе с эксплантом на свежую среду Мурасиге-Скуга того же состава, и только после хорошего прироста каллуса его отделяли от экспланта и культивировали отдельно.

Оптимальным возрастом растений для выделения эксплантов из семядольных листьев были 5 сутки, поскольку к 14 суткам уже начинался следующий этап развития – формирование побега с узлами и настоящими листьями, а семядоли старели. Об этом свидетельствовали наши наблюдения: на эксплантах, взятых с растений в возрасте 14-ти суток, отмечали менее интенсивное каллусообразование. Первичный каллус формировался плотным и имел светло-зеленую или желто-зеленую окраску.

В ходе получения каллуса от семядолей в течение нескольких пассажей проводили отбор культур. В качестве критериев были выбраны следующие: отсутствие посторонних морфогенных структур на первичном каллусе; стабильный рост; хорошая выживаемость; отсутствие ранних некрозов. С 6 пассажа провели исследование продуктивности 25-суточной культуры [5]. Для этого определяли сырую массу исходных кусочков каллуса ( $M_0$ ) и массу каллуса в конце культивирования ( $M_1$ ). В итоге находили разницу биомасс ( $M_1 - M_0$ ) и оценивали прирост сырой массы в расчете на 1 л среды Мурасиге-Скуга. После определения сырой массы, каллус фиксировали при 90°C и высушивали при 70°C до постоянного веса и аналогично рассчитывали прирост сухой массы в расчете на 1 л. Исследования проведены в 20-ти кратной повторности.

В результате исследования отметили, что с увеличением пассажа семядольной линии каллусной культуры происходило активное увеличение сырой массы культуры, что свидетельствовало о росте культуры за счёт деления и растяжения клеток (см. таблицу). Наибольший прирост продуктивности биомассы культуры происходил на 8 пассаже (52 %).

Сравнение между собой приростов продуктивности культуры по сырой и сухой массе показало, что до 7 пассажа происходило пропорциональное увеличение (20 %) сырой и сухой биомассы, то есть согласованный рост клеток, их деление и растяжение. Тогда как, начиная с 8 пассажа, наблюдали меньший прирост сухой массы, что могло указывать на преимущественное увеличение размеров клеток

(обводнение клеток), по сравнению с их делением. Этот факт свидетельствовал о том, что каллусная культура в процессе пассажирования хорошо адаптировалась к среде и стабилизировалась к 9 пассажиру.

**Таблица – Влияние номера пассажира семядольной линии каллусной культуры на ее продуктивность**

Номер пассажира	Продуктивность по сырой массе		Продуктивность по сухой массе	
	г/л	%	г/л	%
6	195±9,1	100	14±0,5	100
7	235±10,3	121	16±0,8	116
8	338±14,9	173	17±0,7	120
9	369±16,6	189	18±0,8	128

Для дальнейшего описания полученной линии каллусной культуры лихниса будут проведены цитологические исследования, а также оценка биохимического состава.

Благодарности и источники финансирования работы:

Данная работа была поддержана Программой развития Томского государственного университета (Приоритет 2030).

Список литературы:

1. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 158 с.
2. Golovatskaya I. F et al. Specificity of growth and accumulation of flavonoids in plants and cell cultures *Lychnis chalconica* obtained from explants of different organs// Russian Journal of Plant Physiology. 2024. V. 71. P 25–35.
3. Зибарева Л. Н, Филоненко Е. С, Храмова Е. П. Флавоноиды некоторых видов растений родов *Lychnis* и *Silene* // Фенольные соединения функциональная роль в растениях сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума Фенольные соединения фундаментальные и прикладные аспекты. М.: ИФР РАН, 2018. 274 с.
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures // Plant Physiology. 1962. V. 15. P. 473.
5. Носов А. М. Методы оценки и характеристики роста культур клеток высших растений // Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений. М.: Бинум, 2011. 386 с.

УДК 581.8+633.112.1

### **К оценке продуктивности твердой пшеницы сортов саратовской селекции**

*Э. Г. Хачатуров, В. В. Коробко*

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

Ключевые слова: *Triticum durum* Desf., селекционные индексы, продуктивность.

Использование селекционных индексов является эффективным методом выявления основных физиологических и генетических систем, обеспечивающих высокую урожайность в конкретных условиях среды. Известно, что при оценке продуктивности с учетом «генотип-среда» особенно информативными являются мексиканский, канадский и индекс линейной плотности колоса [1, 2].

Объекты изучения – четырнадцать сортов яровой твердой пшеницы *Triticum*

*durum* Desf. саратовской селекции, созданные сотрудниками лаборатории твердой пшеницы ФГБУ «ФАНЦ Юго-Востока». Отбор проб проводили в конце вегетации, в период полного созревания зерна (n=30).

Учитывали следующие параметры: длину целого растения, длину главного побега и длину колоса главного побега, количество колосков в колосе, количество озерненных и неозерненных колосков, массу зерновки и 1000 зерновок. По данным параметрам рассчитывали селекционные индексы: мексиканский, канадский, индекс линейной плотности колоса [3]. Для оценки метеорологических условий в период вегетации яровой твердой пшеницы был рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГКУ) [2, 3].

Наблюдения за погодно-климатическими условиями показали, что в 2020 г. сухим месяцем был июль (количество осадков 10,6 % от многолетнего показателя, ГТК = 0,1), тогда как май, июнь и август были влажными (количество осадков 119,5–185,7 % от многолетнего показателя, ГТК = 1,5–2,0). Показатели ГТК в 2021 г. в период июнь–июль незначительно отличаются от аналогичных показателей в 2023 г.: в июне увлажнение было достаточным (количество осадков 140,4 % от многолетнего показателя, ГТК = 1,7), июль был слабо засушливым (количество осадков 95,7 % от многолетнего показателя, ГТК = 0,9). При этом погодно-климатические условия в мае отличались: 2021 г. характеризуется засушливым маем (количество осадков 90,2 % от многолетнего показателя, ГТК = 1,0), а 2023 г. – слабо засушливым (количество осадков 92,7 % от многолетнего показателя, ГТК = 1,2).

В условиях 2020 г. вегетации наибольшими значениями мексиканского индекса – 0,03 и 0,04 г/см характеризуются растения сортов Крассар, Саратовская 57, Людмила, Лилек и Николаша, тогда как в 2021 г. максимальное значение данного показателя продуктивности (0,02 г/см) отмечено у растений сортов Лилек, Саратовская 40 и Саратовская 59. В 2023 г. такой же максимальный показатель был обнаружен у всех растений, за исключением сорта Людмила, Ник, Елизаветинская, Аннушка (см. таблицу). Сравнительный анализ данных показал, что мексиканский индекс сорта Саратовская 40 в период 2020, 2021 и 2023 гг. оставался неизменным.

**Таблица – Характеристика сортов *Triticum durum* Desf. по селекционным индексам**

Сорт	2020			2021			2023		
	Мх	ЛПК	Кі	Мх	ЛПК	Кі	Мх	ЛПК	Кі
Саратовская 40	0,02	0,21	4,45	0,02	0,14	3,35	0,02	0,27	5,56
Саратовская 57	0,03	0,21	3,86	0,01	0,09	3,06	0,02	0,26	5,39
Саратовская 59	0,02	0,23	5,10	0,01	0,10	3,67	0,02	0,27	5,56
Саратовская золотистая	0,02	0,25	4,44	0,01	0,08	3,11	0,02	0,24	5,49
Людмила	0,03	0,30	5,34	0,01	0,17	4,66	0,01	0,24	4,91
Валентина	0,02	0,24	4,64	0,01	0,10	3,39	0,02	0,28	5,39
Ник	0,02	0,21	4,74	0,01	0,10	3,22	0,01	0,29	6,15
Елизаветинская	0,02	0,21	4,64	0,01	0,08	2,79	0,01	0,22	4,62
Золотая волна	0,02	0,27	4,35	0,01	0,09	4,0	0,02	0,26	5,81
Аннушка	0,02	0,26	6,44	0,01	0,11	2,99	0,01	0,28	6,27
Крассар	0,04	0,38	5,59	0,01	0,14	3,62	0,02	0,30	5,86
Лилек	0,03	0,28	5,27	0,02	0,16	3,78	0,02	0,26	5,62
Николаша	0,03	0,31	5,36	0,01	0,16	3,92	0,02	0,30	6,42
Луч 25	0,02	0,24	5,44	0,01	0,16	3,25	0,02	0,27	5,77

Примечание: Мх – Мексиканский индекс; ЛПК – индекс линейной плотности колоса; Кі – Канадский индекс.

ЛПК в условиях 2020 г. варьировал от 0,21 г/шт. (Елизаветинская, НИК, Саратовская 40, Саратовская 57) до 0,38 г/шт. (Крассар), в 2021 г. – от 0,07 г/шт.

(Елизаветинская) до 0,17 г/шт (Николаша и Людмила) г/шт., в 2023 г. – от 0,22 г/шт. (Елизаветинская) до 0,30 г/шт. (Крассар, Николаша). Таким образом, сорт Елизаветинская характеризуется минимальными значениями данного индекса в течение трех лет.

Канадский индекс ( $K_i$ ) характеризует удельный урожай колоса. На основании полученных данных был рассчитан удельный урожай колоса исследованных сортов и выделены сорта с наиболее высоким его значением: в 2020 г. это сорта Аннушка ( $K_i=6,4$  шт./см), Крассар ( $K_i=5,6$  шт./см), Луч 25 ( $K_i=5,4$  шт./см); в 2021 г. – Людмила ( $K_i=4,7$  шт./см) и Золотая волна ( $K_i=4,0$  шт./см); в 2023 г. – Николаша ( $K_i=6,4$  шт./см), Аннушка ( $K_i=6,3$  шт./см), Ник ( $K_i=6,2$  шт./см). Наименьшее значение удельного урожая колоса в 2020 г. свойственно сорту Саратовская 57 ( $K_i=3,86$  шт./см), в 2021 г. – сортам Аннушка ( $K_i=2,9$  шт./см), Елизаветинская ( $K_i=2,8$  шт./см), Саратовская 57 ( $K_i=3,0$  шт./см); в 2023 г. – сортам Елизаветинская ( $K_i=4,6$  шт./см), Людмила ( $K_i=4,9$  шт./см).

Таким образом, на основании полученных показателей селективных индексов наименее благоприятными являются условия 2021 г., который характеризуется самым низким значением ГКУ в мае и августе за период исследования: в 2021 г. медианные значения индексов продуктивности сортов были минимальны. Анализ динамики анализируемых показателей по каждому из сортов показал, что селекционные индексы в 2021 г. были минимальными у большинства из изученных сортов. Исключение составили сорта, у которых Мх индекс (сорт Саратовская 40) и  $K_i$  (сорт Людмила) оставались неизменными за весь период исследования; ЛПК (сорт Елизаветинская) и Мх (Людмила, Елизаветинская, Ник, Аннушка) в условиях 2021 и 2023 гг. имели одинаковое (минимальное для сорта в период исследования) значение и  $K_i$  в условиях 2020 и 2021 гг. (Золотая волна) имели одинаковое (минимальное) значение.

#### Список литературы:

1. Гребенкина А. А., Коробко В. В. Морфогенетический индекс продуктивности некоторых сортов твердой пшеницы саратовской селекции // Живые системы – 2023: Сборник научных статей II Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой десятилетию восстановления экосистем (2020–2030). Саратов, 2023. С. 34–37.
2. Драгавцев В. А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // Экологическая генетика культурных растений: сборник докладов на Школе молодых ученых по экологической генетике. Краснодар: ВНИИ риса, 2012. С. 31–50.
3. Плиско Л. Г. Оценка селекционных линий яровой мягкой пшеницы по селекционным индексам // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. Т. 12, № 66. С. 127–130.

## Образование фибринолитических ферментов мукоромицетами

Ю. Цао, Ч. Хань, А. А. Осмоловский

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,

г. Москва, Россия

caoyuan883@gmail.com

Ключевые слова: фибринолитический фермент, мукоромицет, скрининг микромицетов, фибринолитическая активность, протеазы.

Микромицеты могут выделять большое количество активных веществ в результате активной жизнедеятельности. Изучение внеклеточных ферментов, секретируемых микромицетами, постепенно привлекает интерес научных работников. Такие внеклеточные ферменты могут обладать специфической активностью по разложению субстрата, что делает микромицеты большей потенциальной исследовательской ценностью по сравнению с другими источниками протеаз. Фибринолитические ферменты, секретируемые некоторыми микромицетами, способны разрушать тромбы, состоящие преимущественно из фибрина, что делает их фибринолитические ферменты перспективными для замены дорогостоящих медицинских тромболитических средств, поэтому фибринолитические ферменты микромицетов могут иметь широкие перспективы в медицинском применении [1, 2]. Мукоромицеты – наименее изученная и наиболее разнообразная группа микромицетов.

Цель работы – скрининг штаммов, способных секретировать фибринолитические ферменты представителями мукоромицетов; предварительное описание свойств фибринолитического фермента отобранного штамма.

Методы: 1. Культивирование мукоромицетов: в пробирках, в посевной среде, в разных по составу ферментационных средах; 2. Определение протеолитической активности с азоказеином и хромогенными пептидными субстратами (S-2251, S-2444); 3. Получение препарата и изоэлектрофокусирование белков, образуемых отобранным мукоромицетом; 4. Зимографический анализ протеолитической активности белков.

Был проведен скрининг среди 20 родов мукоромицетов: *Absidia*, *Cunninghamella*, *Mucor*, *Actinomucor*, *Rhizopus*, *Umbelopsis* и других. Было обнаружено, что *Absidia spinosa* может секретировать высокоактивные фибринолитические ферменты. *Absidia spinosa*, выращенная в ферментационной среде № 2 (источник углерода – глицерин), обладает более высокой активностью по отношению к азоказеину и специфическим хромогенным пептидным субстратам (ХПС), чем в ферментационной среде № 1 (источник углерода – крахмал). Изучение динамики роста и накопления протеаз продуцентом показала наибольшую протеолитическую активность на 9-й день культивирования, а затем достигала периода плато. Максимальное значение содержания белка в ферментационной среде наблюдалось на 5 и 9 сутки.

Также были выявлены оптимальная температура культивирования *Absidia spinosa* для продукции протеиназ при глубинном культивировании (28°C) и начальный pH среды (5.0–11.0).

Для разделения внеклеточных ферментов культуральной среды, секретируемых *Absidia spinosa*, использовали изоэлектрофокусирование для определения изоэлектрической точки протеазы в препарате [3]. По результатам зимограммы установлено, что в высокоактивной фракции присутствуют два фермента с разной молекулярной массой.

Благодарности и источники финансирования работы:

Огромное спасибо моему научному руководителю Александру Андреевичу за руководство во время эксперимента. Спасибо коллеге Ч. Хань за помощь, и также сотрудникам кафедры микологии и



альгологии и кафедры биохимии нашего факультета за помощь при получении препарата внеклеточных белков.

Список литературы:

1. Осмоловский А. А. и др. Образование протеиназ с фибринолитической и фибриногенолитической активностью микромицетом *Aspergillus ochraceus* // Микробиология. 2017. Т. 86, № 4. С. 504–509.
2. Фокичев Н. С. и др. Тромболитическая активность и свойства препарата протеиназ, образуемых микромицетом *Tolyrocladium inflatum* k1 // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55, № 6. С. 449–456.
3. Звонарева Е. С. и др. Выявление мишеней действия внеклеточных протеаз – активаторов белков системы гемостаза, образуемых микромицетами *Aspergillus ochraceus* // Биоорганическая химия. 2015. Т. 41, № 5. С. 559–559.

УДК 630\*181, 625\*77

### **Насаждения тополя бальзамического в г. Новосибирске**

*Н. В. Цветкова*

Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
г. Томск, Россия  
tsvetkovanatasha@mail.ru

Ключевые слова: тополь бальзамический, городские леса, сквер, озеленение улично-дорожной сети.

История тополеводства в Сибири насчитывает менее века. Активное использование тополя, чаще всего бальзамического, в послевоенные годы было передовым решением в городском озеленении и лесоводстве. Большая скорость роста, самая высокая продуктивность среди древесных пород, произрастающих на территории Сибири, и другие положительные качества определили тополь, как перспективный интродуцент.

В настоящее время завершается жизненный цикл первых посадок тополей, что определяет целесообразность изучения особенностей онтогенеза тополя бальзамического.

Изменившиеся со времени создания насаждений из тополя условия местопроизрастания, изменившаяся технология содержания зеленых насаждений, актуализированная нормативно-правовая база и другие аспекты привели к тому, что в последние три десятилетия новые посадки тополя бальзамического практически не производятся, и подававшая ранее большие надежды культура приходит к забвению.

Часть первых посадок создала значительные затруднения для жителей городов, дорожных ресурсоснабжающих организаций, в связи с чем, данная порода все чаще стала появляться в списках пород, не рекомендуемых к использованию на городских территориях. Тем не менее, отказаться от какой-либо породы, способной произрастать в условиях резко континентального климата Сибири, было бы большим расточительством.

В г. Новосибирске тополь бальзамический использовался в трех принципиально различных видах зеленых насаждений: городские леса, скверы и улично-дорожная сеть, относящихся в соответствии с принятыми нормативно-правовыми актами к двум блокам с различными системами управления. К первому блоку относятся парки, скверы, озеленение улично-дорожной сети и другие объекты общего, ограниченного пользования и специального назначения, относящиеся к городской инфраструктуре и

обеспечивающие комфортное проживание человека в городе. Создание и содержание таких территорий регламентируется Приказом Госстроя РФ №153 от 15.12.1999 «Об утверждении Правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации», правилами благоустройства поселений и другими нормативно-правовыми актами. Необходимо отметить, что вышеуказанный приказ Госстроя носит рекомендательный характер и в зависимости от размеров муниципального финансирования можно либо значительно превышать рекомендуемые нормы, либо вообще отказаться от выполнения части мероприятий.

К настоящему времени насаждения из тополя бальзамического встречаются лишь в некоторых скверах г. Новосибирска и более не используются для озеленения мест с массовым пребыванием людей. К объектам, на которых до сих пор можно встретить тополь бальзамический, относятся сквер им М.И. Калинина, сквер Семейный и некоторые другие скверы [2]. Возраст насаждений превышает 50 лет. В связи с регулярно проводимыми мероприятиями по содержанию насаждений, тополя или своевременно удаляют, или проводят санитарную и формовочную обрезку. Состояние насаждений в целом можно считать удовлетворительным.

Чаще тополь бальзамический встречается в озеленении объектов улично-дорожной сети – ул. Петухова, ул. Д. Ковальчук, ул. Сибиряков-Гвардейцев и др. Возраст деревьев в насаждениях превышает 50 лет. На данных территориях регулярные мероприятия по содержанию зеленых насаждений не проводятся, выполняется только удаление аварийноопасных деревьев. В связи с чем часто встречаются тополя в неудовлетворительном состоянии, фиксируются случаи падения крупных ветвей и частей стволов.

Вторым блоком, в большинстве случаев многократно превышающим первый по занимаемым территориям, являются городские леса. Создание и эксплуатация городских лесов регулируются Лесным кодексом Российской Федерации от 04.12.2006 № 200–ФЗ. Учитывая, что в объемах всех лесов РФ городские леса, расположенные на землях населенных пунктов, занимают весьма незначительную площадь и являются скорее частным случаем, регулируемым ст. 116 и 122 Лесного кодекса, наряду с другими видами защитных лесов: лесами, расположенными на особо охраняемых природных территориях, в водоохраных зонах, лесами, выполняющими функции защиты природных и иных объектов и ценными лесами [3]. С учетом высокой антропогенной нагрузки и расположением внутри городской территории в непосредственной близости от жилых и производственных объектов, улично-дорожной сети, городские леса не всегда отвечают потребностям населения [1].

В городских лесах г. Новосибирска тополь бальзамический произрастает на 197 выделах, расположенных в границах 51 квартала. Общая площадь, занятая культурами тополя бальзамического *Populus balsamifera* L., составляет 238,5 га. Возраст деревьев в насаждениях часто достигает 70 лет. Состояние насаждений оценивается как удовлетворительное, опасности падения насаждения в целом не представляют.

Несмотря на широкое использование тополя бальзамического ранее для создания как городских лесов, так и насаждений в скверах и на улично-дорожной сети, в последние три десятилетия этот гигант более не используется в г. Новосибирске.

С учетом фитонцидных свойств тополя, его способности к пыле-шумо-газо-защите, превышающей данные способности у любого другого вида деревьев, произрастающих в Западной Сибири, полный отказ от его использования в крупных промышленных и транспортных центрах может существенно снизить качество городской среды и негативно сказаться на экологии города в целом.

Список литературы:

1. Багаутдинова О. З. Городские леса и особенности их использования // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: сборник материалов V Международной научно-

практической конференции. Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью "Центр научного сотрудничества Интерактив плюс", 2017. С. 181–182.

2. Бакулин В. Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12, № 4. С. 563–571.

3. Ельмендеева Л. В. Проблемы развития правоотношений в сфере муниципального управления лесами // Правовая политика и правовая жизнь. 2014. № 3. С. 46–51.

УДК 616.932:615

### **Определение остаточной токсичности инактивированных клеток штаммов холерного вибриона**

*О. А. Шамина, О. С. Дуракова, С. А. Воробьева, Е. З. Попова, О. А. Волох*  
ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора,  
г. Саратов, Россия  
Olga.serebryakova.1989@mail.ru

Ключевые слова: вакцина, токсигенные штаммы, методы контроля, остаточная токсичность.

Ключевым в профилактике холеры, как на эндемичных территориях, так и в период вспышек заболевания является многосторонний подход, предусматривающий адекватный эпидемиологический надзор, улучшение водоснабжения, надлежащая санитария и гигиена, мобилизация общественности, правильное лечение холеры и применение оральных вакцин, которые могут быть реализованы в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Оральные холерные вакцины показали высокую защиту от холеры в период вспышек данного заболевания [1].

Европейская фармакопея и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) требуют проведения обширных испытаний по контролю качества и безопасности вакцин. В настоящее время преквалифицированные ВОЗ холерные вакцины и большая часть национальных являются инактивированными и представляют собой клетки нескольких штаммов холерного вибриона, обработанные прогреванием и/или формалином. В России для профилактики холеры выпускается и используется химическая холерная вакцина, представляющая собой смесь антигенов [2].

В настоящее время проводятся исследования по созданию отечественной оральной инактивированной холерной вакцины для массовой вакцинации, одним из этапов которых является разработка метода контроля остаточной токсичности специфического компонента вакцины – инактивированных клеток холерного вибриона.

По литературным данным активность холерного токсина (ХТ) определяют методом иммуноферментного анализа с использованием ганглиозидов GM<sub>1</sub> (GM<sub>1</sub> ELISA) [3, 4]. Данный метод используется также для контроля специфической безопасности инактивированных холерных вакцин за рубежом. В частности, в состав вакцины Dukoral (Швеция) входят инактивированные формалином и прогреванием клетки токсигенных штаммов *V. cholerae* O1 серогруппы классического и Эль Тор биоваров в концентрации 25×10<sup>9</sup> каждого штамма. Уровень остаточной токсичности клеток каждого штамма в данной вакцине определяют методом GM<sub>1</sub> ELISA по отношению к коммерческому препарату ХТ (положительный контроль) [5].

Для работы нами были взяты штаммы *V. cholerae* 569В и М-41 O1 серогруппы классического биовара, используемые при производстве национальной холерной химической вакцины. Полученная в результате ферментации биомасса подвергалась нескольким способам инактивации: формалином (0,6 %), прогреванием (100°С в

течении 30 минут), прогреванием с добавлением формалина. После контроля полноты инактивации микробиологическим методом, бактериальные клетки отделяли центрифугированием. Для определения остаточной токсичности использовали метод GM<sub>1</sub> ELISA. Делали ряд двукратных разведений клеток в диапазоне от  $25 \times 10^9$  до  $1,2 \times 10^7$ . В качестве положительного контроля использовали стандартный образец предприятия (СОП) «Тест-токсин холерный», а отрицательным контролем являлась разводящая жидкость (фосфатно-солевой буфер). Субстратным раствором являлся 2,2'-азино-бис-(3-этилбензтиозолин-6-сульфокислоты) диаммониевая соль. Постановку метода осуществляли по общепринятой методике. Расчет содержания ХТ в пробах проводили по калибровочной кривой по отношению к СОП «Тест-токсин холерный».

В результате было установлено, что у клеток, инактивированных только формалином, минимальная остаточная токсичность выявляется в концентрации  $25 \times 10^9$  клеток. Клетки, которые подверглись прогреванию, имели остаточную токсичность в концентрации  $6,5 \times 10^9$  клеток. При комплексной инактивации клеток холерного вибриона прогреванием с добавлением формалина результат реакции в максимальной концентрации клеток ( $25 \times 10^9$ ) был отрицательным.

Таким образом, у клеток *V. cholerae*, которые были инактивированные прогреванием при 100°C в течении 30 минут с добавлением формалина до конечной концентрации 0,6 % не определялась остаточная токсичность в концентрации  $25 \times 10^9$  вне зависимости от серовара штамма-продуцента. Полученные данные будут использованы при разработке нового препарата для профилактики холеры.

Список литературы:

1. Kanungo S. et al. Cholera // Lancet. 2022. V. 399, № 10333. P. 1429–1440.
2. Wierzba Th. F. Oral cholera vaccines and their impact on the global burden of disease // Human Vaccines & Immunotherapeutics. 2019. V. 15, № 6. P. 1294–1301.
3. Svennerholm A. M. Rapid GM<sub>1</sub>-enzyme-linked immunosorbent assay with visual reading for identification of *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin // Journal of Clinical Microbiology. 1983. V. 17, № 4. P. 596–600.
4. Cervin J. et al. GM<sub>1</sub> ganglioside-independent intoxication by cholera toxin // PLOS Pathogens. 2018. V. 14, № 2. P. 1–30.
5. Dukoral (cholera vaccine, inactivated oral). An overview of Dukoral and why it is authorised in the EU // European Medicines Agency URL: [http://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/dukoral-epar-summary-public\\_en.pdf](http://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/dukoral-epar-summary-public_en.pdf) (дата обращения: 23.02.2024).

УДК 582.475.2

## **Семенная продуктивность генеративных органов лиственниц в Сибири**

*А. М. Шемберг*

Институт леса имени В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия  
[antonschemberg@gmail.com](mailto:antonschemberg@gmail.com)

Ключевые слова: семенная продуктивность, лиственница, качество семян.

Приведён анализ генеративных органов лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина, произрастающих в естественных и искусственных насаждениях Сибири. Выявлено, что при достаточно высокой семенной продуктивности женских шишек у видов лиственниц образование полнотелых семян у них чрезвычайно низкое. Для сохранения генофонда лиственницы необходимо использовать современные биотехнологии размножения. Одной из таких технологий является биотехнология

соматического эмбриогенеза в культуре *in vitro*.

За формирование лиственничных лесов России ответственны 7 видов рода *Larix*, 6 из которых произрастают в Сибири и на Дальнем Востоке. К основным лесообразователям Сибири относят лиственницу сибирскую (*Larix sibirica*) и лиственницу Гмелина (*Larix gmelinii*) [1, 2].

Для проведения лесокультурных и гибридизационных работ крайне необходимо владеть информацией о качестве семян лиственницы. За последние годы, в связи с потеплением климата и усилением антропогенной нагрузки, репродуктивный потенциал и качество семян у лиственницы, так же, как и других хвойных видов, значительно снизился [3].

Цель данной работы заключалась в изучении семенной продуктивности и качества семян лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина, произрастающих в естественных и искусственных насаждениях Сибири.

Генеративные органы лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина были собраны в искусственных насаждениях дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН с середины июля по конец августа 2023 года. Кроме того, проводился сбор шишек лиственницы Гмелина на северной границе ареала в естественных древостоях на территории Эвенкийского ОЭП, Красноярский край, и на восточной границе ареала – в районе г. Бодайбо, Иркутская область. У шишек были измерены длина, и ширина, подсчитано количество развитых и неразвитых семенных чешуй, число развитых семян. Данные о генеративных органах лиственниц представлены в таблице 1. На основе полученных данных была рассчитана семенная продуктивность по формуле [4]:

$$A = \left( \frac{n}{2N} \right) \times 100, \%;$$

где А – семенная продуктивность макростробила, %; n – число семян (всех или развитых); N – число всех семенных чешуй. Статистическая обработка проводилась при помощи пакета Microsoft Excel 2007. Данные о семенной продуктивности генеративных органов лиственниц представлены в таблице 2.

Исследование структуры урожая лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина в искусственных насаждениях дендрария Института леса (Академгородок г. Красноярск) показало, что размеры шишек по длине не отличаются. Шишки лиственницы Гмелина имеют меньшую ширину по сравнению с лиственницей сибирской. У лиственницы Гмелина закладывается меньшее число чешуй и семян по сравнению с лиственницей сибирской (табл. 1).

**Таблица 1 – Анализ генеративных органов исследуемых видов лиственниц**

Вид/ местопроиз- растание	Размеры шишек		Число чешуй		Число семян		
	длина, мм	ширина, мм	неразви- тых	разви- тых	общее	полнозер- нистых	повреж- дѐнных
	Х <sub>ср</sub> ±mх						
<i>L. sibirica</i> – Дендрарий	19,83±0,8	15±0,4	11±0,6	22,83±1,6	45,66±3,2	7,83±2,2	37,83±3,4
<i>L. gmelinii</i> – Дендрарий	19,53±0,3	13,92±0,4	4,76±0,4	15,84±0,7	31,84±1,5	21,2±2,8	10,61±2,4
<i>L. gmelinii</i> – Тура	16,07±0,4	12,15±0,3	4,84±0,6	14,84±0,5	29,69±1,1	15,61±3,06	14,07±3,7
<i>L. gmelinii</i> – Бодайбо	15,69±0,4	15,46±0,5	3,46±0,2	15,69±0,9	25±4,2	1,69±0,5	23,30±4,3

Изучение структуры урожая лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина в естественных и искусственных насаждениях показало, что семенная продуктивность женских шишек высокая. Однако семена образуются низкого качества. Большая часть

семян повреждается конобионтами. Для создания лиственничных лесов необходимо применение новых технологий. Наиболее перспективной является биотехнология соматического эмбриогенеза *in vitro*, с помощью которой можно масштабировать создание высокопродуктивных плантаций лиственницы.

**Таблица 2 – Семенная продуктивность женских шишек лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина**

Вид / местопроизрастание	Семенная продуктивность, %
<i>L. sibirica</i> – Дендрарий	67,0
<i>L. gmelinii</i> – Дендрарий	77,5
<i>L. gmelinii</i> – Тура, стационар	72,2
<i>L. gmelinii</i> – Бодайбо	72,2

Благодарности и источники финансирования работы:

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта № 22–14–20008.

Список литературы:

1. Абаимов А. П., Коропачинский И. Ю. Лиственницы Гмелина и Каяндера. Новосибирск: Наука, 1984. 121 с.
2. Ирошников А. И. Лиственницы России. Биоразнообразие и селекция. М.: ВНИИЛМ, 2004. 182 с.
3. Третьякова И. Н. и др. Регенерационная способность клеточных линий лиственницы сибирской в культуре *in vitro* // Известия российской академии наук. Серия биологическая. 2022. № 6. С. 585–596.
4. Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1983. 198 с.

УДК 579.2

### **Влияние техногенного загрязнения среды тяжелыми металлами на ризосферные микроорганизмы гелофита *Typha latifolia* L.**

*Г. И. Ширяев, О. В. Воронаева, А. М. Дорофеев*

Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия  
schiriaev.grisha@yandex.ru

Ключевые слова: рогоз широколистный, полиметаллическое загрязнение, ризобактерии, PGP-свойства, фиторемедиация.

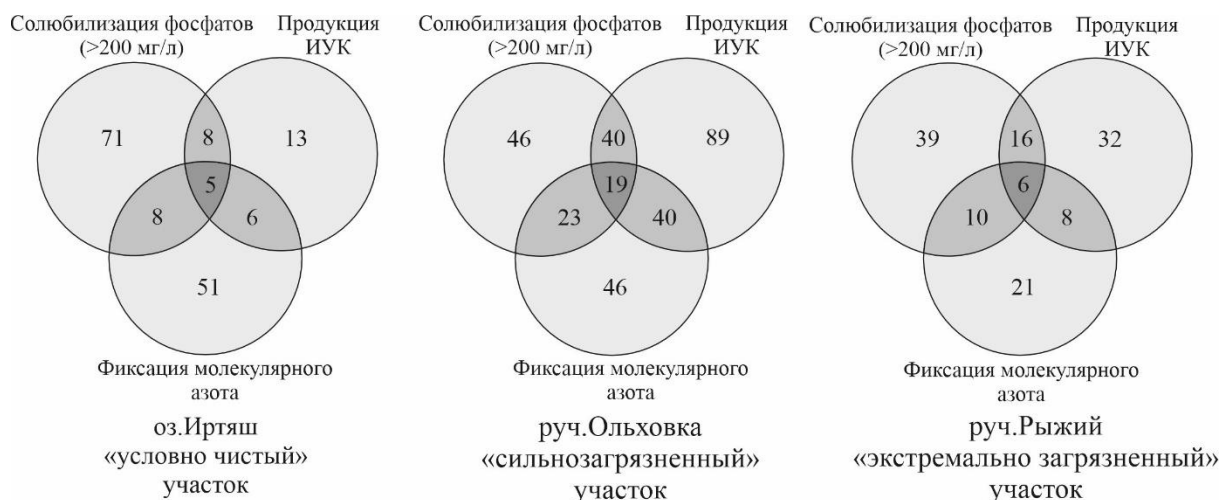
Фиторемедиация – это метод очистки окружающей среды от различных поллютантов, включая тяжелые металлы (ТМ), с использованием растений и ассоциированных с ними микроорганизмов. Недостатком данной технологии является низкая скорость восстановления загрязнённых территорий, для увеличения которой, в частности, используются ризосферные бактерии, способные к стимулированию роста растений (PGP-ризобактерии). Эти бактерии ускоряют рост растений, а также могут увеличивать поглощение ими металлов. Однако многие из них не способны выживать при полиметаллическом загрязнении среды. По этой причине особую актуальность представляет скрининг ризобактерий у таких растений как *Typha latifolia* L. (рогоз широколистный), произрастающих на сильнозагрязнённых территориях, для

дальнейшего использования в фиторемедиационных технологиях.

Целью работы было изучение ризосферной микрофлоры гелофита *T. latifolia* из прибрежной зоны водных объектов с разной степенью полиметаллического загрязнения для выявления штаммов ризобактерий с наиболее выраженной PGP-активностью.

Отбор ризосферного субстрата с корней *T. latifolia* проводили в середине июля 2023 г. вблизи медеплавильного комбината АО «Карабашмедь» (г. Карабаш, Челябинская область) на трех участках с известным уровнем загрязнения среды: оз. Иртяш («условно чистый»), руч. Ольховка («сильнозагрязненный»), руч. Рыжий («экстремально загрязненный») [1]. Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в субстрате определяли методом Коха [2] и выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на г сухого веса. На каждом участке было выделено от 150 до 170 морфологически различных штаммов ризобактерий. Их способность к азотфиксации оценивали качественно путем посева бактериальных штаммов на агаризованную питательную среду Эшби [2]. Способность бактериальных штаммов к солюбилизации недоступных фосфатов определяли путем посева бактерий на питательную среду NBRIP согласно [3]. Способность бактериальных штаммов к синтезу индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) оценивали с добавлением *L*-триптофана в среду LB согласно [4].

На качественный и количественный состав ризобактериальных сообществ влияют как биотические, так и абиотические факторы. В свою очередь ризобактерии способствуют развитию, росту и адаптации растений к факторам окружающей среды, в том числе к загрязнению среды ТМ [5]. Изучение КМАФАнМ в ризосферном субстрате *T. latifolia* показало его варьирование от  $5 \times 10^5$  до  $3,8 \times 10^7$  КОЕ/г сухого веса. Отмечено, что КМАФАнМ было достоверно ниже на загрязнённых участках (ручьи Рыжий и Ольховка). Особенно сильное влияние на рост и устойчивость растений в условиях загрязнения окружающей среды оказывают ризобактерии, обладающие PGP-активностью. Одним из наиболее важных PGP-свойств является синтез ИУК, которая приводит к усилению роста корней растений, что способствует увеличению жизненного пространства ризобактерий. В нашем исследовании было показано, что на загрязнённых участках количество штаммов, синтезирующих ИУК, увеличивалось в 2,3 (руч. Рыжий) и 6,4 раза (руч. Ольховка). При этом количество штаммов, синтезирующих значительные количества ИУК (более 10 мг/л), в сравнении с условно чистым участком (оз. Иртяш), увеличивалось (с 7 до 34 %) только в субстрате *T. latifolia*, произрастающей в ручье Ольховка. Известно положительное влияние на рост растений штаммов ризобактерий, солюбилизирующих фосфаты и фиксирующих атмосферный азот. Это связано с важной ролью азота и фосфора как макроэлементов. Однако на обоих изученных загрязнённых участках количество штаммов, способных как к азотфиксации, так и к солюбилизации нерастворимых фосфатов, снижалось. Анализ полученных данных (см. рисунок) показал, что количество штаммов, обладающих всеми тремя PGP-свойствами, было невелико и лишь на руч. Ольховка составляло значительную часть ризобактерий (19 %). Скрининг изолятов на всех трех участках позволил выявить 49 штаммов, потенциально пригодных для использования при фиторемедиации загрязнённых ТМ территорий.



**Рисунок – Доля штаммов (%), обладающих PGP-свойствами, на участках с различным уровнем загрязнения**

Таким образом, результаты исследования ризосферных бактерий *T. latifolia* на участках с различным уровнем техногенного воздействия позволяют сделать заключение о влиянии полиметаллического загрязнения как на их количество, так и проявление PGP-активности. На загрязненных участках происходило подавление таких PGP-свойств как способность к азотфиксации и солюбилизации нерастворимых фосфатов, но увеличивалось количество штаммов, способных к синтезу ИУК. Исследование позволило выявить штаммы с наибольшей PGP-активностью, перспективные для дальнейшего использования в фиторемедиационных технологиях.

Список литературы:

1. Shiryayev G. et al. Phytomitigation potential and adaptive responses of helophyte *Typha latifolia* L. to copper smelter-influenced heavily multi-metal contamination // Environmental Science and Pollution Research. 2023. P. 1–14.
2. Нетрусов А. И. и др. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.
3. Ribeiro C. M., Cardoso E. J. Isolation, selection and characterization of root-associated growth promoting bacteria in Brazil Pine (*Araucaria angustifolia*) // Microbiological Research. 2012. V. 167, № 2. P. 69–78.
4. Bric J. M., Bostock R. M., Silverstone S. E. Rapid *in situ* assay for indoleacetic acid production by bacteria immobilized on a nitrocellulose membrane // Applied and environmental Microbiology. 1991. V. 57, № 2. P. 535–538.
5. Gao T., Shi X.-Y. Taxonomic structure and function of seed-inhabiting bacterial microbiota from common reed (*Phragmites australis*) and narrowleaf cattail (*Typha angustifolia* L.) // Archives of Microbiology. 2018. V. 200, № 6. P. 869–876.



**Население амфибий степной зоны Южного Зауралья***Н. О. Шорихина, М. П. Пономарев*

Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия

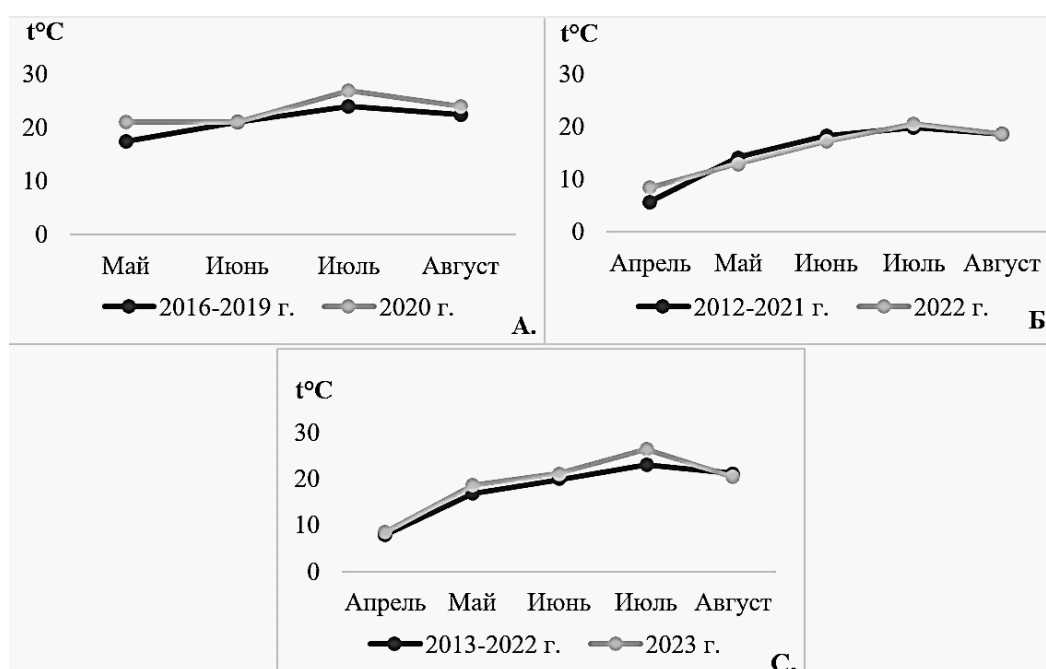
lia\_are\_lia@mail.ru

Ключевые слова: амфибии, Южное Зауралье, степная зона, население, биотопическое распределение, обилие.

В данной статье приведены результаты исследования территории Южного Зауралья на предмет изучения населения амфибий в степной зоне. Авторами работы проведены полевые исследования, осуществленные в степной зоне Курганской области, а именно в подзоне лесостепи (полосы северной и южной лесостепи) и подзоне разнотравно-дерновиннозлаковой степи, с конца апреля по август 2020, 2022 и 2023 гг.

Фауна амфибий Южного Зауралья (Курганская область) изучена достаточно полно. Однако, данных по населению, особенно в XXI в., на этой территории мало.

Курганская область, согласно геоботаническому районированию делится на 2 зоны: бореальная зона (подзона подтайги) и степная зона (подзона лесостепи и подзона разнотравно-дерновиннозлаковой степи) [1]. Места наших исследований затронули 2 агроклиматических района: I – умеренно теплый, незначительно засушливый и III – наиболее теплый, засушливый. Полученные данные (см. рисунок) свидетельствуют о том, что летние периоды 2020 г., 2022 г. и 2023 г. в степной зоне Зауралья были аномально жаркими.



**Рисунок – Средние температурные показатели степной зоны Курганской области [2]:**  
 А – полоса южной лесостепи (подзона лесостепи); Б – подзона разнотравно-дерновиннозлаковой степи; С – полоса северной лесостепи (подзона лесостепи)

Отлов земноводных проводили с использованием ловчих канавок. Относительное обилие амфибий подсчитывали в пересчёте на 100 конусо-суток. За время исследования общее количество учтенных амфибий по всем территориям составило 1859 особей.

Фауна земноводных Южного Зауралья включает 9 видов амфибий [3]. Исходя из данных приведенных в таблице, следует, что *Salamandrella keyserlingii*, *Lissotriton vulgaris* и *Rana amurensis* – очень редкие, а *Pelobates fuscus* и *Rana arvalis* – обычные виды. Это связано с тем, что условия данной территории являются наиболее оптимальными для обыкновенной чесночницы и остромордой лягушки. Следует отметить, что на территории полосы южной лесостепи *S. keyserlingii* ранее не регистрировался. На исследуемой территории в 2020 г. сибирский углозуб встречается вблизи южной периферии ареала в Западной Сибири. В 2023 г. в северной лесостепи, количество учтенных особей увеличилось, так как умеренно теплый, незначительно засушливый климат данной территории наиболее характерен для этого влаголюбивого и относительно холодостойкого вида. *L. vulgaris*, предпочитающий открытые, хорошо прогреваемые водоемы, учтен нами лишь в 2023 г. в северной лесостепи (Тоболо-Ишимское междуречье). *R. amurensis* зарегистрирован в количестве 5 особей здесь же, на юго-западной границе ареала. Все три вида занесены в Красную книгу Курганской области, со статусом III категории – редкие. Высокая численность *R. arvalis* и *P. fuscus*, в сравнении с остальными видами, связана с тем, что исследуемые биотопы располагались в пойменных лугах и частично затопляемых территориях, что является экологически оптимальными условиями (температура, влажность и др.) для этих видов с точки зрения кормовой базы и размножения [4].

**Таблица – Распределение и обилие амфибий степной зоны Южного Зауралья (в пересчете на 100 конусо-суток)**

Группы биотопов	2020 г.			2022 г.		2023 г.			
	<i>S. keyserlingii</i>	<i>R. arvalis</i>	<i>P. fuscus</i>	<i>R. arvalis</i>	<i>P. fuscus</i>	<i>S. keyserlingii</i>	<i>L. vulgaris</i>	<i>R. arvalis</i>	<i>R. amurensis</i>
I. Околоводные	0	5,3	0,48	2,95	0,26	0,16	0,016	15,8	0,08
II. Облесенные (закрытые) и III. Полуоткрытые	0,03	1,06	0,17	0,23	3,4	0,02	0	0,73	0
IV. Открытые	0,2	1,65	0,9	0,68	1,2	0,03	0	1,57	0
<b>Суммарное обилие</b>	<b>0,05</b>	<b>8,01</b>	<b>1,55</b>	<b>3,86</b>	<b>4,86</b>	<b>0,21</b>	<b>0,016</b>	<b>18,1</b>	<b>0,08</b>
<b>В среднем по стационару</b>	<b>0,017</b>	<b>2,67</b>	<b>0,52</b>	<b>1,29</b>	<b>1,52</b>	<b>0,07</b>	<b>0,005</b>	<b>6,03</b>	<b>0,03</b>

На изученной территории степной зоны Южного Зауралья зарегистрировано 5 видов амфибий. *S. keyserlingii*, *L. vulgaris* и *R. amurensis* отнесены к очень редким, а *P. fuscus* и *R. arvalis* – к обычным видам.

На протяжении всего периода исследования в группе околоводных биотопов отмечено наибольшее обилие земноводных (за исключением *S. keyserlingii*, зарегистрированного в 2020 г. в облесенных (закрытых) и полуоткрытых биотопах), что характерно для этого класса позвоночных, в виду особенностей обитания и размножения.

Список литературы:

1. Науменко Н. И. Флора и растительность Южного Зауралья. Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2008. 512 с.
2. Погода в России // URL: <https://www.gismeteo.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Стариков В. П. Кадастровая сводка по земноводным Курганской области // Всесоюзное совещание по проблемам кадастра и учета животного мира. М.: Росагропромнотп, 1986. С. 435–436.
4. Красная Книга Курганской области. Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2012. С. 90–95.

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГИСТРАНТОВ

УДК 574.64

### Эколого-токсикологическая оценка водотока с использованием многокомпонентной биотест-системы (на примере реки Большой Узень)

В. А. Афанасьева<sup>1</sup>, И. С. Кошелева<sup>2</sup>, Д. А. Кузьянов<sup>1,2</sup>, Ю. С. Гусев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Саратовский медицинский научный центр гигиены Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Саратов, Россия  
slyusar.vlada@yandex.ru

Ключевые слова: биотестирование, токсичность, хлорелла, дафнии, сперматозоиды.

Экологическое состояние рекреационных водных объектов является актуальной проблемой. Нагрузка биогенного, техногенного и антропогенного происхождения приводит к большой вероятности их загрязнения различными поллютантами, такими как, тяжелые металлы, нефтепродукты, пестициды и другие химические вещества. Чтобы оценить токсикологическое состояние водоема или водотока, необходимо постоянно проводить их мониторинг.

С этой целью предложен алгоритм многокомпонентной биотест-системы, включающий в качестве тест-объектов одноклеточную зеленую водоросль хлореллу обыкновенную (*Chlorella vulgaris* Beijer), большую дафнию (*Daphnia magna* Straus), половые клетки млекопитающих (*Bulla spermatozoa*). Параллельно с биотестированием проводился физико-химический анализ проб воды, включающий показатели, входящие в обязательный перечень, согласно требованиям, предъявляемым к качеству воды поверхностных водоемов [1].

Исследования проводились на базе лабораторий физико-химического анализа и химико-биологического мониторинга качества воды Саратовского МНЦ гигиены. Пробоотбор осуществлялся весной, летом и осенью в 2023 году по требованиям ГОСТ «Вода. Общие требования к отбору проб» [2]. Пробы воды отбирались в р. Большой Узень (50.141874° с.ш., 48.599303° в.д.) в черте р.п. Александров-Гай. При проведении эколого-токсикологической оценки использовали стандартные методики [3–5].

Река Большой Узень протекает по Саратовской и Западно-Казахстанской областям. Бассейновый округ – Уральский; длина русла – 650 км; водосборная площадь – 15,6 тыс. км<sup>2</sup>. В летний период река подпитывается водой из Алексеевского водохранилища, это позволяет ей не пересыхать летом, а воде оставаться пресной в среднем и нижнем ее течении [6].

Критерием токсичности воды являются: по тест-объекту *Chlorella vulgaris* токсичность пробы наблюдается при угнетении роста колонии от 20 % или стимуляции роста на 30 % и более процентов; для тест-объекта *Bulla spermatozoa* критерием токсичности служит снижение подвижности сперматозоидов ниже 80 % или увеличение их подвижности выше 120 % по сравнению с контролем; для тест-объекта *Daphnia magna* показателем токсичности служит гибель 50 % и более особей.

По результатам физико-химического анализа во всех пробах показатель химического потребления кислорода (ХПК) не соответствует гигиеническим нормативам. Максимальное значение данного показателя было зарегистрировано в летний период (см. таблицу). Это свидетельствует о загрязнении водотока органическими соединениями.

**Таблица – Результаты физико-химических и токсикологических исследований проб воды из реки Б. Узень**

Сезон проботбора	Показатели токсичности относительно тест-объектов			Показатель, не соответствующий гигиеническим нормативам
	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Bulla spermatozoa</i>	<i>Daphnia magna</i>	
Весна	<b>Слаботоксичная (без разбавления)</b>	<b>125,6</b>	Токсическое действие не выявлено	Мутность – 19,0 ХПК – 45,5
Лето	<b>Слаботоксичная (без разбавления)</b>	<b>121,9</b>	<b>25</b>	ХПК – 102,5
Осень	Токсическое действие не выявлено	117,9	Токсическое действие не выявлено	ХПК – 56,6

Показатель мутности зависит от характера питания водоема, климата, свойств береговых пород. Максимально мутными воды становятся в весенний период, что и объясняет превышение гигиенического норматива мутности в пробе, отобранной в этот период. По остальным физико-химическим и обобщенным параметрам превышений не выявлено.

По данным биотестирования с использованием многокомпонентной системы наибольшую чувствительность проявили тест-объекты *Chlorella vulgaris* и *Bulla spermatozoa*. Исследованные пробы воды по *Chlorella vulgaris* отнесены к категории слаботоксичных (без разбавления) в весеннем и летнем проотборах. На примере *Bulla spermatozoa* токсическое действие выявлено также в весенних и летних пробах, а на примере *Daphnia magna* токсическое действие отмечено только летом. Следовательно, на данном участке реки обнаружены сезонные изменения токсичности воды с пиком в летний период. Это объясняется тем, что весной в период половодья в реку попадают вместе с тальмами и дождевыми водами органические вещества, ядохимикаты, пестициды и другие загрязняющие вещества. Они также просачиваются в грунтовые воды, тем самым, загрязняя их, а при их разгрузке в летнюю межень попадают и в водотоки, приводя к ухудшению качества воды.

Таким образом, предложенная биотест-система для определения токсикологических свойств воды позволяет дать более объективную оценку состояния экосистемы водотока, даже если физико-химический анализ не показал значительных изменений в ней.

Список литературы:

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. N 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21» // URL: <https://base.garant.ru/400289764/> (дата обращения: 13.05.2023).
2. Инструкция по отбору и доставке проб воды для анализа // URL: [http://vodokanalpodolsk.ru/sites/default/files/instrukciya\\_po\\_otboru\\_prob.pdf](http://vodokanalpodolsk.ru/sites/default/files/instrukciya_po_otboru_prob.pdf) (дата обращения: 23.04.2023).
3. Экспресс-оценка токсичности отходов производства и потребления на культуре клеток млекопитающих. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 12 с.
4. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: Акварос, 2007. 51 с.
5. 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. М.: Стандартинформ, 2014. 38 с.
6. Большая саратовская энциклопедия. Водоемы: Большой Узень // URL: [http://saratovregion.ucoz.ru/nature/water/bolshoi\\_uzen.htm](http://saratovregion.ucoz.ru/nature/water/bolshoi_uzen.htm) (дата обращения: 23.04.2023).

## Оценка генетического разнообразия бактерий, выделенных с растений ярового ячменя, методом RAPD-PCR

А. С. Вахнина, Е. В. Глинская, Д. В. Уткин

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

Ключевые слова: бактерии, яровой ячмень, метод RAPD-PCR.

Изучение биоразнообразия и роли микроорганизмов, ассоциированных с зерновыми культурами растений, является актуальным направлением в практике экологически ориентированного адаптивного растениеводства. Среди фундаментальных вопросов в изучении ассоциированных микроорганизмов выделяют исследование состава и структуры фитомикробиома.

В ходе эволюции в результате совместного существования бактерий происходил горизонтальный перенос генов, который повышал генетическую изменчивость микроорганизмов. У близкородственных организмов частоты генетического обмена выше, чем у отдаленных [1]. Исследование ДНК-фрагментов бактерий показывает степень генетического сходства между представителями рода *Bacillus*, изолированных из одной экологической ниши – филосферы ячменя *Hordeum L.*

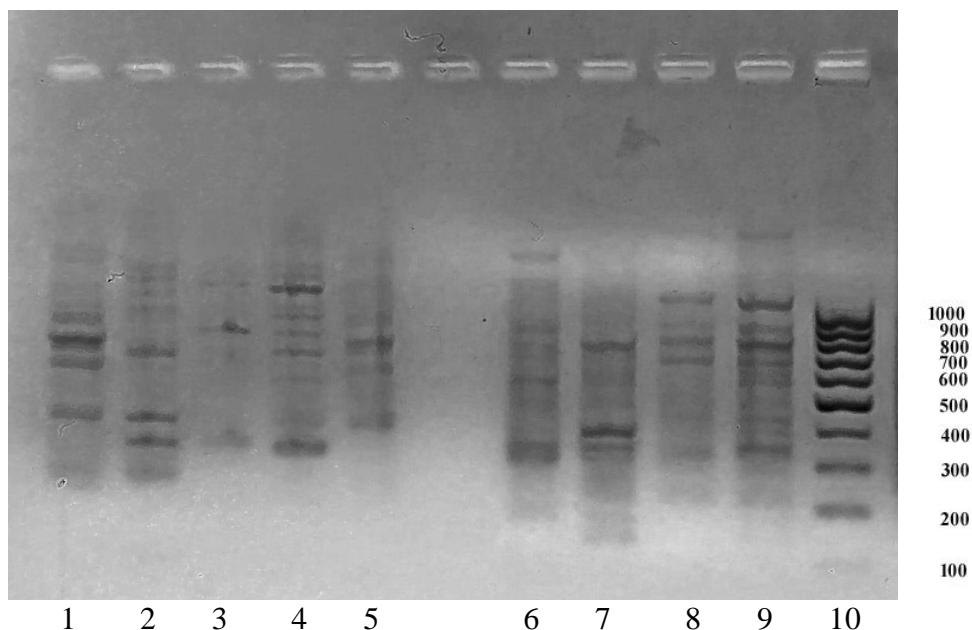
Цель работы – изучение генетического разнообразия бактерий рода *Bacillus*, выделенных из растений ярового ячменя сорта Як 401, созданного селекционерами ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока».

Работа проводилась на базе учебно-научной лаборатории биотехнологии и репродуктивной биологии СГУ имени Н. Г. Чернышевского. В ходе проведенных исследований ДНК бактерий рода *Bacillus*, изолированных из растений ячменя, была изучена методом RAPD-PCR.

RAPD-PCR (random amplified polymorphic DNA polymerase chain reaction) является одним из методов молекулярного типирования организмов с короткими случайными праймерами [2]. Данный метод позволяет выявить генетический полиморфизм у близкородственных организмов. RAPD-PCR не требует знания первичной последовательности ДНК.

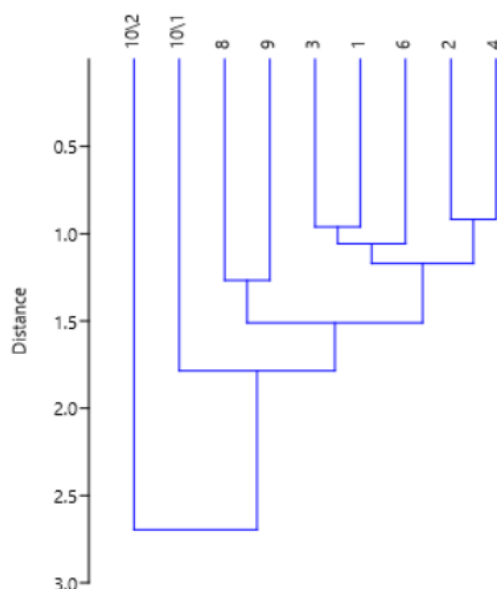
ДНК бактерий выделяли с использованием набора «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора). В качестве праймеров использовали три декануклеотида с тринуклеотидным составом со следующими последовательностями: ААССАGАСАА, ААGGGАСААА, ААССGААСАА. Продукты RAPD-ПЦР разделяли в 2 % агарозном геле с бромистым этидием в 1×TBE-буфере при напряженности электрического поля 5 В/см. Фрагменты ДНК визуализировали с помощью УФ-трансиллюминатора. Сравнительный анализ RAPD-фрагментов проводили с определением коэффициента Жаккара ( $K_j$ ). Анализ полученной матрицы и построение дендрограммы проводили в программе Past ver. 4.04.

При анализе образцов ДНК бактерий рода *Bacillus* с использованием RAPD-праймеров получены детектируемые продукты амплификации, количество которых составило от 5 (штамм 3) до 18 (штамм 10.2), размер которых варьировал от 150 до 3180 п.н. (рис. 1).



**Рисунок 1 – Спектры RAPD-фрагментов. 1 – *Bacillus* 1, 2 – *Bacillus* 2, 3 – *Bacillus* 3, 4 – *Bacillus* 4, 5 – *Bacillus* 6, 6 – *Bacillus* 8, 7 – *Bacillus* 9, 8 – *Bacillus* 10.1, 9 – *Bacillus* 10.2, 10 – маркеры длин фрагментов (O'GeneRuler 100bp DNA Ladder Plus, Fermentas), п.н.**

На основе полученных электрофореграмм выявлены общие и специфические фрагменты для разных штаммов, рассчитан  $K_J$ , определена матрица сходства. В программе Past ver. 4.04. построена дендрограмма с использованием алгоритма UPGMA (рис. 2).



**Рисунок 2 – Дендрограмма исследуемых образцов на основании RAPD-анализа**

Показано наибольшее генетическое сходство между штаммами 2 и 4 ( $K_J=0,29$ ), 3 и 6 ( $K_J=0,30$ ), 8 и 9 ( $K_J=0,27$ ).

Таким образом, RAPD-анализ с использованием указанных видов случайных праймеров позволяет оценить генетическое разнообразие исследуемых видов бактерий.

Формирование базы молекулярных типов микроорганизмов даст возможность в будущем быстро устанавливать генетическое родство выделенных штаммов бактерий рода *Bacillus*.

Список литературы:

1. Шестаков С. В. Как происходит и чем лимитируется горизонтальный перенос генов у бактерий // Экологическая генетика. 2007. Т. 5, № 2. С. 12–24.
2. Williams J. G. K. et al. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers // Nucleic Acids Research. 1990. V. 18. P. 6531–6535.

УДК 581.13.04

**Влияние фитогормонов кинетина и эпибрассинолида  
на активность сукцинатдегидрогеназы растений сои, находящихся  
в условиях кратковременной гипоксии**

*Е. О. Возгорькова, А. Н. Ершова*

Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия  
profershova@mail.ru

Ключевые слова: митохондрии, СДГ, гипоксия, кинетин, эпибрассинолид, соя.

В последнее время все чаще наблюдаются экстремальные погодные условия, при которых посевы сельскохозяйственных культур подвергаются воздействию избыточных осадков, что приводит к заболачиванию почв. В этом случае культурные растения, а также растения дикой флоры начинают испытывать острое кислородное голодание. Митохондрии являются наиболее чувствительной частью растительной клетки, которые участвуют в энергетическом обмене, и из-за сбоя работы ЭТЦ-дыхания в них могут продуцироваться различные формы АФК, содержание которых может возрастать при различных стрессовых условиях. Сукцинатдегидрогеназа митохондрий (СДГ) включена в работу цикла Кребса, активность ферментов которого так же определяется присутствием кислорода. Обнаружено, что увеличение содержания сукцината за счет блокирования СДГ способствовало усилению процессов перекисного окисления липидов в митохондриях растений кукурузы [1]. В тоже время показано, что при стрессах в растениях за счет блокирования СДГ различными ингибиторами, отмечалось снижение скорости образования АФК [2]. Для повышения устойчивости к стрессам сельскохозяйственные растения в последние годы стали обрабатывать различными группами фитогормонов, включая цитокинины и брассиностероиды [3]. Для выяснения механизма защитного действия исследовали влияние кинетина и 24-эпибрассинолида на активность митохондриальной СДГ сои, которые находились в условиях гипоксического стресса.

Объектом исследования служили 10–14 дневные проростки сои сорта Оресса, выращенные на свету методом гидропоники. В отделенные от корней проростки методом насасывания с транспирационным током в течение 12 часов в темновых условиях вводили растворы кинетина и 24-эпибрассинолида ( $10 \text{ мг л}^{-1}$ ). Далее растения переносили в затемненные вакуум-эксикаторы, через которые пропускали воздух, азот и  $\text{CO}_2$  (из баллонов) в течение 3,6 и 24 часов. Митохондрии выделяли методом дифференциального центрифугирования. Чистота фракции митохондрий составляла 96 %, которую контролировали по содержанию хлорофилла. Активность СДГ определяли в реакции ферментативного окисления сукцината в присутствии ФМС, рассчитывали с использованием коэффициента экстинкции и выражали в ФЕ/мг белка,

который определяли по методу Lowry [1]. Опыты проводили не менее 3–5 раз в двух биологических повторностях, результаты рассчитывали методом математической статистики.

Установлено, что активность СДГ митохондрий проростков сои через 3 часа действия гипоксии снизилась на 20 %, а к концу опыта уменьшилась почти в два раза по отношению к аэрируемым растениям. При действии CO<sub>2</sub>-среды уже в первые часы опыта она снизилась более значительно (до 48 %) по отношению к аэрированным растениям и далее практически оставалась на том же уровне (рис. 1). Если в проростки сои предварительно вводили раствор кинетина, то в условиях гипоксического стресса активность СДГ не падала, а повышалась уже в первые часы действия гипоксии, превышая уровень аэрированных растений на 21 %. Через 24 часа в условиях гипоксии активность фермента не снижалась, как это наблюдалось ранее (рис. 1), а увеличивалась почти в два раза и составила 85 % по отношению в аэрированным растениям. Практически такая же тенденция изменения активности СДГ митохондрий проростков сои в условиях дефицита кислорода наблюдалась и при обработке растений 24-эпибрассинолидом (рис. 2).

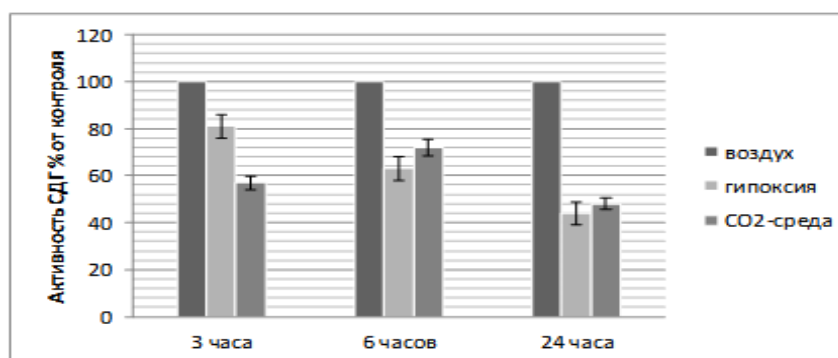


Рисунок 1 – Активность митохондриальной СДГ растений сои в условиях гипоксии и CO<sub>2</sub>-среды (% от контроля)

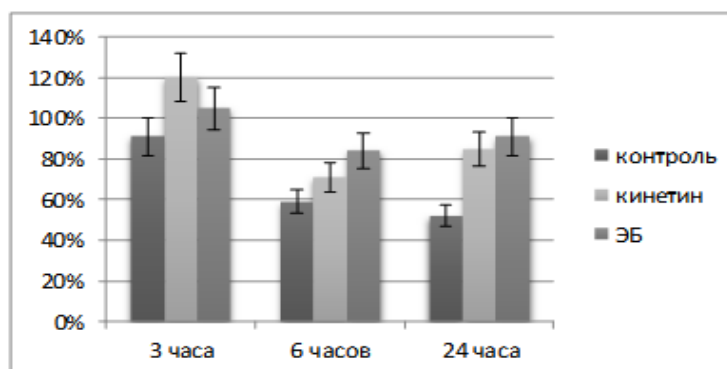


Рисунок 2 – Влияния кинетина и 24-эпибрассинолида на активность митохондриальной СДГ в растениях сои, находящихся в условиях гипоксии (% от контроля)

Проведенные исследования показали, что в условиях кратковременной гипоксии в митохондриях проростков сои активность СДГ значительно снижалась, что подтверждали и ранее проведенные исследования на проростках кукурузы [1]. Повышение содержания сукцината, как считают [2], способно защитить белковые и липидные компоненты мембран митохондрий от окислительного повреждения образовавшимися АФК, когда растения попадают в условия гипоксического стресса. В тоже время в наших опытах мы обнаружили, что предварительная обработка растений фитогормонами уменьшала степень блокирования активности СДГ митохондрий



проростков сои в условиях дефицита кислорода. Исследование механизма защитного действия фитогормонов кинетина и 24-эпибрасинолида на уровне СДГ требуют дальнейшего изучения с использованием и растений.

Список литературы:

1. Ершова А. Н. и др. Сукцинатдегидрогеназа и свободнорадикальные процессы в митохондриях растений кукурузы при действии гипоксии и CO<sub>2</sub>-среды // Вестник ВГУ. Серия Химия, Биология, Факмазия. 2018. №3. С. 186–192.
2. Колупаев Ю. Е. и др. Защитное действие ингибиторов сукцинатдегидрогеназы на проростки пшеницы при осмотическом стрессе // Прикладная биохимия и микробиология. 2017. Т. 53. С. 316–322.
3. Pereira Y. C. et al. 24-epibrassinolide induces protection against waterlogging and alleviates impacts on the root structures, photosynthetic machinery and biomass in soybean // Plant Signaling and Behavior. 2020. V. 15. P. 175–205.

УДК:575.22:576.08+58.086

### **Сравнительное исследование кариотипов некоторых представителей рода *Chondrilla* с использованием DAPI-бэндинга**

*С. Ф. Ефименко, А. С. Пархоменко, Л. В. Гребенюк, А. С. Кашин*  
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
savchik.efimenko@mail.ru

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

Род *Chondrilla* L. (Asteraceae) насчитывает примерно 30 видов. Однозначных представлений о таксономической структуре рода до сих пор нет [1]. В связи с этим, цель данного исследования состояла в выявлении особенностей молекулярно-цитогенетического полиморфизма у некоторых представителей рода *Chondrilla* Юго-восточной Европы с использованием DAPI-бэндинга.

Использовали апикальную меристему проростков корешков *Chondrilla* из 8-ми популяций 4-х таксонов. Для выявления DAPI-бэндов корни обрабатывали 0,2 % раствором HCl, а препараты 5 % водным раствором Ba(OH)<sub>2</sub>, с последующей отмывкой в 0,2 % HCl и заключением в фотозащитную среду, содержащую DAPI (Solarbio). Просмотр препаратов осуществляли на микроскопе AxioScope A1 (Carl Zeiss, Германия). Так как гаплоидное число хромосом *Chondrilla* равно 5, образцы *C. ambigua* Fisch. диплоиды (2n=2x=10), а образцы остальных таксонов – триплоиды (2n=3x=15) [2], все хромосомы делили на 5 групп по 2 – 3 в каждой группе в зависимости от плоидности.

У *C. ambigua* (Астраханская обл., Красноярский р-н, окр. п. Досанг) DAPI-бэнды визуализировались в прицентромерном районе плечей всех групп хромосом, кроме хромосом 3-ей группы. При этом в 1-й группе – наряду с прицентромерным участком бэнды визуализировались ещё и в районе спутника, т.е. на теломерном участке одного из плеч. В образцах из популяции *C. pauciflora* Ledeb. (Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда) DAPI бэнды выявлены только в прицентромерной зоне плечей в 1–3 группах хромосом. Таким образом, у *C. ambigua* и *C. pauciflora* сходное распределение DAPI-бэндов имеют только хромосомы 2-й группы. Несмотря на морфологическое сходство хромосом этих таксонов внутри каждой группы [2], хромосомы четырёх из пяти групп имеют различия в расположении DAPI-бэндов. Это может указывать на давнее происхождение триплоидного цитотипа *C. pauciflora* от диплоидного *C. ambigua*

и независимой последующей эволюции.

У образцов 3-х популяций *C. laticoronata* Leonova (Астраханская обл., Харабалинский р-н, в окр. с. Сасыколи и в окр. с. Тамбовка; Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда) по расположению DAPI-бэндов 1-я и 2-я группы хромосом были идентичны хромосомам соответствующих групп *C. ambigua*. Во всех популяциях в хромосомах 3-ей группы визуализировался DAPI-бэнд, локализованный ближе к теломерному концу каждого плеча, в то время как у *C. ambigua* не был идентифицирован. Если исходить из гипотезы о гибридогенной природе *C. laticoronata* при условии участия *C. ambigua* в качестве материнской формы [1, 2], то следует признать, что хромосомы первых двух групп достались *C. laticoronata* от *C. ambigua*, а хромосома третьей группы, скорее всего, – от неизвестного мужского родительского вида.

Четвёртая группа во всех популяциях *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. 11-я хромосома была акроцентриком средних размеров с ярким широким DAPI-бэндом, охватывающим прицентромерный участок. Это может указывать на то, что в результате транслокации в своё время произошёл перенос плеча с 11-й на 10-ю хромосому. 12-я хромосома была субметацентриком и самой короткой в кариотипе без DAPI-бэнда. Скорее всего, по крайней мере, 10-я хромосома имеет гибридную природу, а 12-я происходит от кариотипа второго родительского вида. В 5-й группе хромосом в образцах двух астраханских популяций DAPI-бэнд отсутствовал, а у образцов популяции из Казахстана визуализировался в теломерном участке каждой хромосомы. Эта группа хромосом, скорее всего, имеет происхождение от второго родительского вида.

Изучены образцы 3-х популяций *C. brevirostris* Fisch. et Mey из Астраханской обл., из окр. п. Болхуны, Ахтубинского р-на; окр. п. Сайгачный, Наримановского р-на и окр. с. Вольное, Харабалинского р-на. В 1-й группе хромосом у образцов всех популяций DAPI-бэнд был локализован в спутниках, а на хромосомах 2-й группы – в прицентромерных участках. У *C. brevirostris*, также как в случае с *C. laticoronata*, предполагается гибридогенная природа при условии участия *C. ambigua* в качестве материнской формы, но с другим мужским родительским видом [1, 2]. Хромосомы 1-й группы у неё, скорее всего, имеют гибридную природу: плечо с DAPI бэндом в области спутника – от *C. ambigua*, а второе плечо с отсутствием DAPI-бэнда в прицентромерных участках – от другого неизвестного родительского вида. 2-я группа хромосом с DAPI-бэндом в прицентромерных участках, скорее всего, идентична хромосомам этой группы у *C. ambigua*.

На хромосомах 3-й группы в образцах популяции из окр. п. Болхуны DAPI-бэнды были локализованы в теломерном районе одного из плеч каждой хроматиды, в образцах остальных популяций – в прицентромерном районе. Это говорит в пользу того, что хромосомы этой группы имеют происхождение от кариотипа мужского родительского вида, причём образцы популяции из окр. с. Вольное имеют хромосомы с транслокацией одного из плеч при неопределённости его происхождения.

Межпопуляционный полиморфизм наблюдался и по хромосомам 4-й группы. В двух популяциях из окр. п. Болхуны и п. Сайгачный структура хромосом данной группы и рисунок DAPI-бэндинга был идентичен хромосомам *C. laticoronata* той же группы. В то же время, образцы *C. brevirostris* популяции из окр. с. Вольное в данной группе имели три метацентрические хромосомы с одним DAPI-бэндом в теломерном районе хромосомы.

В пятой паре хромосом образцов *C. brevirostris* по рисунку DAPI-бэндинга тоже

отмечен межпопуляционный полиморфизм. В образцах популяций из окр. п. Болхуны и п. Сайгачный DAPI-бэнды в отличие от образцов популяции из окр. с. Вольное, где на каждой из трех хромосом данной группы был локализован DAPI-бэнд в прицентромерном районе. Хромосомы этой группы в первых двух популяциях имеют сходную природу с той, что указана при описании хромосом 4-й группы у *C. laticoronata*, только с участием другого мужского родительского вида, либо это – тройной гибрид с участием двух разных мужских родительских видов. Хромосомы 5-й группы в образцах из третьей популяции имеют происхождение от мужского родительского вида, иного, чем в гибридной комбинации *C. laticoronata*.

Таким образом, у *C. ambigua* и *C. pauciflora*, несмотря на морфологическое сходство хромосом этих таксонов внутри, большинство хромосом имеют различия в расположении DAPI-бэндов, что говорит о давнем происхождении цитотипа *C. pauciflora* от *C. ambigua* и независимой последующей их эволюции. Характер распределения DAPI-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 комбинации.

Благодарности и источники финансирования работы:

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

Список литературы:

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

**Технология фотобиомодуляции дренажной системы головного мозга во время сна для улучшения обучения и памяти мышей**

*Д. А. Златогорская<sup>1</sup>, И. В. Федосов<sup>1</sup>, А. А. Широков<sup>2</sup>, Н. А. Наволокин<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup> Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, г. Саратов, Россия  
eloveda@mail.ru

Ключевые слова: фотобиомодуляция, лимфатическая система, ЭЭГ, нейрокогнитивные изменения.

Фотобиомодуляция (ФБМ) – многообещающая технология для усиления функций менингеальных лимфатических сосудов (МЛС). ФБМ – это терапевтический метод, основанный на использовании красного или ближнего инфракрасного излучения, который применяется как альтернативный метод лечения различных типов деменции, депрессии и нейрокогнитивных расстройств [1]. Недавно было обнаружено, что ФБМ эффективно стимулирует функции МЛС, способствуя выведению токсинов и метаболитов из тканей головного мозга грызунов [2, 3].

Сон – это время естественным фактором для повышения функций МЛС [4]. Во время стадии глубокого сна периваскулярные пространства увеличиваются, облегчая движение интерстициальной жидкости и тем самым усиливая обменные процессы между тканями мозга и кровью [3]. Это способствует созданию необходимых условия для формирования синаптических контактов, что важно для процесса обучения и памяти.

Основываясь на этих новых данных, идея использования ФБМ во время глубокого сна была предложена в качестве многообещающего нового направления в улучшении когнитивных показателей, внимания и памяти [4]. Однако ФБМ используется в бодрствующем состоянии [1]. Технологий для ФБМ во время сна не существует [4]. В этом исследовании предлагается новая технология ФБМ под контролем электроэнцефалографии (ЭЭГ) для стимуляции функций МЛС во время глубокого сна с целью улучшения обучения и памяти у здоровых мышей-самцов.

Во всех экспериментах использовались мыши-самцы C57BL/6 (25–28 г, возраст 3 месяца) в 4 группах: (1) без ФБМ + ЭЭГ-контроль бодрствования; (2) отсутствие ФБМ + ЭЭГ-контроль глубокого сна; (3) ФБМ во время глубокого сна; (4) ФБМ во время бодрствования; n = 7–8 в каждой группе во всех сеансах экспериментов.

Для технологии ФБМ под контролем двухканальной корковой ЭЭГ использовался светодиод с длиной волны 1050 нм и выходной мощностью 50 мВт. Управление драйвером светодиода осуществлялось с помощью широтно-импульсной модуляции микроконтроллера прибора для ЭЭГ.

Для оценки обучения у мышей использовали тест Павлова переноса инструментально опыта и тест на распознавание нового объекта на всех группах в течение всего эксперимента.

Чтобы изучить влияние ФБМ на МЛС анализировали распределение красителя (FITC-декстрана 70 кДа, 2 % раствор, Sigma, Сент-Луис, США) в тканях головного мозга после однократного применения ФБМ во сне или бодрствовании с помощью метода конфокальной микроскопии.

Было установлено, что ФБМ во время сна по сравнению с бодрствованием способствует более эффективному распределению красителя FITC-декстрана в тканях

головного мозга и его лимфатическому выведению в глубокие шейные лимфатические узлы, что было обнаружено по изучению интенсивности флуоресцентного сигнала с применением конфокальной микроскопии. ФБС как у спящих, так и бодрствующих мышей улучшала память и скорость образования условных рефлексов, что было установлено с применением теста на распознавание новых объектов и теста переноса инструментального опыта по Павлову. Интересно отметить, что ФБС во сне оказывала более значительные эффекты на повышение нейрокогнитивных возможностей у мышей, чем ФБМ в бодрствовании.

В целом, результаты исследования показали, что ФБМ является эффективным методом улучшения нейрокогнитивных процессов, способствуя улучшению памяти и обучения у мышей на фоне повышения функций МЛС, что может быть связано с созданием оптимальных условий образования синаптических связей необходимых для формирования условных рефлексов.

Благодарности и источники финансирования работы:  
Исследования поддержаны грантом РФФИ (21-75-10088).

Список литературы:

1. Caldieraro M. A. et al. Dosimetry and clinical efficacy of transcranial photobiomodulation for major depression disorder: Could they guide dosimetry for Alzheimer's disease // *Journal of Alzheimer's Disease*. 2021. V. 83. P. 1453–1469.
2. Zhinchenko E. et al. Pilot study of transcranial photobiomodulation of lymphatic clearance of beta-amyloid from the mouse brain: Breakthrough strategies for nonpharmacologic therapy of Alzheimer's disease // *Biomedical Optics Express*. 2019. V. 10. P. 4003–4017.
3. Xie L. et al. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain // *Science*. 2013. V. 342. P. 373–377.
4. Semyachkina-Glushkovskaya O. et al. Brain waste removal system and sleep: Photobiomodulation as an innovative strategy for night therapy of brain diseases // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. V. 24. P. 21–32.

УДК: 579.61

### **Определение чувствительности к антибактериальным препаратам и способности к образованию биопленок уропатогенных штаммов *Escherichia coli***

*А. В. Казанцев<sup>1</sup>, М. А. Кулагин<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

andrejcaz@yandex.ru

Ключевые слова: уропатогенные штаммы *Escherichia coli*, УПЭК, биопленки, антибиотикорезистентность, инфекции мочевыводящих путей.

Инфекции мочевыводящих путей (ИМП) относятся к наиболее часто встречающимся заболеваниям в урологической практике. Основным этиологическим агентом ИМП является уропатогенная *E. coli* (УПЭК). Согласно литературным данным [1], штаммы УПЭК зачастую являются наиболее частой причиной развития разного рода осложнений при ИМП, что связано с их способностью к образованию биопленок как на поверхности конкрементов в почках и мочевом пузыре, так и на поверхности дренажей (катетеров). При лечении ИМП антибактериальную терапию зачастую назначают эмпирически и чаще всего используют препараты из групп фторхинолонов,

цефалоспоринов и других антибиотиков. Но основные сложности при лечении заболеваний, опосредованных УПЭК, связаны именно со способностью к биопленкообразованию, вследствие того, что бактерии, ее формирующие, по сравнению с планктонными *E. coli*, характеризуются большей устойчивостью к антибактериальным препаратам (АБП), используемым при терапии, а также противодействию защитным силам макроорганизма. При отсутствии адекватной антибактериальной терапии, направленной на эрадикацию *E. coli*, формируются хронические формы ИМП, что негативно отражается на качестве жизни пациента.

Цель данного исследования – изучение чувствительности к антибактериальным препаратам и способности к образованию биопленок уропатогенными штаммами *E. coli*.

В работе были исследованы 102 штамма *E. coli*, изолированные из мочи пациентов, находящихся на стационарном лечении в лечебно-профилактических учреждениях г. Саратов с симптомами ИМП. Способность к образованию биопленок штаммами УПЭК при росте в бульоне Хоттингера (рН 7,2) в лунках 96-ти луночного планшета проводили согласно методике O'Tool et al [2]. По результатам оценки оптической плотности в лунках планшета исследуемые штаммы распределяли на образующие биопленки и не образующие биопленки культуры *E. coli*, согласно Rodrigues et al [3]. Определение чувствительности к АБП (фторхинолонам: офлоксацину (II поколение), цiproфлоксацину (II поколение), левофлоксацину (III поколение); цефалоспорином: цефуросиму (II поколение) и цефиксиму, цефотаксиму, цефтазидиму, цефтриаксону (III поколение); фосфомицину, нитрофурантоину) штаммов УПЭК проводили диско-диффузионным методом согласно МУК 4.2.1890–04 [4]. На основании интерпретации измерений диаметров зон ингибирования роста антибиотиками, штаммы *E. coli* распределяли на резистентные (R), промежуточные (I) и чувствительные (S) [4]. В текущем исследовании мы объединили группу резистентных и промежуточных культур, так как для лечения последних необходимы повышенные дозы АБП.

По результатам проведенной работы установлено, что 54 (52,9 %) штамма УПЭК отнесены к группе образующих биопленки, а 48 (47,1 %) изолятов – к группе не образующих биопленки (см. таблицу).

**Таблица – Распределение штаммов УПЭК по способности к образованию биопленок и степени устойчивости к антибактериальным препаратам**

№ п/п	Антибактериальный препарат	Способность к образованию биопленок штаммами уропатогенных <i>E. coli</i> (n=102)			
		Штаммы не образующие биопленки, % (n=48)		Штаммы, образующие биопленки, % (n=54)	
		R+I*	S**	R+I*	S**
1	Офлоксацин	56,3	43,7	66,7	33,3
2	Цiproфлоксацин	64,6	35,4	81,5	18,5
3	Левofлоксацин	60,4	39,6	64,8	35,2
4	Цефиксим	64,6	35,4	72,2	27,8
5	Цефотаксим	77,1	22,9	79,6	20,4
6	Цефтазидим	47,9	52,1	55,6	44,4
7	Цефтриаксон	62,5	37,5	74,1	25,9
8	Цефуросим	66,7	33,3	72,2	27,8
9	Фосфомицин	6,2	93,8	16,7	83,3
10	Нитрофурантоин	25,0	75,0	33,3	66,7

Примечание: \* – Резистентные и промежуточные к АБП штаммы *E. coli*; \*\* – чувствительные к АБП штаммы *E. coli*

Количество резистентных ко всем исследуемым АБП антибактериальным препаратам (офлоксацину, ципрофлоксацину, левофлоксацину, цефиксиму, цефотаксиму, цефтазидиму, цефтриаксону, цефуроксиму, фосфомицину, нитрофурантоину) штаммов УПЭК, образующих биопленки, было выше по сравнению со штаммами, не образующими биопленки (см. таблицу). В тоже время, количество чувствительных культур УПЭК в группе не образующих биопленки, оказалось выше, чем в группе образующих биопленки. Полученные в ходе исследования результаты согласуются с данными, представленными в литературе [5].

Таким образом, штаммы УПЭК, выделенные из мочи пациентов с ИМП на территории г. Саратов, в большинстве случаев образовывали биопленки. Культуры *E. coli*, образующие биопленки, были резистентными к препаратам из групп цефалоспоринов II–III поколения и фторхинолонов II–III поколения, а также другим АБП (фосфомицину и нитрофурантоину).

Список литературы:

1. Кузнецова М. В. и др. Биопленкообразование *Escherichia coli* как триггер катетер-ассоциированных инфекций мочевыводящих путей // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2022. № 1. С. 13–25.
2. O’Toole G., Kaplan H. B., Kolter R. Biofilm formation as microbial development // Annual Review of Microbiology. 2000. V. 54. P. 49–79.
3. Rodrigues L. B. et al. Quantification of biofilm production on polystyrene by *Listeria*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* isolated from a poultry slaughterhouse // Brazilian Journal of Microbiology. 2010. V. 41. P. 1082–1085.
4. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.
5. Двойникова Н. А. и др. Анализ динамики антибиотикорезистентности уропатогенов у пациентов в многопрофильном стационаре // Байкальский медицинский журнал. 2023. Т. 2, № 4. С. 45–52.

УДК 577.152.34

### **Фибринолитическая активность и применение протеазы микромицета *Aspergillus candidus***

С. Д. Клягин, А. А. Осмоловский

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
sergey\_klyagin@mail.ru

Ключевые слова: *Aspergillus candidus*, микромицеты, протеазы, тромболитис.

Проблема сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) является одной из наиболее важных как для нашей страны, так и для мира в целом. Частой причиной инвалидности или смертельного исхода в мире являются тромбоэмболические осложнения. Фибринолитические препараты имеют, в основном, животное происхождение, что затрудняет получение достаточного количества источников целевого продукта. В связи с этим поиск новых высокоактивных продуцентов фибринолитических протеаз остаётся актуальным. Одними из самых перспективных организмов, которые можно использовать в качестве продуцентов фибринолитических протеаз, являются микромицеты. Они способны синтезировать комплекс протеаз из 5–12 различных ферментов [3]. Выбор микромицета *Aspergillus candidus* основан на результатах предыдущих исследований [1, 2, 4].

Целью работы было определить энзиматический потенциал микромицета

*A. candidus* и оптимальные условия культивирования, изучить динамику накопления протеолитических ферментов, образуемых *A. candidus*, в условиях глубинного культивирования, получить комплексный ферментный препарат внеклеточных протеаз, выделить из него протеазу с высокой фибринолитической активностью, очистить её и изучить биохимические и физико-химические свойства.

Культивирование микромицета для его сохранения в активном состоянии проводили с помощью поверхностного культивирования использовался скошенный сусло-агар состава (г/л): 3°Б сусло – 40; агар – 20. Хранение культуры осуществлялось при комнатной температуре (~25°C).

Определение протеолитического потенциала, который измеряется в энзиматических индексах (ЕІ), проводили при культивировании микромицета *A. candidus* на твёрдой питательной среде с казеином следующего состава (г/л): пептон – 5,0;  $MgSO_4$  – 0,25;  $KH_2PO_4$  – 0,5; казеин – 10,0; агар – 15,0. Измерения диаметров проводили на 4–5 сутки культивирования. Было определено, что оптимальные условия культивирования, при котором микромицет *A. candidus* показывает максимальные значения ЕІ при лучшем росте микромицета – это рН 6–7, при котором значения ЕІ были 1,48 и 1,47 соответственно, и температура 28°C, при которой значение ЕІ было 1,21. Таким образом, для дальнейшей работы были выбраны именно эти условия культивирования.

Динамику накопления протеолитических ферментов проводили следующим образом. Микромицет *A. candidus* культивировали в течение 7-ми суток на скошенном сусло-агаре при температуре 28°C. Далее его переседали в жидкую посевную среду состава (г/л): 3°Б сусло – 67; глюкоза – 20; пептон – 1. В посевной среде микромицет культивировали в течение трёх суток в качалочных колбах объёмом 750 мл со 100 мл питательной среды на орбитальной качалке (200 об/мин) при 28°C. После этого микромицет переседали путём отбора 4 мл культуральной жидкости с биомассой в ферментационную среду состава (г/л): глюкоза – 35,0; крахмал – 1,25; ГРМ – 10,0; пептон – 10,0; NaCl – 2,0;  $MgSO_4$  – 0,5;  $KH_2PO_4$  – 0,5. Секретию протеолитических ферментов *A. candidus* изучали в динамике их накопления в течение 11 суток в ферментационной среде. Все измерения проводили, начиная со вторых суток культивирования. Таким образом, было выявлено, что максимальная плазминоподобная и активаторная к протеину С активность достигается на четвёртые сутки культивирования и имеет значения  $72,674 \text{ Е/мл} \times 10^{-3}$  и  $21,866 \text{ Е/мл} \times 10^{-3}$ , соответственно.

После получения комплексного ферментного препарата из культуральной жидкости на четвертые сутки культивирования, было проведено изоэлектрофокусирование (ИЭФ) внеклеточных протеаз. В результате проведения ИЭФ было обнаружено пять групп фракций, содержащих белки. Фракции с наибольшей казеинолитической и плазминоподобной активностью приходились на кислую зону (рН 3,44–4,47). Остальные находились в зонах с рН 7,41–7,70; 8,80; 9,30; 9,73–10,73.

С помощью нативного электрофореза белков в ПААГ было выявлено, что в кислой зоне (рН 3,44–4,47) имеется одна протеаза. Для определения молекулярной массы и субъединичного состава входящих в состав выделенного белка был проведён денатурирующий электрофорез по Лэммли с использованием лестницы молекулярной массы. По результатам данного эксперимента было определено, что  $M_r$  выделенной протеазы составила  $\approx 35 \text{ kDa}$ . Молекула белка содержала одну субъединицу.

Для определения типа активного центра протеазы был проведён ингибиторный анализ, по результатам которого было определено, что выделенная протеаза относится к группе сериновых протеаз, так как полное ингибирование произошло с PMSF.

Определение активности выделенной протеазы *A. candidus* с нативными



белковыми субстратами показывают наличие активности со следующими субстратами (ЕТу/мл/мин): бычьему фибриногену (101,461), бычьему фибрину (113,249) и гемоглобину лошади (202,08).

Определение активности выделенной протеазы *A. candidus* с хромогенными пептидными субстратами (ХПС) показывают высокую тромбиноподобную (44,25 Е/мл), плазминоподобную (38,86 Е/мл) активность выделенной протеазы. Также видна небольшая калликреиновая (9,04 Е/мл) активность.

Определение гликопротеина с ШИК–реактивом методом дот-блоттинга. С помощью данного метода было определено, что выделенный белок не имеет углеводного компонента. Это позволяет проводить с ним дальнейшие работы по копированию гена из *A. candidus* в бактериальную культуру с вероятным увеличением фибринолитической активности.

Таким образом, было изучено, что микробицет *A. candidus* имеет пик фибринолитической активности на четвёртые сутки культивирования. Протеаза из кислой зоны является сериновой протеазой, состоит из одной субъединицы, имеет молекулярную массу ~35kDa и негликозилирована.

Список литературы:

1. Демина Н. С., Лысенко С. В. Микроорганизмы, синтезирующие ферменты тромболитического действия // Биологические науки. 1991. № 9. С. 136–153.
2. Егоров Н. С. и др. О фибринолитической и тромболитической активности плесневых грибов рода *Aspergillus* // Научные доклады высших школы. 1973. № 9. С. 103–105.
3. Ландау Н. С. и др. Экстрацеллюлярные протеазы микробицетов с фибринолитическими и антикоагулянтными свойствами // Микробиология. 1998. Т. 67, № 2. С. 215–220.
4. Ventakatanagaraju E., Divakar G. An overview on microbial fibrinolytic proteases // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research. 2014. V. 5, № 3. P. 643–656.

УДК 58.006:581.6:502.75

## **Виды природной флоры семейства Brassicaceae в коллекции Ботанического сада Самарского университета: разнообразие и природоохранная значимость**

*А. С. Курапов, И. В. Рузаева, Е. А. Каюрова*

Ботанический сад Самарского университета, г. Самара, Россия

[kurapov.as@ssau.ru](mailto:kurapov.as@ssau.ru)

Ключевые слова: *Brassicaceae*, Ботанический сад Самарского университета, виды природной флоры, редкие виды растений.

По различным оценкам, семейство Brassicaceae Burnett включает в себя от 3920 до 4165 видов сосудистых растений, относящихся к 341–354 родам [1, 2]. Среди представителей этого семейства немало пищевых, кормовых, лекарственных и декоративных видов, а также видов, относящихся к той или иной категории редкости. Культивирование представителей данного семейства в ботанических садах обусловлено, с одной стороны, задачей сохранения *ex situ* редких видов природной флоры, с другой стороны – реальной и потенциальной значимостью данных растений в качестве биоресурсов различного назначения. Изучение динамики коллекции культивируемых растений и оценка их состояния обеспечивают возможность выявления видов, остро нуждающихся в формировании резервных популяций в культуре, а также наиболее перспективных в хозяйственном отношении.

Коллекция Brassicaceae Ботанического сада Самарского университета включает в

себя виды природной флоры, начиная с 1930-х годов прошлого века. Об этом свидетельствует первый Index Seminum, выпущенный в 1935 г., в котором для обмена были представлены 33 вида из семейства. Однако большую часть видового состава Brassicaceae на территории ботанического сада в то время формировали сорные виды, такие как *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Thlaspi arvense* L., а также виды огородных культур, например *Brassica oleracea* L., *Eruca sativa* Mill. С момента создания отдела флоры была начата научная работа, посвященная представителям природной флоры семейства, в том числе редким видам. Так, Т.И. Климентенко в период 1985–1988 гг. были проведены комплексные исследования биологических особенностей катрана татарского (*Crambe tataria* Sebeók) в условиях интродукции [3].

В настоящее время в коллекции отдела флоры семейство представлено 22 видами 10 родов. Самыми многочисленными родами являются *Alyssum* L. (6 видов), *Crambe* L. (5 видов), *Iberis* L. (4 вида). За годы своего существования коллекция видов природной флоры семейства Brassicaceae неоднократно меняла свой состав, вместе с тем некоторые виды имеют сравнительно высокий уровень устойчивости и существуют в коллекции уже не одно десятилетие. Например, устойчивым в условиях культуры является род *Crambe* L., который в коллекции представлен 5 видами (*C. cordifolia* Steven, *C. kotschyana* Boiss., *C. maritima* L., *C. steveniana* Rupr., *C. tataria* Sebeók). Произрастающие в настоящий момент особи *Crambe cordifolia* Steven были выращены из семян, полученных в 1984 г. Высокая интродукционная устойчивость этого редкого вида делает возможным проведение последующих работ по его реинтродукции в природные местообитания, а также позволяет культивировать его в качестве кормового, медоносного и декоративного растения. Сейчас сотрудниками отдела флоры изучается уровень интродукционной перспективности таких видов, как *Isatis tinctoria* L. и *Redowskia sophiifolia* Cham. & Schltld. Различные виды Brassicaceae неодинаково устойчивы в условиях коллекции: так, ряд малолетних видов в силу своих биоморфологических особенностей периодически «выпадает» из коллекции. Это относится, например, к *Sisymbrium officinale* (L.) Scop.

Среди видов Brassicaceae, представленных в коллекции, есть ценные биоресурсные растения, сохранение которых в ботанических садах можно рассматривать в качестве формирования «ресурсного фонда» для последующего использования человеком. Например, *Bunias orientalis* L. находит применение как пищевое и кормовое растение, отмечены противогинготные и седативные свойства корней и листьев этого вида. Представители родов *Alyssum* L. и *Iberis* L. ценятся за их высокую декоративность, например, *Alyssum wulfenianum* Willd. и *Iberis saxatilis* L.

Особое внимание в коллекциях ботанических садов всегда уделяется редким видам природной флоры. В коллекции отдела 12 видов семейства Brassicaceae, включенных в Красные книги РФ и регионов – *Alyssum gmelinii* Jord. & Fourr., *A. lenense* Adams., *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Bunias orientalis* L., *Crambe cordifolia* Steven, *C. maritima* L., *C. steveniana* Rupr., *C. tataria* Sebeok, *Isatis tinctoria* L., *Matthiola fragrans* Bunge, *Redowskia sophiifolia* Cham. & Schltld. и *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth. Среди местных видов, включенных во второе издание Красной книги Самарской области – *Alyssum lenense* Adams, *Crambe tataria* Sebeók и *Matthiola fragrans* Bunge, имеющие категорию редкости «3 – редкий вид» [4]. 3 вида занесены в Красную книгу РФ – это *Crambe cordifolia* Steven и *Redowskia sophiifolia* Cham. & Schltld., имеющие категорию редкости «1», а также *Crambe steveniana* Rupr. и *Matthiola fragrans* Bunge, имеющие категорию «3» [5].

Таким образом, коллекция видов природной флоры семейства Brassicaceae Ботанического сада Самарского университета формировалась с первых лет существования сада и продолжает развиваться в настоящий момент. Сейчас она

насчитывает 22 вида из 10 родов, различных по своим экологическим и хозяйственным признакам. Коллекционный участок отдела флоры является полигоном интродукционных испытаний и последующего размножения редких, лекарственных и экономически значимых видов растений, в том числе видов природной флоры семейства *Brassicaceae*, что позволяет сохранять растения *ex situ* и проводить работы по контролируемому сохранению *in situ*.

Список литературы:

1. Catalogue of life // URL: <https://www.catalogueoflife.org/> (дата обращения: 22.02.2024).
2. The WFO Plant List // URL: <https://wfoplantlist.org/> (дата обращения: 22.02.2024).
3. Климентенко Т. И. Биологические особенности катрана татарского в условиях интродукции // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. Куйбышев, 1988. С. 75–79.
4. Бирюкова Е. Г. и др. Красная книга Самарской области. Редкие виды растений и грибов // Самара: Издательство Самарской государственной областной академии (Наяновой), 2017. Т. 1. 384с.
5. Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23 мая 2023 года №320 // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1301909451> (дата обращения: 22.02.2024).

УДК 612.825

### **Фотостимуляция лимфатических сосудов головного мозга новорожденных и взрослых грызунов для терапии внутрижелудочковых кровоизлияний**

*М. Б. Манжаева, И. А. Блохина, А. Евсюкова, О. В. Семячкина-Глушковская*

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

[mariamang1412@gmail.com](mailto:mariamang1412@gmail.com)

Ключевые слова: СМЖ (спинномозговая жидкость), ГЭБ (гематоэнцефалический барьер), ВЖК (внутрижелудочковое кровоизлияние), МЛС (менингеальные лимфатические сосуды), ФС (фотостимуляция).

Внутрижелудочковое кровоизлияние (ВЖК) – это кровотечение в желудочковую систему головного мозга, где вырабатывается спинномозговая жидкость (СМЖ). ВЖК – один из наиболее частых видов черепно-мозговой травмы у недоношенных детей, рожденных до 30-й недели гестации. Давление вытекшей крови повреждает клетки головного мозга, нарушая правильную функцию поврежденной области. Кроме того, лизис эритроцитов после ВЖК приводит к высвобождению продуктов распада крови (гемоглобина, железа и билирубина). Такие продукты участвуют в постгеморрагической гидроцефалии и повышении внутримозгового давления (ВЧД) из-за нарушения циркуляции СМЖ и системы дренажа головного мозга, что может привести к смерти маленьких пациентов. Несмотря на серьезную проблему ВЖК, эффективного метода лечения не существует. В последних открытиях было обнаружено, что фотобиомодуляция (ФБМ) стимулирует лимфатическое выведение крови из тканей головного мозга грызунов [1]. Этот факт открывает большие перспективы применения ФБМ в качестве перспективной технологии для лечения ВЖК [2].

Целью данного исследования явилась разработка технологии ФБМ с целью эффективного выведения крови из головного мозга новорождённых самцов крыс. Для ФБМ использовали лазер с длиной волны 1267 нм (4 Дж/см<sup>2</sup> для новорожденных мышей). Эвакуацию крови из тканей головного мозга по лимфатической системе изучали с помощью конфокальной микроскопии и специфических маркеров

лимфатического эндотелия, а также с применением гистологических методов. Дополнительно изучали проницаемость гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) с применением маркеров нейроваскулярной единицы и конфокальной микроскопии. Применяли тесты по избеганию падения, оценки силы передних и задних лап, а также убегания из центра круга для оценки нейрокогнитивного статуса животных.

Результаты исследований выявили, что эритроциты выводятся по МЛС из правого бокового желудочка в глубокие шейные лимфатические узлы. При этом повреждение МЛС значительно снижает лимфатический клиренс эритроцитов, что указывает на то, что МЛС являются важным путем эвакуации эритроцитов из головного мозга. Семидневный курс ФБМ способствовал более быстрому уменьшению гематомы в желудочке, снижению периваскулярного отека, восстановлению проницаемости ГЭБ, что сопровождалось лучшим восстановлением нейрокогнитивных функций и повышением выживаемости животных по сравнению с мышами с ВЖГ и без ФБМ.

Таким образом, результаты исследования показали, что ФБМ является эффективным методом стимуляции функций МЛС по выведению эритроцитов из головного мозга новорожденных крыс, что оказывает у них выраженные терапевтические эффекты, способствуя повышению выживаемости и быстрому восстановлению после ВЖГ. Данные результаты являются клинически значимыми для терапии кровоизлияний в мозг у недоношенных новорожденных, которые входят в группу высокого риска ВЖК и у которых можно применять ФБМ через родничок.

Благодарности и источники финансирования работы:  
Результаты поддержаны грантом РФФ 24-45-00010.

Список литературы:

1. Bolte A. C. et al. Meningeal lymphatic dysfunction exacerbates traumatic brain injury pathogenesis // Nature Communications. 2020. V. 11, № 1. P. 45–69.
2. Li D. et al. Photostimulation of brain lymphatics in male newborn and adult rodents for therapy of intraventricular hemorrhage // Nature Communications. 2023. P. 61–65.

**Зависимость динамики роста и метаболизма каллусной культуры  
*Saussurea orgaadayi* от действия салициловой кислоты**

*Д. А. Матвейкина, М. К. Кадырбаев, И. Ф. Головацкая*

Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
г. Томск, Россия  
dasha.matveykina@mail.ru

Ключевые слова: *Saussurea orgaadayi*, каллус, салициловая кислота, пролин, перекисное окисление липидов.

На сегодняшний день известно, что препараты растительного происхождения составляют более 25 % от общего объёма лекарственных средств. Высокий запрос на растительное сырье связан с тем, что растения синтезируют богатейший набор вторичных метаболитов, которые часто не воспроизводимы синтетическим путем. Все больше исследований переносится в лабораторные условия культивирования растений, где легче контролировать биохимический состав растительных тканей. Неотъемлемой частью исследований метаболизма растений является изучение гормональной индукции синтеза фармакологически значимых веществ.

Салициловая кислота (СК), как один из фитогормонов фенольной природы, участвует в регуляции роста и устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам [1]. Именно стрессовые факторы и стимулируют образование вторичных метаболитов. Единичны сведения о действии СК на динамику процессов в культуре растений *in vitro* [2]. В связи с этим целью наших исследований было изучение влияния СК на рост и метаболизм каллусной культуры *Saussurea orgaadayi* V. Khan. and Krasnob. в ходе ее культивирования.

Объектом исследования служила каллусная культура [3], полученная из гипокотилей проростков многолетнего растения горькуши оргаадай сем. Asteracea. Представители рода *Saussurea* характеризуются широким спектром вторичных метаболитов, имеющих важное фармакологическое значение.

В ходе эксперимента проводили субкультивирование клеток каллуса на 100 % питательной среде Мурасиге и Скуга [4], содержащей 2,4 Д и 6-БАП, без (контроль) и с добавлением 10 мкМ СК (опыт). Каллус культивировали в темноте при влажности 60–70 % и температуре воздуха 20–23°C.

Через каждые 7 суток анализировали ростовой индекс (РИ) по приросту сырой биомассы культуры, для этого при пассивировании измеряли исходную биомассу ( $M_0$ ) и позднее биомассу каллусной ткани ( $M_n$ ) на каждом временном участке культивирования. Затем находили частное от прироста биомассы за время  $n$  к исходной массе каллуса:  $РИ = (M_n - M_0)/M_0$  [5]. Изучали динамику перекисного окисления липидов по содержанию малонового диальдегида (МДА) в ходе цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой. Содержание свободного пролина определяли по реакции с нингидрином в кислой среде.

Кривая роста (индекс роста) по сырой массе гипокотильной линии имела лаг-фазу на протяжении 14 суток, затем рост активировался, но к 35 суткам кривая еще не вышла на плато (см. рисунок). Полученные данные свидетельствовали о высоком ростовом потенциале культуры.

На ранних этапах роста контрольной культуры отмечали низкую интенсивность перекисного окисления (ПОЛ), тогда как с активацией роста количество АФК двукратно повышалось и поддерживалось на более высоком уровне до 28 суток культивирования. С увеличением возраста культуры (к 35 суткам) интенсивность ПОЛ снижалась. Повышение АФК, возможно, связано с активацией дыхания в процессе роста культуры. Минимальный уровень МДА наблюдали при повышенном уровне свободного пролина, а

снижение последнего могло быть причиной поддержания высокого уровня МДА.



Рисунок – Влияние СК на динамику роста и содержания метаболитов у каллусной культуры. Сплошная линия – контроль, пунктирная линия – 10 мкМ СК

Введение СК в питательную среду изменяло динамику роста и метаболизма гипокотильной линии каллусной культуры горькуши. Прежде всего, действие СК значительно увеличило прирост биомассы после 21 суток. Подобная динамика согласовывалась со снижением перекисного окисления липидов на фоне сохранения более высокого уровня свободного пролина в культуре. Поддержание высокой скорости роста биомассы продолжалось до 42 суток на фоне снижения с 35 суток свободного пролина, который мог быть источником азота в метаболизме белка или стимуляторов роста.

Интересно то, что СК на начальных этапах культивирования каллусной ткани повышала интенсивность ПОЛ в 2,7 раза относительно контроля, но впоследствии снижала этот показатель. Поскольку известно, что в качестве источника кислорода в темноте служит дыхание клеток, то не исключено действие гормона на интенсивность этого процесса, кроме того, возможно и действие СК на антиоксидантные системы клеток.

Анализ содержания индивидуальных флавоноидов методом ВЭЖХ показал, что на последней стадии культивирования каллусной ткани СК повышает в 4,4 раза уровень дигидрокверцетина, полностью снижая уровень кверцетина. Уровень рутина находился у контрольной и опытной культур на уровне 0,01 мкг/г сухой массы.

Таким образом, установлено, что механизм действия гормона на ростовые процессы клеток культуры *S. orgaaday* был обусловлен изменением их окислительного статуса за счёт изменения уровня пролина и флавоноидов.

Благодарности и источники финансирования работы:

Данная работа была поддержана Программой развития Томского государственного университета (Приоритет 2030).

Список литературы:

1. Saleem M., Fariduddin Q., Janda T. Multifaceted role of salicylic acid in combating cold stress in plants: A review // *The Journal of Plant Growth Regulation*. 2021. V. 40. P. 464–485.
2. Головацкая И. Ф. и др. Салициловая кислота повышает холодоустойчивость регенерантов *Solanum tuberosum*, регулируя функционирование антиоксидантной системы // *Физиология растений*. 2023. Т. 70, № 5. С. 547–560.
3. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 158 с.
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures // *Plant Physiology*. 1962. V. 15, № 3. P. 473.
5. Носов А. М. Методы оценки и характеристики роста культур клеток высших растений // *Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений*. М.: Бином, 2011. С. 386.

**Возможные способы снижения токсичности жидких продуктов  
физико-химической утилизации экзометаболитов человека  
в замкнутых экосистемах**

*А. А. Нарышкина<sup>1,2</sup>, С. А. Ушакова<sup>2</sup>, С. В. Трифонов<sup>1,2</sup>, А. А. Тихомиров<sup>2</sup>,  
И. В. Грибовская<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия  
a.naryshkinafx@yandex.ru

Ключевые слова: экзометаболиты человека, замкнутые экосистемы (ЗЭС).

Разработка, реализация и совершенствование замкнутых экосистем (ЗЭС) – один из важнейших этапов при расширении сферы присутствия человека в космосе и труднодоступных частях биосферы. Целями подобных систем являются обеспечение нормального состава атмосферы и снабжение человека оптимальным количеством пищи и воды. Среди многочисленных проблем, связанных с практической разработкой ЗЭС, ведущими являются формирование газовой среды и регулирование её параметров, воспроизводство воды и пищи, утилизация отходов жизнедеятельности человека [1, 2].

Наиболее перспективными являются биотехнические ЗЭС, в которых все необходимые компоненты (кислород, пищу и воду) для экипажа обеспечивают высшие растения. При этом органические отходы, образующиеся в системе, в результате переработки должны быть включены в массообменные процессы таких ЗЭС. Метод «мокрого» сжигания в среде перекиси водорода является одним из экологически безопасных и наиболее перспективных методов переработки органических отходов. Суть метода заключается в сжигании органических отходов в водной среде перекиси водорода с использованием переменного электрического тока [3]. Жидкие продукты минерализации можно использовать в качестве минеральных удобрений при выращивании растений, но в составе продуктов минерализации методом масс-спектрометрического анализа обнаружено более 60 органических соединений, значительная часть которых является токсичными веществами, представляющими опасность для окружающей среды и здоровья человека. Токсичность раствора на основе экзометаболитов остаётся достаточной, чтобы угнетать развитие растений. В связи с этим требуется доочистка раствора, путём подключения дополнительных технологий. В качестве таких компонентов были выбраны суспензия и культуральная среда (фугат) микроводоросли *Chlorella vulgaris*, так как известно о её способности снижать токсичность водных сред [4].

Цель проведённых экспериментов состояла в проверке возможности «биологической» очистки питательных растворов от токсикантов, накапливающихся в растворах, приготовленных на основе жидких продуктов минерализации экзометаболитов человека, с помощью использования микроводоросли *Chlorella vulgaris*.

В качестве объекта исследований была выбрана яровая пшеница (*Triticum aestivum* L) линии 232, выведенная специально для включения в состав растительного звена ЗЭС [1]. Растения пшеницы выращивали в вегетационной камере с регулируемыми параметрами внешней среды (температура воздуха 24±1°C, относительная влажность воздуха 60±5 %, интенсивность фотосинтетически активной радиации 700±50 мкмоль/(м<sup>2</sup>с)) методом гидропоники на керамзите при круглосуточном освещении.

Растения в течение вегетационного периода были выращены на несменяемых питательных растворах с использованием 4 вариантов состава. Вариант 1 – раствор

приготовлен на основе смеси Кнопа (контроль). Вариант 2 – раствор приготовлен на основе жидких продуктов минерализации. Вариант 3 – раствор приготовлен на основе жидких продуктов минерализации с добавлением фугата хлореллы. Вариант 4 – на основе жидких продуктов минерализации экзометаболических с внесением суспензии хлореллы. Реакцию растений на условия выращивания оценивали по основным морфометрическим параметрам растений, состоянию фотосинтетического аппарата листьев главного побега и биомассе растений, достигших состояния технической зрелости.

**Таблица – Характеристика растений пшеницы, в зависимости от условий минерального питания (в расчёте на 1 растение)**

Вариант	Высота, см	Количество побегов, шт		Сухая несъедобная биомасса, г	Сухая масса зёрен, г		1000 зёрен, г	
		всего	с колосом		главных побегов	боковых побегов	главных побегов	боковых побегов
Вариант 1	66,8±0,4	4,0±0,3	3,5±0,3	3,9±0,4	1,8±0,2	4,1±0,3	41,3±2,1	40,7±2,2
Вариант 2	57,4±0,7	3,4±0,2	3,2±0,2	3,1±0,3	1,4±0,1	2,3±0,2	30,9±2,3	26,5±3,5
Вариант 3	50,9±2,8	4,0±0,5	3,7±0,6	3,5±0,4	1,7±0,2	3,7±0,8	52,5±0,5	53,6±4,3
Вариант 4	50,1±0,5	2,9±0,3	2,6±0,3	2,4±0,2	0,8±0,1	1,2±0,3	21,9±0,72	20,1±1,1

У растений варианта 4 наблюдали снижение площади флагового листа главного побега после окончания его формирования на 10 %, а через 16 суток вегетации на 21 % по сравнению с флаг-листом контрольного варианта, при этом около 25 % его площади не содержали зелёных пигментов. Концентрация и распределение фотосинтетических пигментов на живых участках листьев с некоторыми вариациями не зависела от условий минерального питания. Сравнительная оценка состояния растений при уборке приведена в таблице. В опытных вариантах высота растений оказалась ниже, чем в контрольном, особенно значительная разница была между контролем и вариантами 3 и 4.

У растений пшеницы в Варианте 4 наблюдали снижение побегообразования и уменьшение несъедобной массы растений по сравнению с контролем в 1,4 и 1,6 раза соответственно. Контрольный вариант и вариант 3 по этим показателям фактически не отличались. Выращивание растений пшеницы на растворе, приготовленном на основе жидких продуктов минерализации экзометаболических, привело к снижению общей массы зерна на 37 %, фактически не отразилось на массе зерна при выращивании растений на растворах с добавлением фугата хлореллы и на 66 % снизило массу зерна при выращивании растений на растворах с добавлением суспензии хлореллы. Из приведённых данных следует, что фугат хлореллы может быть использован как метод «биологической» очистки питательных растворов, приготовленных на основе жидких продуктов физико-химической минерализации экзометаболических человека, от токсикантов, накапливающихся в растворах в процессе вегетации растений пшеницы.

Список литературы:

1. Gitelson J. I., Lisovsky G. M., MacElroy R. D. Man-made closed ecological systems. London: CRC Press, 2003. 416 p.
2. Tikhomirov A. A. et al. A small test closed ecosystem with an estimated portion of human metabolism // Life Sciences in Space Research. 2018. P. 63–67.
3. Trifonov S. V., Kudenko Yu. A., Tikhomirov A. A. Prospects for using a full-scale installation for wet combustion of organic wastes in closed life support systems // Life Sciences in Space Research. 2015. № 7. P. 15–21.



4. Matula E. E., Nabyt J. A. Effects of stepwise changes in dissolved carbon dioxide concentrations on metabolic activity in *Chlorella* for spaceflight applications / Life Sciences in Space Research. 2021. № 29. P. 73–84.

УДК 575.8 (574.9)

**Пространственно-генетическая структура *Anemone altaica* (Ranunculaceae)  
на основе полиморфизма пластидной ДНК на хр. Хамар-Дабан**

П. Е. Нелюбина<sup>1,2</sup>, В. В. Павличенко<sup>1,2</sup>, Н. А. Швецова<sup>2</sup>, М. В. Протопопова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup> Сибирский институт физиологии и биохимии растений,

г. Иркутск, Россия

nelubina01@mail.ru

Ключевые слова: *Anemone altaica*, неморальные реликты, рефугиум, *trnL-trnF*.

Работа направлена на изучение филогеографической структуры *Anemone altaica* Fisch. ex С. А. Меу. на хребте Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье). *Anemone altaica* – вид травянистых растений семейства Ranunculaceae с северо-восточноевропейско-сибирским распространением, входящий в группу родства *A. nemorosa* L. Вид является неморальным третичным реликтом [1], и на хр. Хамар-Дабан расположен оторванный от основного крайне восточный фрагмент сибирской части его ареала. Северный макросклон хр. Хамар-Дабан представляет собой рефугиум неморальных видов, которые сохранились здесь после серии плейстоценовых похолоданий. Результаты анализа распространения реликтовых видов на хр. Хамар-Дабан, проведенного нами ранее, указывают на существование четырех основных плейстоценовых микрорефугиумов, расположенных в долинах рек Утулик и Бабха (I), Снежная (II), Переемная (III), Мишиха (IV) [1]. Поскольку *A. altaica* является элементом третичного неморального комплекса, установление ее пространственно-генетической структуры может быть полезным для понимания влияния позднекайнозойских климатических изменений на формирование современной растительности Южной Сибири. Вид в пределах рефугиума довольно широко распространен и имеет относительно непрерывный ареал. Это делает *A. altaica* удобным модельным объектом для изучения динамики распространения популяций реликтовых видов на протяжении квартала.

Сбор образцов для молекулярно-генетического анализа проводили из нескольких популяций *A. altaica* в предгорьях хр. Хамар-Дабан (поймы рек Безымянная, Утулик, Хара-Мурин, Снежная, Большой Мамай, Выдриная, Осиновка, Мишиха, Мантуриха, Мысовка, Большая Речка, Еловка). Выделение общей ДНК проводили ЦТАБ методом [2] с авторскими модификациями [3]. В качестве молекулярных маркеров использовали регионы пластидной ДНК: *trnL* и *trnL-trnF*. Амплификацию проводили в 20 мкл реакционной смеси с использованием ДНК-полимеразы GoTaq Flexi (Promega, США) и пары праймеров (с + е), разработанных для цветковых растений [4] с финальной концентрацией 250 нМ каждого праймера. Полученные ампликоны электрофоретически отделяли от компонентов реакции, очищали и секвенировали по методу Сэнгера в автоматическом режиме на генетическом анализаторе ABI 3500. Филогенетический анализ проводили методом максимального правдоподобия (ML) в MEGA v. 6.06. с использованием трехпараметрической модели Тамуры (T92) и байесовским анализом (BI) на основе метода Монте-Карло для марковских цепей с использованием модели НКУ, адаптированной под модель T92, для нуклеотидных

последовательностей, и F81-подобной модели для бинарных данных (делеции / инсерции) в MrBayes v. 3.2.7.

Филогенетический анализ показал наличие как минимум трех филогеографических групп *A. altaica* на хр. Хамар-Дабан. В популяциях восточного участка хребта выявлено три пластотипа (P1, P2 и P5), в популяциях из центральной части – пластотипы P2 и P4, в крайне западных популяциях – пластотипы P3 и P4. Географическое распределение выявленных пластотипов может свидетельствовать о частичной фрагментации ареала *A. altaica* на хр. Хамар-Дабан в результате плейстоценовых похолоданий и сохранении частичной изоляции популяций. Западные популяции, несущие пластотип P3, были приурочены к микрорефугиуму I. Восточные популяции, несущие пластотипы P1, P2 и P5, приурочены к микрорефугиуму IV. Популяции центральной части хребта, несущие пластотипы P1, P2 и P4 приурочены к микрорефугиумам II и III. Зона вторичного контакта между центральной и восточными группами приходится на восточную границу микрорефугиума II (р. Выдриная) и на центральную часть микрорефугиума III (р. Осиновка, пос. Танхой), между центральной и западной группами – на восточную границу микрорефугиума I (реки Бабха и Утулик), где одновременно обнаруживаются гаплотипы из разных географических участков. Полученные данные соответствуют филогеографическим паттернам других неморальных реликтов хр. Хамар-Дабан, которые были определены нами ранее [3, 5]. Данный факт свидетельствует в пользу гипотезы существования плейстоценовых микрорефугиумов на хр. Хамар-Дабан.

Анализ также показал, что все обнаруженные нами пластотипы распределялись между двумя четко дифференцированными филогенетическими линиями *A. altaica*, которые, однако, не формировали общую монофилетическую группу. Полифилия пластотипов может свидетельствовать о двойственном происхождении особей *A. altaica* на хр. Хамар-Дабан, например, путем гибридизации одной из выявленных филогенетических линий с близкородственными таксонами и инцидентов обратного скрещивания. Отдельные популяции с восточной и центральной частями хр. Хамар-Дабан, несущие среди прочих пластотип P1, сформировались из особей, принадлежащих двум различным филогенетическим линиям. Учитывая матрицейный характер наследования использованных молекулярных маркеров, формирование таких полиморфных популяций вероятно могло произойти в результате физического контакта популяций из разных филогенетических линий в благоприятные для этого периоды квартера.

Благодарности и источники финансирования работы:

Авторы благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН за предоставленный доступ к оборудованию, гербарий ИГУ за монтирование и возможность размещения и хранения ваучерных образцов. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–24–00501, <https://rscf.ru/project/23–24–00501/>.

Список литературы:

1. Чепинога В. В. и др. Выявление вероятных плейстоценовых микрорефугиумов на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) // Сибирский Экологический Журнал. 2017. Т. 24, № 1. С. 44–50.
2. Doyle J. J., Doyle J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // Phytochemical Bulletin. 1987. V. 19. P. 11–15.
3. Protopopova M. V., Pavlichenko V. V. *Eranthis Salisb.* (Ranunculaceae) in South Siberia: Insights into phylogeography and taxonomy // Diversity. 2022. V. 14. P. 779.
4. Taberlet P., et al. Universal primers for amplification of noncoding regions of chloroplast DNA // Plant molecular biology. 1991. V. 17. P. 1105–1109.
5. Протопопова М. В. и др. Филогеографическая структура *Anemone baicalensis* (Ranunculaceae) на основе полиморфизма пластидной ДНК (trnL–trnF) как подтверждение существования

УДК 598.115

**Сезонная динамика активности обыкновенной гадюки (*Vipera berus*)  
в пределах Тундринского материка**

*Л. Н. Несен, Т. Р. Мельник, А. С. Петрякин, А. Г. Калиновская, Ф. В. Тюшкевич*  
Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия  
lyuba.nesen.00@mail.ru

Ключевые слова: *Vipera berus*.

Обыкновенная гадюка (*Vipera berus*) – единственный представитель змей, встречающихся на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (далее ХМАО – Югры) [1]. Суровые климатические условиями региона, включая короткое лето и продолжительную зиму, оказывают значительное влияние на распространение и специфику экологии рептилий. Обыкновенная гадюка внесена в приложение к Красной книги ХМАО – Югры [2], в связи с чем мониторинг численности, а также других эколого–популяционных характеристик этих рептилий является актуальным и значимым.

Для обыкновенных гадюк характерна привязанность к определенным территориям в весенне-летний период, которые взрослые особи населяют в течение нескольких лет [1]. В качестве площадки для мониторинга нами была выбрана территория Тундринского материка, в частности, верховое болото в окрестностях села Тундрино Сургутского района ХМАО – Югры, где исследования проводились с мая по сентябрь в 2021–2023 гг. Общее количество зарегистрированных змей составило 84 особи. Специфика распределения обыкновенной гадюки в данном регионе заключается в том, что эти рептилии населяют преимущественно местности с минимальным количеством деревьев, такие как верховые болота, экотоны с болотами, вырубki в хвойных лесах и разнотравные луга [3].

В работе использованы стандартные методы полевых исследований экологии рептилий [1]. Змей учитывали на пробных площадках и на постоянных маршрутах. Относительную численность оценивали косвенным показателем – плотностью, который выражали в количестве особей на 1 га [5].

Сезонная активность обыкновенной гадюки в ХМАО тесно связана с суточными температурами и подвержена сезонной динамике, а степень активности в разное время суток сильно зависит от погодных условий. Поэтому для более глубокого понимания динамики численности гадюки необходимо проводить регулярные наблюдения за поведением змей в разных погодных условиях и в различные сезоны. Выявлена высокая связь между встречаемостью гадюк и температурой приземного слоя воздуха ( $r=0,81$ ,  $\alpha=0,05$ ). В частности, температурные скачки на  $2-2,5^{\circ}\text{C}$  могут способствовать выходу змей на поверхность и наоборот затянуть выход гадюк после зимовки [3]. Температура почвы на глубине 2–3 см от поверхности земли, оказывает менее существенное влияние на активность змей (выявлена средняя корреляционная связь между плотностью обыкновенной гадюки и температурой почвы ( $r=0,61$ ,  $\alpha=0,05$ )).

Рассматривая сезонную динамику следует отметить, что в мае плотность гадюки составляла – 1,3 ос./га. В этот период начинался выход гадюк с зимней спячки и размножение (самцы могут выползть из убежищ при температуре  $+2^{\circ}\text{C}$ , тогда как

выход самкой происходит при более высоких температурах +12–15°C). В июне-июле плотность и, следовательно, встречаемость змей возросла (1,8 и 3,3 ос./га), что связано с появлением молодых особей и более благоприятными температурными условиями. В августе наблюдался резкий спад активности (до 1,1 ос./га) обусловленный низкой температурой почвы. В результате снижения средних суточных температур, начиная со второй декады августа, встречаемость змей резко снижается, а в сентябре змеи не регистрировались вообще (см. таблицу).

**Таблица – Зависимость активности (плотность ос./га) от температуры приземного слоя и температуры почвы (Тундринский материк, май-сентябрь, 2023 г.)**

Месяц	Температура приземного слоя воздуха, °С	Температура почвы, °С	Плотность, ос./га
Май	14,9	20,2	1,3
Июнь	17,4	14,1	1,8
Июль	24,6	18,6	3,3
Август	19,8	14,4	1,1
Сентябрь	15,6	11,7	0,0

Таким образом, активность обыкновенной гадюки на изученной территории тесно связана с ходом среднесуточных температур и подвержена сезонной динамике. Выявлена высокая корреляция активности гадюк и температуры приземного слоя атмосферы, с температурой почвы – средняя. Количество дней, в течении которых обыкновенная гадюка активна – от 110 до 128 дней, что значительно ниже, в сравнении с южными популяциями.

Список литературы:

1. Плотников В. В. Экология Ханты-Мансийского автономного округа // Тюмень: СофтДизайн, 1997. 286 с.
2. Васин А. М., Васина А. Л. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа. Югры: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Баско, 2013. 460 с.
3. Куранова В. Н., Колбинцев В. Г. Биология обыкновенной гадюки (*Vipera berus*) в Томской области // Вопросы герпетологии. 1981. С. 80–81.
4. Щербак Н. Н. Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев: Наукова Думка, 1989. 172 с.
5. Шляхтин Г. В., Голикова В. Л. Методика полевых исследований экологии амфибий и рептилий. Саратов, 1986. 78 с.

УДК 581.143.6:582.998.2

**Введение в культуру *in vitro* хризантемы корейской (*Chrysanthemum × coreanum* (H. Lév. & Vaniot) Nakai)**

*И. А. Полозов, М. В. Казакова*

Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, г. Рязань, Россия  
polozov-i@bk.ru

Ключевые слова: *Chrysanthemum coreanum*, экспланты, Мурасиге–Скуга, ИУК.

Хризантема корейская (*Chrysanthemum × coreanum* (H. Lév. & Vaniot) Nakai) – многолетнее растение гибридного происхождения, созданное с участием хризантемы шелковицелистной (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) и хризантемы индийской (*Chrysanthemum indicum* L.).

В настоящее время объемы спроса на растения преобладают над предложением

производства, а необходимость импортозамещения посадочного материала является важной проблемой массового размножения декоративно-цветочных культур [1]. Решить возникшие проблемы можно путем размножения посадочного материала методом клонального микроразмножения [2].

Введение в культуру *in vitro* – важнейший этап технологического цикла, от которого зависит успех процесса клонального микроразмножения.

Цель – введение в культуру *in vitro* 9 сортов хризантемы корейской и изучение параметров эксплантов по завершении культивирования.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были использованы растения хризантемы корейской 9 сортов из коллекции Ботанического сада МГУ имени М. В. Ломоносова «Аптекарский огород».

В качестве эксплантов использовали узловые сегменты бокового побега размером 0,6 и 1,2 см.

Экспланты стерилизовали в 0,1 % растворе сулемы ( $\text{HgCl}_2$ ). Длительность выдержки в стерилизующем веществе составляла 0,5, 1,5 и 2,5 минуты.

Для введения эксплантов в культуру *in vitro* использовали питательную среду по прописи Мурасиге-Скуга [3] с добавлением сахарозы пониженной концентрации 20 г/л и фитогормона  $\beta$ -индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в концентрации 0,5 мг/л. Температура культивирования 18–19°C (в климатической камере) и 22–23°C (в световой комнате). Фотопериод 16/8 часов. Интенсивность освещения 2–5 клк.

Проводили учет параметров для оценки роста эксплантов: высоты побега (см), количества листьев (шт/эксплант), коэффициента размножения (отношение числа образовавшихся междоузлий эксплантов к общему числу введенных в культуру эксплантов).

Тест Шапиро-Уилка показал нормальность распределения полученных данных. Данные оформляли в виде  $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , где  $\bar{x}$  – среднее арифметическое;  $s_{\bar{x}}$  – ошибка выборочной средней [4]. Сравнение средних значений выборок проводили при помощи одностороннего двухвыборочного *t*-критерия Стьюдента. Для сравнения долей выборок применили критерий хи-квадрат. Критический уровень значимости равен 0.05. Статистическую обработку данных проводили в программной среде RStudio 4.1.3 for Windows.

Результаты и их обсуждение. При стерилизации в 0,1 % растворе сулемы в течение 0,5 минут доля жизнеспособных эксплантов составила 11,1 %. На 7 день культивирования наблюдали заражение эксплантов. Наличие заражения связано с недостаточным временем выдержки растительного материала в стерилизующем веществе, по окончании других вариантов стерилизации заражение не обнаружено. При стерилизации в течение 2,5 минут доля жизнеспособных эксплантов составила 0 %. В течение культивирования было обнаружено отмирание тканей эксплантов. При выдерживании растительного материала в стерилизующем веществе в течение 1,5 минут доля жизнеспособных эксплантов составила 63,9 %.

При культивировании эксплантов размером 0,6 см доля жизнеспособных составила 31,7 %. 93,6 % жизнеспособных эксплантов получили в результате культивирования сегментов размером 1,2 см. Узловые сегменты небольшого размера обладают низкой регенерационной способностью, что и отражает выход жизнеспособных эксплантов в первом варианте опыта.

Для определения эффективности культивирования в климатической камере и в световой комнате параметры эксплантов учитывали спустя 42 дня.

В климатической камере (18–19°C) наибольшие значения параметров зафиксированы у сорта «Алексий». Высота побега –  $6,3 \pm 0,1$  см, количество листьев –  $8,8 \pm 0,5$  шт/эксплант, коэффициент размножения –  $3,8 \pm 0,3$ . Параметры сорта

«Алексий», культивируемого в световой комнате (22–23°C) имели более высокие значения. Высота побега – 7,3±0,5 см, количество листьев – 9,4±0,2 шт/эксплант, коэффициент размножения – 4,4±0,2. Аналогично более высокие значения были зафиксированы и у эксплантов других сортов (см. таблицу).

**Таблица – Параметры эксплантов при культивировании в условиях климатической камеры (18–19°C) и световой комнаты (22–23°C) спустя 42 дня**

Сорт хризантемы корейской	Высота побега, см		Количество листьев, шт/эксплант		Коэффициент размножения	
	18–19 °C	22–23 °C	18–19 °C	22–23 °C	18–19 °C	22–23 °C
«Алексий»	6,3±0,1	7,3±0,5	8,8±0,5	9,4±0,2	3,8±0,3	4,4±0,2
«Викинг»	5,8±0,1	6,7±0,2	8,3±0,3	9,3±0,3	3,3±0,3	4±0,2
«Волшебница»	4,3±0,2	4,3±0,3	5±0,2	5,7±0,3	2±0,3	2,7±0,3
«Гранат»	–	5,1±0,1	–	7,3±0,3	–	3,3±0,3
«Кореяночка»	–	3,9±0,2	–	5,3±0,3	–	2,3±0,3
«Красная шапочка»	3,5±0,2	4±0,2	6±0,6	6,3±0,9	2,3±0,3	2,7±0,3
«Сударушка»	4,6±0,1	5,6±0,2	6,8±0,4	7,8±0,5	2,4±0,2	2,8±0,5
«Opal»	4,5±0,1	5,2±0,2	5,5±0,5	6,7±0,3	2,5±0,5	2,7±0,3
«Тоамне»	–	4±0,2	–	6±0,6	–	2,7±0,3

Наиболее эффективным вариантом стерилизации являлась выдержка эксплантов в 0,1% растворе сулемы в течение 1,5 минут. Успех культивирования зависит и от размера экспланта. Оптимальный размер экспланта для введения в культуру *in vitro* 1,2 см. Культивирование в условиях световой комнаты (22–23°C) было эффективнее для большинства сортов.

Благодарности и источники финансирования работы:

Автор выражает благодарность док. биол. наук, профессору каф. биологии и методики ее преподавания РГУ имени С. А. Есенина Марине Васильевне Казаковой; канд. биол. наук, научному сотруднику Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова Ольге Юрьевне Мироновой и док. биол. наук, директору Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова Владимиру Викторовичу Чубу за помощь в проведении исследований.

Список литературы:

1. Миронова О. Ю. Разработка и совершенствование технологий клонального микроразмножения декоративно-цветочных культур: автореф. дис. на соискание учёной степени канд. биол. наук: 03.00.23. М., 2004. 28 с.
2. Гранда Х. Р. К. Микрклональное размножение хризантем // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2009. № 1. С. 145–148.
3. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures // Plant Physiology. 1962. V. 15, № 3. P. 473–473.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

**Зимние скопления кряквы (*Anas platyrhynchos*)  
в густонаселённых городах Саратовской области**

*А. Е. Пушкова*

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

Ключевые слова: крякva, зимовка, Саратовская область, городские районы.

Урбанизация кряквы (за последнее десятилетие) на территории Саратовской области происходит достаточно быстро. Обилие и доступность кормов антропогенного происхождения – важнейший фактор увеличения зимующих крякв в населенных пунктах, хорошая защищенность от неблагоприятных факторов (ветра, низких температур, большого числа хищников) объясняет существование крупных зимовок кряквы в европейской части России, в том числе и в Саратовской области [1].

Как правило, снижение зимней температуры приводит не к уменьшению, а к увеличению численности крякв в городах [2]. Однако, как показал зимний сезон 2023–2024 гг. в г. Саратов немаловажным фактором также является наличие открытой воды, которое может быть следствием как более мягких погодных условий, так и результатом прямой деятельности человека. Из-за резкого падения уровня воды в городском парке культуры и отдыха им. М. А. Горького [3] более 95 % акваторий было покрыто льдом, численность уток при этом значительно упала (в сравнении с аналогичными периодами предыдущих годов).

Исследования зимующих крякв были проведены в период с декабря 2022 по февраль 2024 гг. в четырех городах Саратовской области: Саратов: (ГПКиО им. М. А. Горького, Андреевские пруды, Набережная Космонавтов, пруд в Октябрьском ущелье), Энгельс: (озеро Сазанка), Балаково: (пруды в Больничном городке, городской пляж 1–го микрорайона, водосброс Саратовского оросительного канала им. Е. Е. Алексеевского (ул. Набережная Леонова)) и Вольск: (Набережная им. В. А. Злобина, городской парк, участок Малыковского ручья (близ впадения в р. Волгу)). В пределах каждого города кряквы были подсчитаны четырежды в каждом месяце зимнего сезона на известных незамерзающих участках водоемов при разных погодных условиях. Во всех пунктах точечного учета, за исключением г. Энгельса, люди подкармливали птиц (с разной регулярностью) (см. рисунок). Численность крякв различалась в разные годы и в разных городах, поэтому количество птиц, регистрируемых каждый год, было преобразовано в натуральную величину, что позволило напрямую сравнить изменения численности крякв в разных городах.



Рисунок – Среднее количество человек, подкармливающих уток, на исследуемых участках города

При анализе влияния погодных условий на численность зимующих уток использовали среднесуточные температуры воздуха с декабря по февраль. Данные были получены из базы метеостанций рассматриваемых городов, максимально приближенных к центру агломерации [4]. Статистический анализ проводился с использованием пакета программ STATISTICA 10 (2011) и Microsoft Office Excel (2019).

Наибольшее количество крякв было зафиксировано в г. Саратове; максимальная численность составила более 1600 особей, зарегистрированных в январе 2023 г., а среднее количество зимующих птиц намного выше, чем в любом другом городе (см. таблицу). В Энгельсе было самое низкое количество зимующих птиц, где максимальная численность составляла 8 особей в декабре 2023 г. (см. таблицу).

**Таблица – Среднее, максимальное и минимальное количество крякв, зимовавших в исследуемых городах в зимние сезоны 2022–2024 гг.**

Город	Среднее	Максимум	Минимум
Саратов	866	1606	538
Балаково	396	633	236
Вольск	27	56	13
Энгельс	1	8	0

В городах Балаково и Вольск была обнаружена значимая отрицательная корреляция между количеством птиц и среднесуточной температурой за весь период исследования ( $r = -0,76$ ;  $p = 0,03$  и  $r = -0,67$ ;  $p = 0,03$ , соответственно). В Саратове установлена умеренно значимая отрицательная корреляция за весь период ( $r = -0,51$ ;  $p = 0,03$ ), однако численность крякв, зимующих в этом городе с декабря 2022 г. по февраль 2023 г., заметно отрицательно коррелировала со среднесуточной температурой, в отличие от зимнего сезона следующего года ( $r = -0,62$ ;  $p = 0,03$  и  $r = -0,49$ ;  $p = 0,04$ , в 22/23 гг. и 23/24 гг., соответственно). Для анализа по Энгельсу недостаточно данных, участок незамерзающий акватории находится вне территории, часто посещаемой людьми.

Отрицательную корреляцию между количеством регистрируемых уток и среднесуточной температурой можно объяснить, в первую очередь необходимостью кряквы к обитанию на участках акваторий, открытых ото льда, для поиска пищи. При сильной минусовой температуре, водоемы, наиболее отдаленные от центра агломерации, покрываются льдом, что приводит к необходимости поиска дополнительных источников питания.

Зимой в урбанизированных районах наблюдается более высокая температура воздуха, чем за городом, что препятствует замерзанию водоемов и создает более благоприятные условия для зимовки водоплавающих птиц. Кряквы имеют тенденцию формировать стаи в местах, где они регулярно получают подкормку антропогенного происхождения, что может влиять на численность зимующей популяции. Например, в Саратове наибольшее количество крякв наблюдается в ГПКиО из-за высокой посещаемости этого места людьми, в Балаково – на прудах в Больничном городке, где среднее количество людей, кормящих птиц, превышает 20 человек. В Вольске с понижением среднесуточной температуры и последующим замерзанием открытых участков водоемов, утки направляются в городской парк, где также имеется высокий уровень подкормки со стороны человека (около 10 человек). В Энгельсе участок водоема, который не замерзает, находится в месте, которое редко посещается людьми, и поэтому при снижении среднесуточной температуры утки перемещаются на более подходящие для них территории.

Как правило, большинство водоплавающих птиц зимует в крупных городах на



участках незамерзающих водоемов, однако, как показали наши исследования, размер города – не единственный фактор, влияющий на количество птиц. Большое значение имеет распространенность среди жителей практики кормления птиц, а также регулярность этого процесса.

Температура является важным фактором, влияющим на численность зимующих крякв, их передвижения и поведение в период, не связанный с размножением [1, 2, 5]. Отрицательная корреляция между температурой и численностью крякв подчеркивает важность климатических условий для жизнедеятельности птиц, ввиду промерзания водоемов за пределами городов при низких температурных показателях.

Список литературы:

1. Пушкова А. Е., Мосолова Е. Ю. Городская популяция кряквы (*Anas platyrhynchos*) в Саратове: зимовка, гнездование, степень синантропизации // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, №. 4. С. 479–490.
2. Meissner W. et al. Impact of temperature on the number of mallards, *Anas platyrhynchos*, wintering in cities // Ecological Research. 2016. № 31. С. 821–828.
3. Репортер 64 // URL: <https://reporter64.ru/content/view/administraciya-parka-v-saratove-vyskazalas-o-padenii-urovnya-vody-v-prudah> (дата обращения: 27.02.24)
4. Архив погоды rp5 // URL: [https://rp5.ru/Архив\\_погоды](https://rp5.ru/Архив_погоды) (дата обращения: периодически в течение периода 01.12.22 – 29.03.24).
5. Luniak M. Synurbization of animals as a factor increasing diversity of urban fauna // Biodiversity, Science and Development: Towards a New Partnership. 1996. P. 115–120.

УДК 632.2

### **Риск завоза и адаптации карантинных болезней и вредителей плодово-ягодной продукции в Республике Карелия**

*А. А. Терешко<sup>1,2</sup>, О. В. Синкевич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Псковский государственный университет, г. Псков, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «ВНИИКР» Североморский филиал, г. Петрозаводск, Россия  
[anna.tereshko.99@mail.ru](mailto:anna.tereshko.99@mail.ru), [ovbio@mail.ru](mailto:ovbio@mail.ru)

Ключевые слова: карантинные вредные организмы, болезни, вредители, Республика Карелия.

Болезни и вредители культурных растений во все времена приносили людям большие экономические потери. Актуальность проблемы инвазии новых видов возросла с развитием международных торговых отношений, в ходе которых государства начали обмениваться растительной продукцией. Завезенные болезни и вредители попадают в сходные, а иногда и в более благоприятные для их развития условия, активно размножаются и наносят значительный ущерб сельскому хозяйству.

Республика Карелия расположена на северо-западе Российской Федерации, считается зоной рискованного земледелия. Сельское хозяйство имеет небольшое значение в ВРП региона, направлено на выращивание кормов для крупного рогатого скота. В регионе из плодово-ягодных культур на промышленной основе выращивают землянику садовую, малину, смородину, ведутся закладки плантаций голубики и клюквы садовой. На личных приусадебных участках с успехом выращивают яблоню, сливу, вишню. В последние годы активно стали высаживать грушу, алычу, морозоустойчивые сорта абрикоса и черешни. Суровые климатическими условия значительно ограничивают возможность распространения адвентивных видов.

Анализ данных об обнаружении карантинных вредных организмов за 2022–2023 год в Республике Карелия показал, что на плодово-ягодной продукции было выявлено 37 видов вредителей и болезней, среди которых 8 являются карантинными. Это Средиземноморская плодовая муха *Ceratitis capitata* Wied., Калифорнийская щитовка *Diaspidiotus perniciosus* Comst, Тутовая щитовка *Pseudaulacaspis pentagona* Targ.-Toz., Дынная муха *Myiopardalis pardalina* (Bigot), Восточная плодожорка *Grapholitha molesta* Busck., Персиковая плодожорка *Carposina niponensis* Wlshg., Возбудитель бурой монилиозной гнили *Monilinia fructicola* (Winter) Honey и Потивирус шарки (оспы) слив *Plum pox potyvirus*.

Средиземноморская плодовая муха *C. capitata* (Wied.) – небольшого размера насекомое, являющееся опасным карантинным вредителем и способное повреждать плодовые, овощные и кормовые культуры, предпочитает растения рода цитрус *Citrus*, рода слива *Prunus* и манго *Mangifera indica*. Основные пути распространения: торговля плодовой растительной продукцией и вывоз ее для этих целей из стран распространения *C. capitata*, а также ввоз насекомого на стадии куколки (пупария) в продукции или упаковке [1].

Персиковая плодожорка *C. niponensis* Wlshg. – опасный вредитель разнообразных диких и культурных плодовых семейства розовые: яблони, груши, айвы, персика, абрикоса, сливы, вишни. Бабочки обладают неприметной серой окраской и небольшими размерами. Только что вылупившиеся гусеницы беловатого цвета. В процессе развития переходят в желтоватые, розоватые или красные оттенки, в зависимости от кормового растения. Гусеницы насекомого повреждают плоды растений, что приводит к их пожелтению, загниванию и неравномерному созреванию. Распространяются с зараженной продукцией, в которой гусеницы плодожорки способны выживать и завершать полный цикл развития. Если не предпринимать мер по борьбе с вредителем, то снижение урожайности может возрасти до 90 % [1].

Гусеницы Восточной плодожорки *G. molesta* Busck., в отличие от других близких видов, наносят повреждения не только плодам, но и молодым побегам. Страдают верхушечные части растений персика, сливы, абрикоса, яблони, груши, вишни, черешни и ряда других культур. Вредитель выгрызает внутри побега продольный ход, что приводит к его увяданию [1].

Калифорнийская щитовка *D. perniciosus* Comst. – насекомое отряда полужесткокрылых *Hemiptera*. Карантинный вид, причиняющий вред около 270 видом растений, предпочитает культуры семейства Розовые *Rosaceae*. Насекомое селится колониями на стволах, ветвях, плодах и высасывает из них сок. Растения начинают терять листья, замедляют рост, искривляются и усыхают. Из-за паразитирования щитовки снижается урожайность, на плодах образуются характерные красные пятна. *D. perniciosus* может быть распространена с посадочным или прививочным материалами, также «бродяжки» насекомого переносятся на одежде людей или переползают на примыкающие ветви растений [1].

Тутовая щитовка *P. pentagona* – многоядный карантинный вид с внушительным списком кормовых растений. Из плодово-ягодных селится на сливу, яблоню, грушу, абрикосы, смородину и т. д. Самки насекомого бескрылые, беловато-желтого окраса с редуцированными ногами, крыльями глазами и усиками. Взрослые самцы – развитое насекомое, но с отсутствующим ротовым аппаратом. Личинки, или как их еще называют «бродяжки», только что вышедшие из яиц подвижны, имеют ноги и усики, что позволяет им в течение одних-двух суток активно передвигаться по растению. Когда подходящее место найдено, они прикрепляются к нему с помощью длинного колюще-сосущего хоботка и приступают к питанию, кутикулярные железы начинают выделять щиток. В процессе питания насекомое высасывает клеточный сок, что

приводит к ухудшению состояния растения: ослабленность, потеря пластичности, нарушение сокодвижения и образования тканей, появление трещин [1].

Гниль плодов вызывает сумчатый гриб *M. fructicola*. Поражает растения семейства розовые, преимущественно косточковые культуры. В другие регионы проникает с посадочным материалом, распространяется с помощью ветра, дождей, животных. В латентной форме или в форме конидий гриб способен перенести дальнюю транспортировку и пониженную температуру. Попадая в благоприятную среду, монилиоз начинает распространяться в два периода. Первый – увядание или ожог цветов, происходит в период цветения, второй – гниль плодов в летне-осенний период, которые сгнивают или засыхают и остаются висеть на ветвях [1].

Потивирус шарки (оспы) слив *Plum pox potyvirus* паразитирует на древесных видах рода *Prunus*, включая абрикос, персик, сливу, алычу, вишню и черешню. Основными симптомами заражения служат широкие полосы и кольца на листьях растения, на зрелых плодах появляются темно-фиолетовые пятна, переходящие на косточку, останавливая при этом их развитие [1].

Изучив биологические особенности вредных организмов, попавших на территорию Республики, можно сделать вывод, что они не представляют существенной опасности из-за несоответствующих климатических условий и ограниченного числа кормовых растений.

Список литературы:

1. 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: 29.02.2024).

УДК 58.009

### **Эколого-биологическая характеристика флоры долинно-водосборной геосистемы реки Сызранки**

*А. В. Федорова*

Самарский государственный социально-педагогический университет, г. Самара, Россия  
[anna.fed@internet.ru](mailto:anna.fed@internet.ru)

Ключевые слова: флора, река Сызранка.

Речной бассейн Сызранки относится к реке Волга. Согласно государственному водному реестру, длина водотока Сызранки составляет 168 км, а водосборная площадь 5659 км<sup>2</sup>. Водохозяйственным участком является часть реки Сызранки от истока до города Сызрань (выше города) [3]. Русло реки в нижнем течении изгибается и образует Сызранскую луку. Описанный участок находится в пределах города Сызрань. Данная местность давно заселена людьми и эксплуатируется ими. Город Сызрань был основан в 1683 году. Активная эксплуатация реки Сызранка усилилась со строительством Сызранкой ГЭС в 1925 году [1]. Все эти факторы повлияли на облик, состояние и видовой состав флоры долинно-водосборной геосистемы реки Сызранки в нижнем течении.

С целью установления актуального состояния флоры долинно-водосборной геосистемы реки Сызранки в нижнем течении в июле 2023 года мы провели полевые исследования его видового состава с использованием маршрутного метода описания (см. рисунок).



Рисунок – Карта района исследования. Белые линии – маршруты флористических исследований

В результате камеральной обработки собранных данных мы определили таксономическое разнообразие территории исследования (см. таблицу). Нами было зарегистрировано 341 вид растений.

Таблица – Таксономическое разнообразие флоры долинно–водосборной геосистемы реки Сызранки в нижнем течении

Отдел	Число классов	Число семейств	Число родов	Число видов
<i>Charophyta</i>	1	1	1	1
<i>Chlorophyta</i>	2	2	2	2
<i>Equisetophyta</i>	1	1	1	3
<i>Polypodiophyta</i>	1	1	1	1
<i>Magnoliophyta</i>	8	70	219	332
<i>Pinophyta</i>	1	1	2	2

Среди всего разнообразия растений преобладали представители семейств Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Fabaceae.

Анализ жизненных форм растений показал доминирование травянистых многолетников, которые занимали 56 % от всего видового состава идентифицированных растений. К числу подобных растений были отнесены такие представители, как *Geranium sibiricum*, *Hieracium robustum*, *Leonurus quinquelobatus*, *Oenothera villosa*, *Poa compressa*, *Potentilla argentea*. Большую часть травянистых многолетних растений составляли длиннокорневищные, стержнекорневые, короткокорневищные виды. Нам не удалось обнаружить представителей многолетних травянистых густодерновых злаков.

При классификации растений по эколого-фитоценотическим признакам мы выявили преобладание трех групп. Луговые растения составляют 24 % от всего видового состава флоры исследуемого участка. Представителями данной группы являются *Althaea officinalis*, *Bromopsis inermis*, *Equisetum arvense* и др. Прибрежно-водные растения составили 17,5 % от всего флористического разнообразия и включают *Alisma plantago-aquatica*, *Carex pseudocyperus*, *Lycopus europaeus* и др. Лесные растения представлены 14,7 % от всей найденной нами флоры, среди которых: *Acer platanoides*, *Angelica archangelica*, *Caragana arborescens*, *Galium mollugo* и др.

Флора долинно-водосборной геосистемы реки Сызранки в нижнем течении имеет выражено мезофитный характер, представители этой экологической группы составляют 66,3 % от всего видового состава флоры и включают такие растения, как *Artemisia austriaca*, *Berteroa incana*, *Cirsium vulgare*, *Medicago lupulina*, *Acer negundo* и др. Вторая по распространённости экологическая группа – гигрофиты составляет 7,3 %

от всего видового состава и включает таких представителей, как *Ranunculus sceleratus*, *Salix alba*, *Phalaris arundinacea*, *Petasites spurius* и др. Гидрофитные растения – третья по количеству группа растений и составляет 5,9 %, включая *Ceratophyllum demersum*, *Enteromorpha intestinalis*, *Potamogeton lucens*, *Salvinia natans* и др.

Большая часть растений может быть использована как лекарственное сырье (37 % от общего числа найденных нами видов), в качестве медоносов (28,7 % видов), корма для скота (29,6 %), в декоративных целях (20,8 %).

Из найденных нами видов растений 2 были занесены в Красную книгу Российской Федерации, около 18 видов относят к интродуцентам, 52 признано адвентивными.

Проведенное исследование долинно-водосборной геосистемы реки Сызранки в нижнем течении показало небольшое видовое разнообразие растений. Водная и прибрежно-водная флора реки обильна, но не разнообразна и в основном представлена видами, предпочитающими медленно текущие воды и устойчивыми к антропогенному воздействию. Береговые растительные сообщества образованы сорными и луговыми видами, встречаются также участки хвойных и лиственных лесов. Леса в основном вторичные, а луговая растительность уступает место сорной или замещается культурными растениями. Преобладают луговые корневищные многолетние травы – мезофиты.

Список литературы:

1. Мочалова Е. Г., Кабытов П. С. Город Сызрань: очерки географии, истории, культуры, экономики. Сызрань: Ваш взгляд, 2008. 532 с.
2. Плаксина Т. И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. Самара: Самарский университет, 2001. 388 с.
3. Река Сызранка. Государственный водный реестр // URL: <https://textual.ru/gvr/index.php?card=185433> (дата обращения: 24.02.2024).

УДК 168.521+378.162.3+ 57.011

### **Использование 3d-моделей при изучении принципов оптимальности в естествознании**

*А. Ханыева, М. А. Коробко*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
[arzuvhanyeva007@gmail.com](mailto:arzuvhanyeva007@gmail.com)

Ключевые слова: принцип оптимальности, 3D-модели, когнитивно-визуальный подход.

Процесс обучения в высшей школе требует от студентов решения множества учебных задач в максимально короткие сроки. Интенсивность апперцепции новых знаний, последующего применения их на практике невозможно без использования дидактического принципа наглядности, который является одним из основополагающих в образовательном процессе.

Развитие науки и техники предоставляет новые возможности для совершенствования и использования современных наглядных средств обучения. С развитием и повышением доступности 3D-печати расширились возможности создания трёхмерных моделей – важного средства для передачи информации, которые могут значительно повысить качество обучения, способствуя применению когнитивно-визуального подхода, который предполагает использование визуализации изучаемого

материала на всех этапах обучения – мотивационно-ориентировочном, исполнительно-деятельностном, контрольно-оценочном [1].

Принципы оптимальности в естествознании – это одна из тем дисциплины «Естественно-научная картина мира», реализуемой на биологическом факультете [2]. При рассмотрении ряда вопросов, например, принципа оптимальной конструкции в природе, целесообразно применение трехмерных моделей.

В качестве наглядных материалов нами подобраны и напечатаны при помощи 3D-принтера Creality Ender-3 V3 SE 3D-модели, а именно: гироид, состоящий из нескольких блоков; контуры для образования катеноида, геликоида, гироида (автор моделей Segerman Н. [3]; см. рисунок), два куба, отличающиеся заполнением (сплошное и гироидное), половинка куба для демонстрации внутреннего – гироидного заполнения.

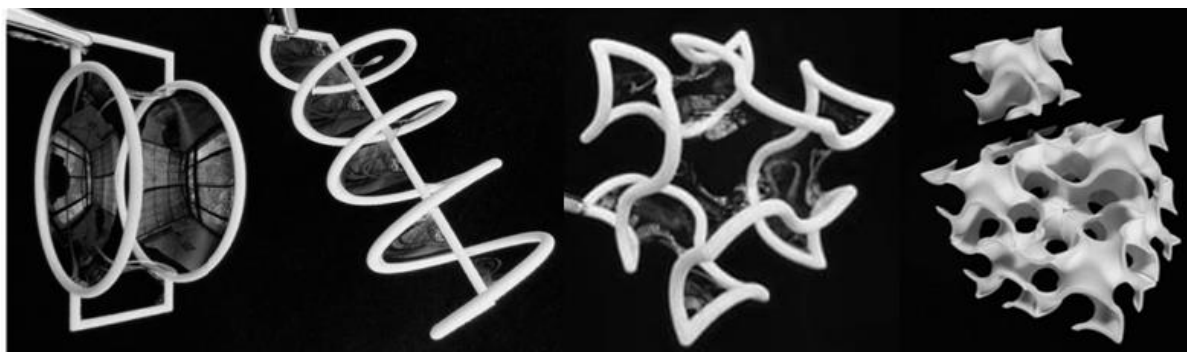


Рисунок – Фотографии 3D-моделей [4]

Понятие «минимальная поверхность» сформулировано французским математиком Лагранжем, который считается основоположником теории вариационного исчисления, а законы, описывающие геометрию мыльных пузырей и сложных конструкций из мыльных пленок, сформулированы бельгийским ученым Ж. Плато. Для визуализации процесса формирования минимальной поверхности мы демонстрируем фрагменты видео и предлагаем обучающимся простой контур и раствор для мыльных пузырей. Особое внимание нужно обратить на физическое обоснование формирования минимальных поверхностей в природе, что способствует не только актуализации знаний физических законов, но и формированию целостных представлений об окружающем мире [5]. Используя мыльный раствор и трехмерные модели гибких контуров, предлагаем студентам продемонстрировать образование катеноида и геликоида, как примеров минимальной поверхности. На слайде нужно представить схематическое изображение этих поверхностей и математические уравнения, их описывающие. Попросить привести пример таких поверхностей в природе.

Особую роль в природе и технике имеют периодические минимальные поверхности, которые состоят из повторяющихся элементов с минимально возможной площадью – гироиды. Для ознакомления обучающихся с конструкцией гироида, мы используем модель – контур для образования минимальной поверхности и 3D-модель гироида, состоящую из нескольких повторяющихся модулей, что способствует пониманию сложной пространственной организации этой конструкции как бесконечных, трижды периодических (с периодичностью вдоль трех осей) структур (см. рисунок).

Акцентируя внимание на взаимную обусловленность структуры и функции природных объектов, следует обсудить возможности преимущества таких конструкций для функционирования систем, используя в качестве наглядных пособий модель кубиков одинакового объема со стопроцентным заполнением пластмассой и с

гиридным заполнением. Следует обратить внимание на вес и прочность моделей одного объема.

Рассмотрев конкретные примеры природных объектов, в конструкции которых реализуется принцип минимальных поверхностей, и их функциональную значимость, следует обсудить перспективы использования принципа минимальных поверхностей в науке и технике, обращая внимание на уже существующие технические решения, применяющие эти принципы, и на задачи, которые ставят ученые в данной области.

Для закрепления изученного материала в качестве самостоятельной работы студентам педагогического направления обучения можно предложить задание по разработке школьного исследовательского проекта по теме «Принцип оптимальной конструкции в биологических системах», «Реализация принципа оптимальности в технике».

Эффективность использования трехмерных моделей при изучении принципов оптимальности обусловлена доступной подачей учебного материала, основанной на сочетании визуальных образов, устного пояснения преподавателя. Использование в учебном процессе 3D-моделей способствует реализации когнитивно-визуального подхода, предполагающего визуализацию учебного материала с целью актуализации знаний, понимания нового материала, усвоения знаний, применения на практике теоретических знаний, формированию образного мышления и развитие творческого потенциала обучающихся.

Список литературы:

1. Бабичева И. В. Реализация когнитивно-визуального подхода к обучению математике с использованием scorm-технологий // Вестник СИБИТа. 2020. Т. 2, № 34. С. 5–15.
2. Коробко В. В. Естественно-научная картина мира. Саратов: Саратовский источник, 2013. 103 с.
3. Segerman H. Visualizing Mathematics with 3D Printing Illustrated Edition. // URL: <http://www.3dprintmath.com/> (дата обращения: 15.02.2024).
4. Segerman H. Visualizing mathematics with 3D printing illustrated edition. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2016. 200 p.
5. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М.: Мир, 1969. 215 с.

УДК 582.546.62:577.151.42

**Молекулярная и каталитическая характеристика  
минорной катионной пероксидазы сорго веничного**

*Е. В. Щербачева<sup>1,2</sup>, Е. В. Дубровская<sup>2</sup>, А. А. Галицкая<sup>1,2</sup>, Н. Н. Позднякова<sup>2</sup>*

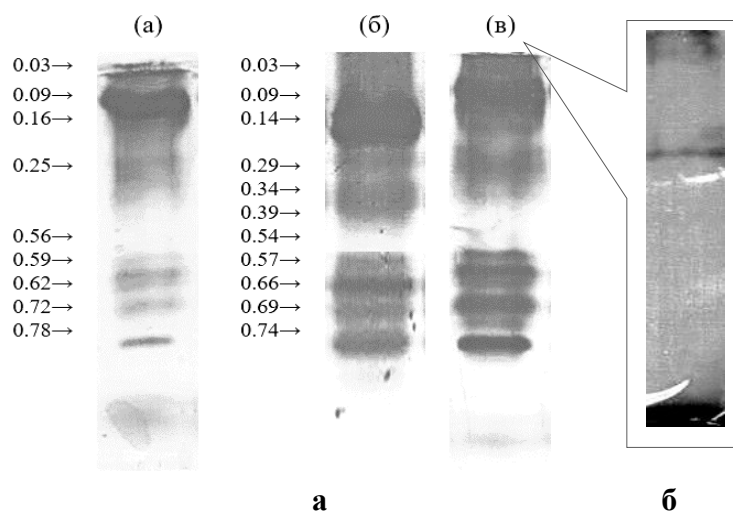
<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,  
г. Саратов, Россия  
elizaveta-sch@mail.ru

Ключевые слова: сорго, катионная пероксидаза, молекулярная и каталитическая характеристика.

Одной из основных антиоксидантных систем наряду с супероксиддисмутазной и каталазной является пероксидазная [1]. Пероксидазы участвуют в типичных процессах жизнедеятельности растений: дыхание, сигналинг, метаболизм ауксинов, прорастание семян, рост и созревание плодов. При этом они задействованы в процессах сохранения целостности растительного организма: заживление ран, лигнификация и суберизация, пассивная и активная защита, метаболизм активных форм кислорода и азота.

Состав растительных пероксидаз может меняться в зависимости от изменения условий окружающей среды. Сорго веничное (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) относится к группе значимых сельскохозяйственных культур, выращиваемых по всему миру, и обладает устойчивостью к действию различных токсикантов [2]. В связи с этим оно было выбрано в качестве объекта для проверки лабильности пероксидазной системы под влиянием эффекторов различной природы. В присутствии ионов металлов в среде культивирования проростков сорго веничного увеличивалась интенсивность полосы с относительной подвижностью белка (Rf) 0,66 в неденатурирующем электрофорезе. Схожий эффект оказывали нативные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые вызывали доминирование четырех пероксидаз с Rf 0,57, 0,66, 0,69 и 0,74 (см. рисунок а). Ранее были выделены и охарактеризованы доминирующие формы пероксидаз сорго веничного [3, 4]. Для нас интерес представляли минорные формы, которые также могут принимать активное участие в физиологических процессах.



**Рисунок – Влияние эффекторов на активность общего пула пероксидаз сорго веничного, слева направо: контроль, образцы при наличии в среде культивирования марганца и фенантрена (а). Цифры соответствуют относительной подвижности белка (Rf). Очищенная до электрофоретически гомогенного состояния минорная катионная пероксидаза (КПО) (б)**

Из этиолированных проростков, выращенных в присутствии ионов натрия (2000 мг/л), выделили минорную катионную пероксидазу (КПО) [5]. Удельную активность пероксидаз фиксировали на каждом этапе очистки. По итогу гель-фильтрации фракции КПО содержали порядка 3 % от общей активности. Для молекулярной и кинетической характеристики использовали электрофоретически гомогенный образец КПО (см. рисунок б). Все измерения проводили минимум в трех аналитических повторностях, а статистическую обработку данных осуществляли при помощи программы Microsoft Excel, средние значения и доверительный интервал приведены для  $p \leq 0,05$ .

По результатам экспериментов была уточнена молекулярная масса КПО, равная 155 кДа. Этот показатель значительно превышает молекулярную массу доминирующих форм пероксидаз сорго веничного, которая составляла от 35 до 50 кДа [3, 4]. Такая разница может быть связана как с мультисубъединичной структурой, а у КПО несколько субъединиц в 35, 25 и 16 кДа, так и со степенью гликозилирования, которая варьирует в зависимости от условий окружающей среды и стадии жизненного цикла растения. Rf фермента невелика и составляла 0,03.

КПО проявляет пероксидазную и оксидазную активности, которые достигают наибольших показателей при pH: 4,6 и 7,0 для 2,6-диметоксифенола (ДМФ), 2,6 и 5,6 для



2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоната) аммония (АБТС) и 7,0 и 4,0 для аскорбиновой кислоты, соответственно. Несмотря на то, что удельная оксидазная активность меньше удельной пероксидазной на несколько порядков, две активности допускают смену функции ферментом в ответ на воздействие различных факторов. Км по отношению к АБТС для пероксидазной активности КПО составила 0,23, а для оксидазной активности – 0,32 мкмоль. Наибольшее активирующее действие на пероксидазы сорго веничного оказало культивирование проростков в среде с добавлением: магния (500 мг/л), натрия и марганца (1 мг/л) по отношению ДМФ (прирост составил 60, 135 и 160 %); натрия, железа (3 мг/л) и магния по отношению АБТС (прирост составил 200, 210 и 290 %, соответственно). При этом пероксидазная активность КПО из проростков, выращенных в среде с добавлением натрия, превышала активность этой пероксидазы в контрольной группе проростков в 7 раз. Положительное влияние на активность КПО оказало также культивирование в среде с добавлением нативных ПАУ: с фенантреном пероксидазная активность увеличивалась в 3 раза, а с антраценом – в 5 раз. Фермент наиболее активно трансформировал трехкольцевые ПАУ, их убыль составила 80 и 90 % для фенантрена и антрацена, что в 5 раз больше показателей, полученных при трансформации четырехкольцевых ПАУ.

Таким образом, полученная молекулярная и кинетическая характеристика КПО проростков сорго веничного позволяет выявить ее существенные отличия от изученных ранее доминирующих форм. КПО имеет высокую молекулярную массу, обладает способностью к оксидазному окислению и способностью к пероксидазному окислению широкого спектра субстратов. Эти характеристики в сочетании с обнаруженной стимуляцией активности КПО эффекторами различной природы свидетельствуют о ее активном участии в процессах защиты растений.

Благодарности и источники финансирования работы:

Исследование выполнено в рамках гос. задания № 1022040700974–4.

Список литературы:

1. Газарян И. Г., Хушпулъян Д. М., Тишков В. И. Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений // *Успехи биологической химии*. 2006. Т. 46. С. 303–322.
2. Soudek P. et al. Accumulation of heavy metals using *Sorghum* sp // *Chemosphere*. 2014. V. 104. P. 15–24.
3. Dubrovskaya E. V. et al. Dominant form of cationic peroxidase from sorghum roots // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2016. V. 63, №. 3. P. 359–371.
4. Дубровская Е. В., Шапошникова Т. С. Характеристика анионных внутриклеточных пероксидаз сорго веничного // *Материалы V Международной научно-практической конференции «Научное творчество XXI века»*. 2012. С. 432–435.
5. Щербакова Е. В., Галицкая А. А., Дубровская Е. В. Выделение и характеристика катионной пероксидазы сорго веничного // *Сборник научных статей по материалам III Международной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии»*. 2022. С. 130–131.

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАКАЛАВРОВ

УДК 579.26:574.23

### Анализ роли гибридной гистидинкиназы в регуляции механоответа бактерий рода *Azospirillum*

М. И. Апатьева<sup>1</sup>, И. В. Волохина<sup>2</sup>, Д. И. Мокеев<sup>2</sup>, А. А. Галицкая<sup>1</sup>, Л. П. Петрова<sup>2</sup>,  
А. В. Шелудько<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,  
г. Саратов, Россия  
marinaapatyeva@gmail.com

Ключевые слова: *Azospirillum*, механический стресс, подвижность, жгутики, гистидинкиназа.

Азоспириллы – это ризобактерии, изолированные из многих типов почв в разных географических местах, способствующие росту и развитию растений, живущие в ризосфере многих важных сельскохозяйственных культур. Азоспириллы подвижны, плавают при помощи полярного жгутика (Fla), а для движения при повышении плотности среды дополнительно синтезируют латеральные жгутики (Laf). Геном азоспирилл довольно велик, что подразумевает сложную многоступенчатую регуляцию активности генов в ответ на сигналы, поступающие из окружающей среды. Известно много клеточных процессов и функций, находящихся под контролем двухкомпонентных сенсорных систем (TCS) [1]. Ранее мы обнаружили, что инактивация гена CDS AZOBR\_150176 штамма *A. baldaniorum* Sp245, кодирующего мультисенсорную гибридную гистидинкиназу/регулятор ответа (HSHK-RR, hybrid sensor histidine kinase/response regulator), влияла на синтез латеральных жгутиков, размер клеток и их подвижность. [2]. Является ли регуляторная система с участием подобной HSHK-RR, контролирующей морфологию и подвижность клеток, родоспецифической, неизвестно. Целью данной работы явилась проверка данной гипотезы.

В работе использовали следующие штаммы бактерий: *A. baldaniorum* Sp245, *A. brasilense* SR80 (IBPPM 24), *A. thiophilum* Bv-S (IBPPM 509), *A. lipoferum* 59b (IBPPM 173), *A. brasilense* Cd, *A. melinis* TMCY 0552 (IBPPM 547), *A. brasilense* Sp7. Азоспириллы выращивали на малатно-солевой среде (MCC) [2] с добавлением NH<sub>4</sub>Cl (1 г/л) или без источника связанного азота при 28°C, кишечную палочку – при 37°C на среде LB. При необходимости в среды вносили канамицин (Km; 30–50 мкг/мл), тетрациклин (Tc; 25 мкг/мл). Подвижность бактерий в жидких культурах оценивали через 18 часов с использованием фазово-контрастной микроскопии. Через 24–72 часа измеряли диаметр колоний и скорость движения клеток. Анализ аэротаксиса проводили, как описано в работе [2].

В данной работе мы провели поиск генов, кодирующих HSHK-RR, в аннотированных геномах других представителей рода *Azospirillum* в доступных базах данных. В таблице представлены результаты поиска для штаммов *A. baldaniorum* Sp245, *A. brasilense* Sp7, Cd и SR80, *A. thiophilum* Bv-S, *A. lipoferum* 59b, *A. melinis* TMCY 0552. Идентичность нуклеотидных последовательностей, найденных HSHK-RR, составила 95 % для штаммов Cd, Sp7 и SR80 по сравнению с референсной последовательностью HSHK-RR штамма Sp245 (AZOBR\_150176), а в случае остальных штаммов этот показатель составил 80–83 %. Все обнаруженные гены, предположительно кодирующие HSHK-RR, расположены на хромосоме ниже по течению от гена *flhB*, кодирующего компонент системы секреции III типа,

обеспечивающий сборку Fla у Sp245 [2]. Двухкомпонентные сенсорные системы играют решающую роль в восприятии сигналов окружающей среды и реагировании на них. Гибридная гистидинкиназа штамма Sp245, кодируемая CDS AZOBR\_150176, содержит две предсказанных трансмембранных спирали в N-концевом районе, что предполагает ее локализацию в цитоплазматической мембране. В сенсорной части этой HSHK-RR найдены три PAS домена, которые могут воспринимать широкий спектр внутриклеточных и/или внеклеточных сигналов, включая небольшие молекулы, ионы, свет, кислород и редокс-потенциал.

**Таблица – Гомология гена HSHK-RR у разных штаммов *Azospirillum* с Sp245**

Штамм	Локализация гена	Совпадения	Пропуски
<i>A. brasilense</i> Cd	D9623_RS11165	2391/2526 (95%)	0/2526 (0%)
<i>A. brasilense</i> Sp7	AMK58_10030	2391/2526 (95%)	0/2526 (0%)
<i>A. thiophilum</i> Bv-S	AL072_RS10410	1905/2302 (83%)	48/2302 (2%)
<i>A. lipoferum</i> 59b	FZ942_RS09645	1846/2297 (80%)	66/2297 (2%)
<i>A. brasilense</i> SR80	D2T81_RS19910	2388/2526 (95%)	0/2526 (0%)
<i>A. melinis</i> TMCY 0552	J2849_000289	1695/2063 (82%)	44/2063 (2%)

Для сайт-направленного мутагенеза штаммов, представленных в таблице, использовали ранее созданную конструкцию pEX18Tc-*HSHKΔRR*-Km на основе AZOBR\_150176 штамма Sp245 [2]. В результате трехродительского скрещивания штаммов *E. coli* DH5a(pEX18Tc-*HSHKΔRR*-Km), *E. coli* K802(pRK2013) и *A. brasilense* Sp7, Cd мы отобрали устойчивые к канамицину, но чувствительные к тетрациклину производные последних. У полученных мутантов произошла замена локализованного в хромосоме гена *HSHK-RR* на последовательность AZOBR\_150176 (*HSHK-RR* из Sp245), содержащую ген устойчивости к канамицину [2]. Отобранные после мутагенеза клоны не отличались скоростью роста на жидких и агаризованных средах, сохраняли способность к синтезу полярного жгутика. Результаты исследования морфологии и подвижности клеток на примере мутанта Sp7-*HSHKΔRR*-Km показали, что, как и в случае мутанта Sp245-*HSHKΔRR*-Km, клетки были короче родительского штамма, имели нарушения аэротаксиса и подвижности в полужидких средах. Только 15 % клеток Sp245-*HSHKΔRR*-Km с агаризованных сред имели редкие или единичные Laf, а в случае мутанта Sp7-*HSHKΔRR*-Km – 45 %. Нарушение у мутантов аэротаксиса, наличие в популяциях Sp7-*HSHKΔRR*-Km и Sp245-*HSHKΔRR*-Km разного количества клеток, синтезирующих единичные Laf, может являться результатом пересечения HSHK-RR зависимого пути с другими путями передачи сигналов TCS [3].

Таким образом, сигнальная система с участием исследуемой нами HSHK-RR контролирует изменение морфологии клеток и их подвижность в ответ на механический стресс, обусловленный повышением плотности/вязкости среды (агаризованные среды), как минимум, у двух видов азоспирилл. Дальнейшее получение и исследование мутантов *A. brasilense* SR80, *A. thiophilum* Bv-S, *A. lipoferum* 59b и *A. melinis* TMCY 0552 необходимо для уточнения функциональной роли HSHK-RR и у этих штаммов/видов.

#### Список литературы:

1. Gao R., Stock A. M. Biological insights from structures of two-component proteins // Annual Review of Microbiology. 2009. V. 63. P. 133–54.
2. Shelud'ko A. et al. Chromosomal gene of hybrid multisensor histidine kinase is involved in motility regulation in the rhizobacterium *Azospirillum baldaniorum* Sp245 under mechanical and water stress // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2023. V. 39. P. 336.
3. Laub M. T., Goulian M. Specificity in two-component signal transduction pathways // Annual Review of Genetics. 2007. V. 41. P. 121–145.

**Микокомплекс плодов яблонь, выращиваемых в Саратовской области**

Д. А. Боровская, М. А. Боровская, А. М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
dianaborovskaya7@gmail.com

Ключевые слова: Саратовская область, плоды яблонь, плесневые грибы.

Яблоки являются неотъемлемой частью рациона человека. Это связано с высоким содержанием в них витаминов, антиоксидантов, пектинов. В пищевой промышленности из яблок производится большое количество продуктов: яблочные соки, сидр, повидло. Плоды яблонь также лежат в основе производства фруктовых пюре для детского питания. Высокая пищевая ценность яблок определяет их богатую микробиоту, основу которой составляют бактерии и дрожжи. Однако наряду с ними на поверхности плодов яблонь нередко присутствуют и плесневые грибы, которые являются продуцентами различных биологически активных веществ (антибиотиков, микотоксинов), которые служат причиной порчи плодов при хранении, вызывают аллергические реакции и микотоксикозы [1], поэтому регулярный контроль содержания плесневых грибов на яблоках является одной из актуальных задач фитосанитарного мониторинга.

Исследования проводились в 2022–2023 гг. в периоды сбора урожая. Материалом послужили плоды яблонь летнего сорта Мальт багаевский, осенних сортов Грушовка и Черный принц, зимних сортов Флорена и Симиренко из Вольского, Хвалынского и Энгельсского районов.

Фрагменты плодов яблонь с площадью экзокарпия 4 см<sup>2</sup> засеивали методом отпечатка на питательные среды PDA, Сабуро, Чапека, Барнесса. Культивирование проводили при температуре +28°C в течение 7–14 суток, после чего осуществляли количественный учет выросших колоний и их отсев для дальнейшего изучения. Идентификацию плесневых грибов проводили на основании изучения культуральных свойств и особенностей морфологии гиф и органов спороношения на разных этапах развития [2].

В ходе исследований с поверхности плодов яблонь было изолировано 85 штаммов плесневых грибов 15 видов (см. таблицу). Наибольшее видовое разнообразие было характерно для рода *Aspergillus*, по 2 представителя имели *Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor* и *Penicillium*. Количественные показатели содержания на поверхности яблок для большинства видов плесневых грибов составляли 1–5 КОЕ/см<sup>2</sup>. В редких случаях численность достигала 8–10 КОЕ/см<sup>2</sup> (*M. ramosissimus* и *P. chrysogenum* на Симиренко из Энгельсского района, *T. viride* на Черном принце из Хвалынского района).

Самый богатый видовой состав плесневых грибов был отмечен на яблоках сорта Симиренко (10 видов), самый бедный – на Мальте багаевском (2 вида плесневых грибов и дрожжи). Отмечено, что летний сорт Мальт багаевский имел не только самый бедный видовой состав плесневых грибов, но самые низкие количественные показатели их содержания на плодах. Вместе с тем, именно на этом сорте массово присутствовали дрожжи, которые не изолировались с плодов яблонь более поздних сроков созревания. На осенних яблоках наибольшую встречаемость (60–70 %) имели *A. flavus*, *P. chrysogenum*, *P. citrinum*. На сортах зимнего срока созревания уже многие виды плесневых грибов имели встречаемость, превышающую 60 %. На обоих зимних сортах встречаемость от 60 до 100 % имели *A. alternata* и *A. flavus*. На плодах Симиренко часто изолировались *P. citrinum* (70 %), на плодах Флорины – *Alternaria* sp. (80 %), *A. niger* (60 %), *C. herbarum* (100 %), *F. oxysporum* (100 %), *T. viride* (60 %).

Таблица – Особенности микокомплексов плодов яблонь, выращенных в Саратовской области

Таксоны грибов	Сорта яблок									
	зимние				осенние				летние	
	Симиренко		Флорина		Грушовка		Черный принц		Мальт багаевский	
	ИВ*, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>
<i>Alternaria alternata</i>	60	1–3	100	1–2	40	1	0	0	0	0
<i>Alternaria</i> sp.	0	0	80	1–2	40	1	0	0	0	0
<i>Aspergillus flavipes</i>	0	0	0	0	10	2	0	0	0	0
<i>A. flavus</i>	95	1–3	100	1–2	70	2	0	0	10	1–3
<i>A. niger</i>	0	0	60	1–2	0	0	10	1	0	0
<i>A. subramanianii</i>	0	0	0	0	40	1	0	0	0	0
<i>Cladosporium herbarum</i>	40	1	100	1–2	5	1	0	0	0	0
<i>Fusarium equiseti</i>	40	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>F. oxysporum</i>	40	1–2	100	1–2	0	0	0	0	10	1
<i>Mucor ramosissimus</i>	50	6–8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mucor</i> sp.	10	1	0	0	0	0	40	1–2	0	0
<i>Penicillium chrysogenum</i>	50	8–10	0	0	0	0	60	1–2	0	0
<i>P. citrinum</i>	70	1–4	0	0	30	1	60	1–2	0	0
<i>Rhizopus oryzae</i>	40	2–4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoderma viride</i>	0	0	60	2–5	0	0	10	6–8	0	0
Дрожжи	0	0	0	0	0	0	0	0	100	10–20
Всего видов	10		7		7		5		3	

Примечание. \*ИВ – индекс встречаемости.

В целом с поверхности яблок чаще всего изолировался *A. flavus*, который способен размножаться в условиях низкой активности воды и высоких температур. Данный вид является продуцентом афлатоксина. Попадая в организм человека в большом количестве, этот микотоксин вызывает афлатоксикоз [3]. Также наиболее часто встречаемыми оказались токсинообразующие грибы *A. alternata*, *F. oxysporum* и *P. citrinum*. Грибы вида *A. alternata* вырабатывают альтернариол и монометилловый эфир альтернариола, *F. oxysporum* – фумонизин, *P. citrinum* – цитринин [4]. При определенных условиях численность этих грибов на поверхности плодов может увеличиться, и тогда такие яблоки будут представлять угрозу для здоровья человека. Это говорит о необходимости регулярного мониторинга видового состава и численности плесневых грибов на поверхности плодов яблонь, выращиваемых в нашем регионе.

Список литературы:

1. Ефимочкина Н. Р. и др. Токсигенные свойства микроскопических грибов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 6–33.
2. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 486 с.
3. Rudramurthy Sh. M. et al. Invasive aspergillosis by *Aspergillus flavus*: epidemiology, diagnosis, antifungal resistance, and management // Journal of Fungi. 2019. V. 5, № 3. P. 43–55.
4. Li Y. et al. Occurrence and co-occurrence of mycotoxins in apple and apple products // Food Control. 2020. V. 118, № 12. P. 117–143.

**Микокомплекс винограда, выращиваемого в Саратовской области**

М. А. Боровская, Д. А. Боровская, А. М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный

университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

borovskayam0@gmail.com

Ключевые слова: Саратовская область, виноград, плесневые грибы.

Виноград представляет собой не только вкусную, но и полезную часть рациона каждого человека. Он является источником антиоксидантов, содержит множество витаминов, кальция, магний и калий. Виноград способствует поддержанию иммунной системы человека благодаря своим природным антимикробным свойствам [1]. Несмотря на то, что виноград оказывает благоприятное воздействие на организм человека, он также может быть источником отравления и аллергических реакций, что связано с наличием плесневых грибов на его поверхности. Некоторые из них продуцируют микотоксины, которые вызывают порчи как виноградной продукции, так и самих плодов винограда при хранении. Исходя из этого, необходимо постоянно проводить фитосанитарный мониторинг выращиваемого винограда. В Саратовской области виноград культивируется лишь в частных подсобных хозяйствах, откуда часть его поступает на рынок. Обсемененность этой продукции плесневыми грибами остается неизвестной, поэтому целью данной работы стало выявление микокомплекса винограда, выращиваемого в Саратовской области.

Исследования проводились в 2022–2023 гг. в периоды сбора урожая. Материалом послужили плоды винограда сортов Аркадия и Украинка, выращенных в с. Пудовкино; Изабелла, Лидия и Мускатный, выращенных в Энгельском районе; а также сорта Шахтер из Вольского района.

Образцы ягод винограда с площадью экзокарпия 4 см<sup>2</sup> засеивали методом отпечатка на питательные среды PDA, Сабуро, Чапека, Барнесса. Культивирование проводили при температуре +28°C в течение 7–14 суток, после чего осуществляли количественный учет выросших колоний и их отсев для дальнейшего изучения. Идентификацию плесневых грибов проводили на основании изучения культуральных свойств и особенностей морфологии гиф и органов спороношения на разных этапах развития [2].

В ходе исследований с поверхности плодов винограда было изолировано 74 штамма плесневых грибов 15 видов (см. таблицу). Наибольшее разнообразие (6 видов) было характерно для рода *Aspergillus*, роды *Cladosporium* и *Penicillium* были представлены 2 видами, остальные роды (*Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* и *Trichoderma*) имели по 1 представителю. Количественные показатели содержания на поверхности винограда для большинства видов плесневых грибов составляли 1–15 КОЕ/см<sup>2</sup>. В редких случаях численность достигала более 200 КОЕ/см<sup>2</sup> (*Aspergillus flavus* на Лидии, *Penicillium citrinum* на Мускатном, *Aspergillus flavus* на Шахтере).

Среди местного винограда высокая степень контаминации плесневыми грибами была характерна для винограда сорта Изабелла (11 видов), который считается устойчивым ко многим болезням и поэтому в период вегетации редко обрабатывается фунгицидами. Виноград сортов Лидия и Мускатный также не обрабатывался в течение сезона и, как следствие, показал не только большое видовое разнообразие грибов, но и высокие количественные показатели их содержания на ягодах. На винограде сорта Шахтер видовое разнообразие грибов было низким (1 вид плесневых грибов и дрожжи), но их количественное содержание на поверхности ягод было самым высоким из всех исследованных образцов. Низкое содержание плесневых грибов отмечено на сортах

Аркадия и Украинка.

Таблица – Особенности микокомплексов плодов винограда, выращенных в Саратовской области

Таксоны грибов	Аркадия		Украинка		Изабелла		Лидия		Мускатный		Шахтер	
	ИВ*, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	ИВ, %	КОЕ/см <sup>2</sup>
<i>Alternaria alternata</i>	20	1	0	0	100	20–38	20	1	40	2	0	0
<i>Aspergillus restrictus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. flavipes</i>	0	0	0	0	20	10	0	0	0	0	0	0
<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	60	4	100	210–219	0	0	100	1000
<i>A. nidulans</i>	0	0	0	0	20	2	0	0	0	0	0	0
<i>A. niger</i>	20	1	20	1	0	0	0	0	20	1	0	0
<i>A. terreus</i>	0	0	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	0	0	0	80	1–10	0	0	20	2	0	0
<i>C. herbarum</i>	0	0	60	1–3	5	1	100	12–17	0	0	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0	20	1	20	1	0	0	0	0
<i>Mucor racemosus</i>	0	0	0	0	40	3	0	0	20	1–4	0	0
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0	0	0	0	60	1–5	0	0	0	0	0	0
<i>P. citrinum</i>	0	0	40	2	40	2	60	9–23	60	194–205	0	0
<i>Rhizopus arrhizus</i>	20	1	0	0	20	11–23	20	2	20	3	0	0
<i>Trichoderma viride</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дрожжи	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1000
Всего видов	3		4		11		6		6		2	

Примечание. \*ИВ – индекс встречаемости.

Чаще всего на поверхности изученного винограда встречались *Alternaria alternata*, *Penicillium citrinum* и *Rhizopus arrhizus*, которые изолировались с 4 сортов из 6 изученных. *Alternaria alternata* часто встречается в почве и на сельскохозяйственных растениях. Данный вид является продуцентом альтернариола и монометилового эфира альтернариола. Попадая в организм человека, эти микотоксины проявляют мутагенный эффект, что негативно сказывается на здоровье человека, а также могут нарушать нормальное развитие плода [3]. *Penicillium citrinum* продуцирует цитринин, который оказывает нефротоксический и генотоксический эффект на людей и животных [4]. *Rhizopus arrhizus*, попадая в организм в больших количествах, может вызывать мукормикоз – инвазивное грибковое заболевание. Наиболее частым проявлением является тяжелая инфекция лицевых пазух, которая может распространяться на головной мозг [5].

В норме на плодах винограда в небольших количествах присутствуют плесневые грибы. Увеличение их численности может привести к проблемам со здоровьем разной степени тяжести. Поэтому необходимо проводить постоянный фитомониторинг плодов винограда, выращиваемых садоводами на территории Саратовской области.

Список литературы:

1. Елисеева Т., Тарантул А. Виноград (лат. *Vitis*) // Журнал здорового питания и диетологии. 2019. Т. 10, № 4. С. 14–17.
2. DeMers M. *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen // Microbiology. 2022. V. 168, № 3.

Р. 11–23.

3. Kamle M. et al. Citrinin mycotoxin contamination in food and feed: impact on agriculture, human health, and detection and management strategies // *Toxins*. 2022. V. 14, № 2. P. 85–93.

4. Hagel S. et al. Ventriculitis due to infection with *Rhizopus arrhizus* // *Medical Mycology Case Reports*. 2015. V. 10. P. 18–20.

УДК 579.64

## **Структура микобиоты клубней картофеля в период вегетации в Саратовской области**

*В. Е. Брызгун, А. М. Петерсон*

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
gun1002001@gmail.com

Ключевые слова: клубни картофеля, микобиота, Саратовская область.

Лидерами по сбору картофеля в России являются Татарстан и Брянская область. Посевные площади этой культуры в Саратовской области уступают данным регионам, тем не менее, саратовские аграрии обеспечивают рынок нашей области местным картофелем. Однако каждый год естественные потери урожая могут достигать 20 и более процентов [1]. Причиной чаще всего являются фитопатогенные грибы, поражающие растения в период вегетации и готовую продукцию в период хранения. Изучение микобиоты клубней картофеля во время вегетации является важной частью обнаружения и определения возможных патогенных грибов, а также потенциальных грибов-антагонистов для создания новых эффективных биопрепаратов для уменьшения потерь урожая. Целью работы было выделение и идентификация доминантных ризоплановых и эндофитных грибов клубней картофеля (*Solanum tuberosum* L., 1753), выращенного в условиях Саратовской области.

Пробы отбирались с третьей декады июня по вторую декаду июля в различных районах области: Аткарском, Балтайском, Балашовском, Лысогорском, Саратовском и Энгельском. Всего было исследовано 64 образца.

Микробиологические исследования клубней картофеля проводили в двух направлениях: посев отпечатком поверхности (5 см<sup>2</sup>) и посев внутренних тканей. При исследованиях внутренних тканей клубни предварительно механически очищали, обрабатывали «Белизной», содержащей гипохлорид натрия в концентрации не менее 3 %, тщательно промывали проточной водой, обрабатывали 70 % этанолом (5 минут), дважды промывали в стерильном физиологическом растворе [2]. После чего клубни разрезали в асептических условиях, вырезали фрагменты ткани, гомогенизировали их с физиологическим раствором и полученный гомогенизат засеивали на питательную среду. Во всех вариантах экспериментов использовали питательную среду PDA. Посевы культивировали при +28°C в течение 5 суток. Затем проводили количественный учёт выделенных штаммов и отсеивали чистых культур для дальнейшего изучения. Идентификацию доминирующих грибных изолятов проводили на основании анализа культуральных свойств, а также изучения морфологии мицелия гриба и органов спороношения на разных стадиях развития при помощи определителей [3].

В ходе исследования было выделено 65 штаммов грибов, которые в результате идентификации были отнесены к 10 видам грибов родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* и *Trichoderma* (см. таблицу). Микобиота ризопланов клубней была значительно богаче и включала 9 видов грибов.



Из внутренних тканей клубней было изолировано лишь 3 вида. Среди 10 видов, встречающихся на картофеле, только два (*Penicillium chrysogenum* и *Mucor ramosissimus*) встречались как на поверхности, так и во внутренней среде, что говорит об их высоких адаптивных возможностях.

В ризоплане клубней самыми часто встречающимися видами грибов являлись *Fusarium dimerum* и *Rhizopus stolonifera*, обнаруженные более чем в 45 % исследованных образцов. Однако их количественное содержание на поверхности клубней очень сильно варьировало (1–20 и 1–100 КОЕ/см<sup>2</sup> соответственно). Несмотря на большую распространенность на поверхности картофеля, данные виды не встречались во внутренних тканях. Высоких количественных показателей на поверхности клубней (100 КОЕ/см<sup>2</sup>) мог достигать и *P. chrysogenum*.

Таблица – Особенности микокомплекса клубней картофеля в условиях Саратовской области

Виды	Ризоплана клубней		Внутренние ткани клубней	
	Индекс встречаемости, %	КОЕ/см <sup>2</sup>	Индекс встречаемости, %	КОЕ/г
<i>Alternaria carotiincultae</i>	8.6	2 – 10	0	0
<i>Aspergillus flavipes</i>	5.7	5 – 10	0	0
<i>A. niger</i>	20.0	3 – 20	0	0
<i>Aureobasidium pullulans</i>	0	0	2.9	100
<i>Fusarium dimerum</i>	45.7	1 – 20	0	0
<i>Mucor ramosissimus</i>	25.7	2 – 20	2.9	100
<i>Penicillium janthinellum</i>	5.7	3	0	0
<i>P. chrysogenum</i>	11.4	5 – 100	11.4	100
<i>Rhizopus stolonifer</i>	45.7	1 – 100	0	0
<i>Trichoderma harzianum</i>	5.7	5 – 10	0	0

Наиболее часто встречающимся (11,4 %) эндофитом оказался *P. chrysogenum*. *Aureobasidium pullulans* выделялся исключительно из внутренних тканей клубня картофеля. Все эндофитные грибы выделялись в достаточно высокой концентрации (100 КОЕ/г).

Из выделенных видов грибов *A. niger*, *A. carotiincultae*, *A. flavipes*, *F. dimerum* и *R. stolonifer* способны вызывать различные поражения клубней картофеля [4]. Все эти виды присутствовали только в ризоплане клубней и не проникали во внутренние ткани. Вместе с тем, в ризоплане части клубней присутствовал *Trichoderma harzianum*, который используется во многих биопрепаратах для борьбы с болезнями растений [5].

Список литературы:

1. Зейрук В. Н. и др. Пути оптимизации хранения картофеля // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2023. Т. 44, № 49. С. 27–34.
2. Белосохов А. Ф. и др. Микобиота клубней картофеля // Микология и фитопатология. 2023. Т. 57, № 2. С. 123–133.
3. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 486 с.
4. Щелково Агрохим // URL: <https://betaren.ru/harmful/bolezni/bolezni-kartofelya> (дата обращения: 20.02.2024).
5. Mukhopadhyay R., Kumar D. *Trichoderma*: a beneficial antifungal agent and insights into its mechanism of biocontrol potential // Biological Pest Control. 2020. № 30. P. 133.

**Методика изучения раннего онтогенеза птиц  
в олимпиадной подготовке школьников по биологии**

*К. А. Ганина<sup>1</sup>, Т. В. Перевозникова<sup>1, 2</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, г. Саратов, Россия

Ключевые слова: олимпиады по биологии, онтогенез, олимпиадная подготовка.

Для успешного выполнения заданий олимпиад по биологии не всегда достаточно базового уровня подготовки обучающихся. Необходима профильная и системная олимпиадная подготовка по предмету. Анализ содержания заданий олимпиад первого уровня показывает, что их сложность выходит за рамки требований Кодификатора проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы общего образования, на основе которого разрабатываются задания Государственной итоговой аттестации по биологии. Из этого следует, что при обучении биологии в образовательных учреждениях должна действовать система работы с одаренными, мотивированными на углубленное изучение предмета, школьниками, включающая олимпиадную подготовку. Система олимпиадной подготовки, в которой участвуют не только общеобразовательные школы г. Саратова и Саратовской области, но и вузы, описывалась ранее [1]. В данной работе рассматривается тематический подход, на основе которого может строиться подготовка школьников к участию в олимпиадах по биологии. В его основу положено углубленное погружение школьников в отдельные сложные разделы и темы биологии, а результатом обучения становится повышение уровня усвоения знаний.

Педагог–исследователь В.П. Беспалько определил уровень усвоения знаний как меру способности обучающихся выполнять целенаправленные действия для решения определенного класса задач, связанных с использованием объекта изучения [2]. Он выделил пять уровней усвоения знаний (3 репродуктивных – понимание, узнавание, воспроизведение, а также 2 продуктивных – применение и творчество). На двух наивысших продуктивных уровнях усвоения знаний обучающийся достигает умения применять знания в новых, нестандартных ситуациях и при решении нетиповых задач, к числу которых и относятся олимпиадные задания. На олимпиаде школьник с помощью имеющихся знаний должен осмыслить и преобразовывать исходные условия задачи так, чтобы не только применить типовые подходы к ее решению, но и творчески преобразовать их в построении ответа. В.П. Беспалько также ввел в педагогические исследования коэффициент усвоения знаний:  $K = n/a$ , где  $a$  – количество правильно выполненных заданий;  $n$  – количество всех заданий. Усвоение знаний считается достигнутым, если  $K \geq 0,7$ , значение  $K$  от 0,7 до 0,8 показывает репродуктивный уровень знаний, от 0,81 до 0,9 – средний продуктивный уровень усвоения знаний, а от 0,91 до 1,0 – высокий продуктивный уровень усвоения знаний. Данные значения  $K$  можно использовать и для оценки уровня усвоения знаний по отдельным темам биологии, необходимых школьнику для решения заданий повышенного, олимпиадного уровня сложности. Коэффициент усвоения учебного материала группой обучающихся – среднее арифметическое коэффициентов усвоения материала каждым учеником.

Описанная выше методология педагогического исследования была применена к одной из сложных тем школьного курса биологии «Индивидуальное развитие организмов. Размножение и развитие птиц». В школьной программе данная тема рассматривается на протяжении всего курса биологии, так как она посвящена

ключевому свойству живого – способности к размножению и развитию. В виде самостоятельного раздела она фигурирует в разных линиях учебно–методических комплексов в курсе общей биологии 9 класса, а также 10 и 11 классов. Онтогенезу птиц посвящена тема «Размножение и развитие птиц» в курсе «Биология. Животные. 7 класс», где рассматривается при изучении раздела «Класс Птицы».

Базой педагогического исследования стал «Региональный центр выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи Саратовской области «Галактика 64», который был открыт в 2023 году в рамках федерального проекта «Успех каждого ребенка» и Национального проекта «Образование». В работе этого центра есть Программа по биологии для обучающихся 9–10 классов «Генетика и клеточная биология (Генетика, цитология, гистология, биология индивидуального развития)». Она включает анализ заданий теоретического и практического туров Всероссийской олимпиады школьников, а тема «Индивидуальное развитие организмов» в ее структуре занимает важное место, и поэтому требует использования новейших методических разработок в обучении.

В этой связи была выдвинута цель данной работы – изучить уровень сформированности знаний школьников по теме «Индивидуальное развитие организмов. Размножение и развитие птиц» и их готовность к олимпиадам по биологии первого уровня. На основе банка заданий олимпиад первого уровня были разработаны контрольно–измерительные материалы (КИМ) для выявления уровня усвоения тематических знаний. На констатирующем этапе педагогического исследования КИМ были применены в группе обучающихся пяти школ г. Саратова для выявления «входного» уровня их готовности к выполнению заданий повышенного уровня сложности. Анализ предварительной диагностики показал, что средний К в группе школьников оказался равен 0,59, что ниже достаточного уровня усвоения знаний по этой теме. Несмотря на то, что трое участников имели значения К выше 0,91, значительная часть старшеклассников не справилась с большинством из предложенных заданий по теме «Индивидуальное развитие организмов. Размножение и развитие птиц», что свидетельствует о наличии у обучающихся тематических дефицитов, которые определяют необходимость повторения указанной темы в рамках олимпиадной подготовки.

С учетом типа заданий, вызвавших наибольшие затруднения у школьников, на формирующем этапе были разработаны и реализованы занятия по тематическому блоку «Индивидуальное развитие организмов. Размножение и развитие птиц» (6 часов) для целей подготовки обучающихся к практической и теоретической части олимпиады по биологии. В ходе занятий использовались не только словесные и наглядные методы обучения, которые позволили вспомнить и углубить материал по данной теме, а применялись и практические методы обучения, в числе которых и микроскопирование эмбриологических препаратов, и анатомирование яйца курицы с приготовлением тотального препарата зародышевого диска, практическое изучение яйцевых оболочек и их строения. Рассматривались экспонаты оологической коллекции зоологического музея СГУ имени Н.Г. Чернышевского, позволяющие рассмотреть разнообразие яиц птиц. Проводился также разбор сложных олимпиадных заданий по данной теме. В связи с этим, на формирующем этапе педагогического исследования были разработаны методические рекомендации по подготовке школьников к теоретическому и практическому турам олимпиад первого уровня по теме «Индивидуальное развитие организмов. Размножение и развитие птиц», а также конспекты занятий. На заключительном этапе работы повторно был проведен тематический контроль, который показал средний К, равный 0,82. Коэффициент усвоения знаний увеличился за счет роста К у тех ребят, которые в ходе предварительной диагностики показали низкий

уровень готовности к теоретическому и практическому туру олимпиад первого уровня по обозначенной теме.

Таким образом, создание в Саратовской области регионального центра «Галактика 64» и профильных образовательных программ по биологии позволяет углубить получаемые в школьном курсе биологии тематические знания, проиллюстрировать теоретические материалы практическими методами, требующими специального оборудования. Это не только выводит знания школьников на их продуктивные уровни, но и формирует способность творчески их использовать в ходе решения олимпиадных заданий, в том числе и практических.

Список литературы:

1. Перевозникова Т. В. и др. Организация проектно-исследовательской деятельности по экологии для достижения целей Всероссийской олимпиады школьников // Педагогическое взаимодействие: возможности и перспективы. Материалы IV международной научно-практической конференции. Саратов, 2022. С. 232–244.

2. Шентурк С. С. Об уровне усвоения учебного материала. Теория и практика современной науки // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-urovne-usvoeniya-uchebnogo-materiala> (дата обращения: 06.02.2024).

УДК 561.32

### **Мохообразные долины реки Чусовой в пределах природного парка «Река Чусовая»**

*Е. Ш. Гарифулин*

Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт, филиал  
Российского государственного профессионально-педагогического университета,  
г. Нижний Тагил, Россия  
[garifulin.egor@mail.ru](mailto:garifulin.egor@mail.ru)

Ключевые слова: мохообразные, река Чусовая, флора.

Река Чусовая с давних времен привлекала внимание исследователей разнообразием своей флоры, которая здесь сформировалась благодаря неоднородности ландшафтов. Вместе с тем, бриофлора изучена слабо на отдельных участках реки. Среди всех мохообразных хуже всего изучены печеночники, поэтому целью данного исследования является составление перечня видов мохообразных, встречающихся в границах природного парка «Река Чусовая». Ранее в среднем течении реки Чусовой от деревни Сулем до деревни Верхняя Ослянка мохообразные изучала Н. И. Ситникова [1]. А. П. Дьяченко изучил разнообразие мхов скальных обнажений без учета лесных, луговых и болотных видов [2]. А. Г. Безгодовым было изучено видовое многообразие мохообразных для участка реки в пределах Пермского края и Свердловской области, но значительно ниже территории природного парка, где мы проводили свое исследование [3]. Река Чусовая пересекает Уральский хребет в самой низкогорной его части. Ее долина заложена в толщах осадочных пород начала и середины палеозоя. Рельеф местности включает в себя низкие холмы, русло реки, обнажения горных пород по обрывистым берегам, и более или менее равнинные участки. Коренная растительность представлена южнотаежными пихтово-еловыми и елово-пихтовыми лесами с несомкнутым моховым покровом, травяно-кустарничковыми и травными, с участием неморальных видов. Большую площадь занимают вторичные березовые и осиновые травные леса, и сельскохозяйственные земли на месте темнохвойных лесов [4].

В данной работе представлен список мохообразных, отмеченных на территории природного парка «Река Чусовая». Основным пособием для определения видов мхов была «Флора мхов средней части европейской России» [5].

1. *Abietinella abietina* (Hedw.) M.Fleisch
2. *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. & Taylor
3. *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr.
4. *Arnellia fennica* (Gottsche) Lindb.
5. *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.
6. *Blepharostoma trichophyllum* (L.) Dumort
7. *Brachytheciastrum* sp Ignatov & Huttunen
8. *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen
9. *Brachythecium rotaeanum* De Not.
10. *Brachythecium albicans* (Hedw.) Schimp.
11. *Brachythecium rivulare* Schimp.
12. *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al.
13. *Bryum caespiticium* Hedw.
14. *Callicladium haldanianum* (Grev.) H.A.Crum
15. *Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedenäs
16. *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske
17. *Chiloscyphus minor* (Nees) J.J. Engel et R.M. Schust.
18. *Cirriphyllum piliferum* (Hedw.) Grout
19. *Chiloscyphus pallescens* (Ehrh. ex Hoffm.) Dumort.
20. *Climacium dendroides* (Hedw.) F.Weber & D.Mohr
21. *Conocephalum* sp.
22. *Conocephalum conicum* (L.) Underw.
23. *Cynodontium* sp.
24. *Cyrtomnium hymenophylloides* (Huebener) T.J.Kop.
25. *Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp.
26. *Dicranaceae* Schimp.
27. *Dicranum fuscescens* Turner
28. *Dicranum montanum* Hedw.
29. *Dicranum majus* Turner
30. *Dicranum polysetum* Sw.
31. *Dicranum scoparium* Hedw.
32. *Distichium capillaceum* (Hedw.) Bruch et al.
33. *Didymodon fallax* (Hedw.) R.H.Zander
34. *Didymodon* sp.
35. *Encalypta procera* Bruch
36. *Encalypta* sp.
37. *Hedwigia ciliata* (Hedw.) P.Beauv.
38. *Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn.
39. *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.
40. *Hypnum cupressiforme* Hedw.
41. *Leucodon sciurooides* (Hedw.) Schwägr.
42. *Lophocolea heterophylla* (Schrad.) Dumort.
43. *Marchantia polymorpha* auct., non L.
44. *Marchantia* sp.
45. *Mniaceae* Schwägr
46. *Neckera besseri* (Lobarz.) Jur.
47. *Neckera complanata* (Hedw.) Huebener
48. *Neckera pennata* Hedw.
49. *Orthothecium intricatum*
50. *Orthotrichum speciosum* Nees
51. *Orthotrichum anomalum* Hedw.
52. *Paraleucobryum longifolium* (Hedw.) Loeske
53. *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J.Kop.
54. *Plagiomnium elatum* (Bruch et al.) T.J.Kop.
55. *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T.J.Kop.
56. *Plagiomnium medium* (Bruch & Schimp.) T.J. Kop.
57. *Plagiomnium rostratum* (Schrad.) T.J.Kop.
58. *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.
59. *Pogonatum urnigerum* (Hedw.) P.Beauv.
60. *Pohlia cruda* (Hedw.) Lindb.
61. *Pohlia wohlenbergii* (F.Weber & D.Mohr) A.L.Andrews
62. *Polytrichum commune* Hedw
63. *Polytrichum juniperinum* Hedw.
64. *Pseudoleskeella tectorum* (Funck ex Brid.) Kindb. ex Broth.
65. *Pseudobryum cinclidioides* (Huebener) T.J.Kop.
66. *Ptilidium pulcherrimum* (Weber) Vain.
67. *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.
68. *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Bruch et al.
69. *Rhizomnium* sp.
70. *Rhizomnium pseudopunctatum* (Bruch & Schimp.) T.J.Kop
71. *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T.J.Kop.
72. *Rhytidiadelphus subpinnatus* (Lindb.) T.J.Kop.
73. *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.
74. *Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb.,
75. *Rhodobryum ontariense* (Kindb.) Kindb.
76. *Riccia fluitans* L.
77. *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske
78. *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch et al.
79. *Sciuro-hypnum plumosum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen
80. *Serpoleskea* sp (Limpr.) Loeske
81. *Serpoleskea subtilis* (Hedw.) Loeske
82. *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.
83. *Sphagnum warnstorffii* Russow
84. *Splachnum rubrum* Hedw
85. *Stereodon vaucheri* (Lesq.) Lindb. ex Broth.
86. *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F.Weber & D.Mohr
87. *Thuidium delicatulum* (Hedw.) Bruch et al.
88. *Thuidium recognitum* (Hedw.) Lind

Благодарности и источники финансирования работы:

За помощь в определении видов мохообразных выражаем благодарность ведущему инженеру Камского научно-исследовательского института комплексных исследований глубоких и сверхглубоких скважин Андрею Геннадьевичу Безгодову и научному сотруднику Института экологии растений и животных Ольге Васильевне Ерохиной за предоставленные образцы.

Список литературы:

1. Ситникова Н. И. О мхах притагильского Урала // Флора и растительность Урала. 1976. С. 52–69.
2. Дьяченко А. П. Мхи береговых обнажений реки Чусовой // Экологические исследования на Урале. Екатеринбург: Уральский государственный университет, 1997. С. 28–44.
3. Безгодов А. Г., Печенкина К. О., Щипанова Е. А. Материал к бриофлоре долины Чусовой (Средний Урал) // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. 2019. С. 4–33.
4. Горчаковский П. Л., Шурова Е. А., Князев М. С. Определитель сосудистых растений Среднего Урала. М.: Наука, 1994. С. 9–10.
5. Игнатов М. С, Игнатова Е. А. Флора мхов средней полосы европейской России. М.: КМК, 2004. 944 с.

УДК 577.1

**Оценка количественных показателей целлюлозоразлагающих бактерий,  
выделенных из почв г. Балаково**

*Д. М. Голубев, Д. Д. Нестеркина, Е. В. Глинская*

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
dimagolubev2018@yandex.ru

Ключевые слова: почва, целлюлозоразлагающие бактерии, антропогенное влияние.

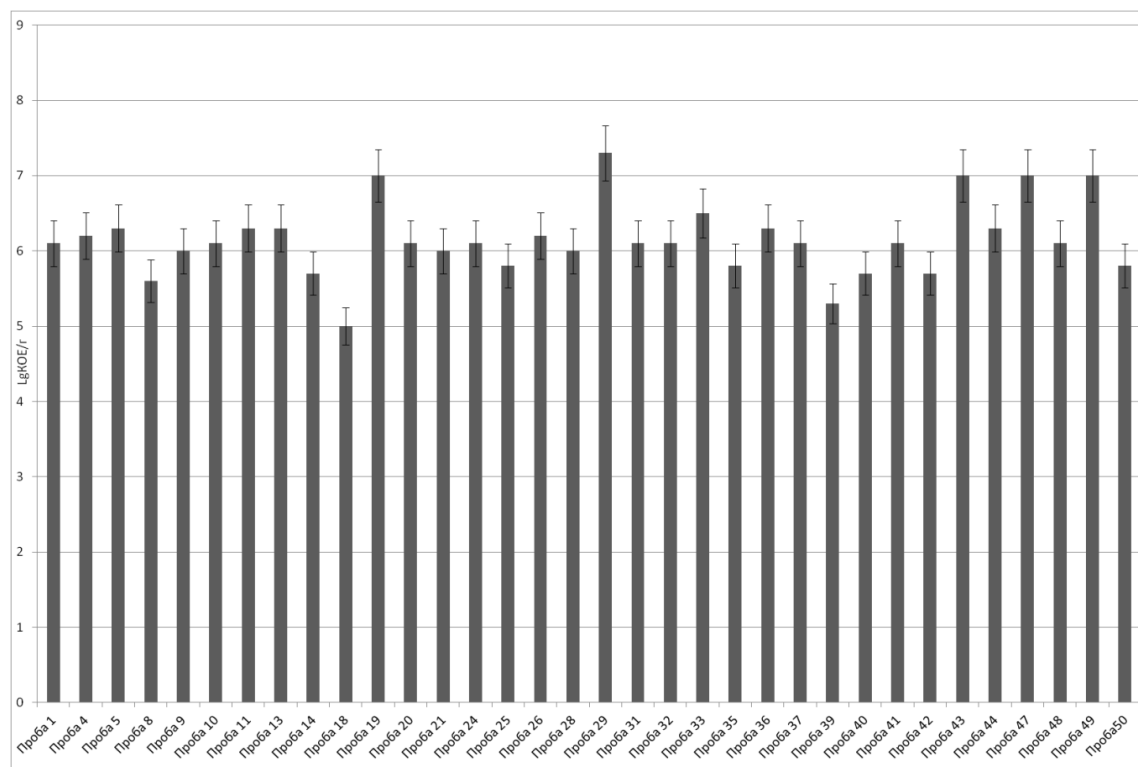
Почва представляет собой один из ключевых и уязвимых природных ресурсов на планете. С развитием цивилизации влияние человека на почвенные ресурсы увеличивается [1]. Антропогенные факторы зачастую негативно влияют на физико-химические показатели почвы, что может привести к нарушению ее состава и структуры. Такие изменения отражаются на биоразнообразии и численности микроорганизмов, которые играют ключевую роль в почвенной экосистеме, участвуя в разложении органических соединений, циркуляции минеральных веществ, и других процессах. Изменение количественного состава микрофлоры почвы может привести к нарушению её функционирования, поэтому крайне важно проводить микробиологический мониторинг подвергшихся антропогенному влиянию почв. Важным объектом скрининга являются целлюлозоразлагающие бактерии, осуществляющие крупнейший деструкционный процесс в биосферном круговороте углерода [2].

Целью исследования являлся анализ количественных показателей целлюлозоразлагающих микроорганизмов почв г. Балаково.

Балаково – это крупный промышленный центр, расположенный в Саратовской области. Этот город занимает важное место на карте России благодаря своему развитому промышленному комплексу, который оказывает значительное влияние на экономику региона [3]. Балаково представляет собой интересный полигон для проведения микробиологических исследований почв и грунтов. Объектом исследования стали почвы, собранные в черте г. Балаково в летний период 2023 г. Всего было отобрано и исследовано 34 почвенные пробы.

Для выделения целлюлозоразлагающих микроорганизмов применяли метод последовательного разведения и высева на агаризованную питательную среду Гетчинсона-Клейтона с целлюлозой [4]. Посевы инкубировали в термостате при температуре +28°C в течение 2–4 суток.

Анализ полученных результатов показал, что в почвенных пробах г. Балаково численность бактерий-целлюлозодеструкторов варьировала от 5,0 до 7,3 lgКОЕ/г (см. рисунок).



**Рисунок – Количественные показатели целлюлозоразлагающих микроорганизмов в почвенных пробах г. Балаково**

Максимальная численность целлюлозоразлагающих бактерий была зафиксирована в пробе, отобранной на территории парка на ул. Проспект Героев (проба 29). Проба, взятая с территории зеленой зоны между дачами и кладбищем, характеризовались самой низкой численностью целлюлозоразлагающих бактерий (проба 18).

Результаты исследований показали, что чистота почв и степень антропогенного воздействия влияют на численность целлюлозоразлагающих бактерий – повышают и понижают их количественные показатели соответственно.

Список литературы:

1. Jansson J. K., Hofmockel K. S. Soil microbiomes and climate change // *Nature Reviews Microbiology*. 2020. V. 18, №. 1. P. 35–46.
2. Rubén L-M. et al. Cellulose and hemicellulose decomposition by forest soil bacteria proceeds by the action of structurally variable enzymatic systems // *Scientific reports*. 2016. V. 6, №. 1. P. 252–279.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды на территории деятельности Саратовского ЦГМС – филиала ФГБУ «Приволжское УГМС» за 2022 г. Саратов: Саратовский ЦГМС, 2023. 80 с.
4. Ivanova T. I., Kuzmina N. P., Chevychelov A. P. The number of microorganisms and the microbiological activity of human-modified cryogenic pale soils of Yakutia // *Eurasian Soil Science*. 2008. V. 41. P. 1213–1220.

**Сортовые особенности формирования элементов продуктивности колоса  
*Triticum durum* Desf.**

*А. А. Гребенкина, Э. Г. Хачатуров, В. В. Коробко*  
Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
griebionkina02@mail.ru

Ключевые слова: *Triticum durum* Desf., структурный анализ продуктивности, элементы продуктивности колоса.

Для любой агроклиматической зоны характерен определенный уровень выраженности элементов структуры урожайности пшеницы и, при наличии общих тенденций в формировании продуктивности в том или ином регионе, всегда имеет место сортоспецифичность [1, 2].

Объектами исследования служили растения 14 сортов яровой твердой пшеницы, созданные сотрудниками лаборатории твердой пшеницы ФГБУ «ФАНЦ Юго-Востока»; из них три сорта – Крассар, Лилёк, Николаша – совместно с ГНУ Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Культивирование растений осуществлялось в полевых условиях в 2020, 2021 и 2023 гг. Отбор проб проведен в конце вегетационного периода, объем выборки – по 30 растений каждого сорта.

В условиях 2023 г. количество колосков в колосе изученных сортов составило 29–35 шт (см. таблицу). При этом количество неозернённых колосков – 1–2 шт. (степень варьирования признака у изученных сортов значительная – 36 %); корреляция между общим количеством и количеством неозернённых колосков – очень слабая (коэффициент корреляции 0,2). Наибольшее количество неозернённых колосков, выраженное в процентах от общего количества колосков, выявлено у сортов Лилёк (7 % от общего количества), Саратовская 59, Николаша, Луч 25 (по 6 % от общего количества). Сравнительный анализ данных, полученных в 2020, 2021 и 2023 гг., показал, что условия 2023 г. оказали положительное влияние на некоторые количественные показатели структурной организации колоса, в частности на количество колосков в колосе. Минимальным количеством колосков в колосе в 2020, 2021, 2023 гг. характеризуется сорт Елизаветинская. В исследуемый период у всех изученных сортов анализируемый показатель варьирует в значительной степени (коэффициент варьирования от 22–24 % у сортов Лилёк и Саратовская 40, до 40 % у сорта Аннушка).

Количество неозернённых колосков в 2023 г. значительно ниже, чем в предыдущий период исследования. Исключение составил сорт Саратовская 59, колос которого в 2020 г. содержал на 12 % больше неозарённых колосков от общего количества по сравнению с данными 2023 г., а в 2021 – на 2 % меньше. Выявлен сорт, характеризующийся большей по сравнению с другими сортами стабильностью анализируемого показателя организации колоса. У растений сорта Золотая волна в период 2020, 2021, 2023 гг. доля неозернённых колосков в колосе варьирует в средней степени (коэффициент варьирования  $C_v=13\%$ ), тогда как количество неозарённых колосков, выраженное в процентах от общего количества, у растений других сортов значительно варьирует.

Отметим, что если в условиях 2021 г. у ряда сортов встречались растения с полностью неозернённым колосом; их количество составило 3–7 % у сортов Аннушка, Валентина, НИК, Саратовская 40, Саратовская 57, то в 2020 и 2023 гг. растений с неозернённым колосом не выявлено.



**Таблица – Данные структурного анализа продуктивности колоса твердой пшеницы  
сортов саратовской селекции (2023 г.)**

Сорт	Количество колосков, шт.	Количество озерненных колосков, шт.	Количество зерновок в колосе, шт.	Масса зерновок в колосе, г	Масса 1000 зерновок, г
Саратовская 40	31±2 <sup>в</sup>	30±2	42±3	2,0±0,1	49±3
Саратовская 57	33±2	32±2	44±3 <sup>а</sup>	2,1±0,2	47±3
Саратовская 59	32±2	30±3	42±5	2,0±0,3	49±4
Саратовская золотистая	33±2	32±2	43±3	2,1±0,2	47±3
Людмила	32±2	31±2	39±4 <sup>б,в</sup>	1,9±0,3	50±3
Валентина	31±2 <sup>г</sup>	30±2	40±4 <sup>г</sup>	2,0±0,2	50±3
НИК	35±2 <sup>д,е</sup>	34±2 <sup>а,б</sup>	48±4 <sup>б,д</sup>	2,3±0,3	47±3
Елизаветинская	29±2 <sup>б,д,ж</sup>	28±2 <sup>б,в,г</sup>	37±3 <sup>а,д,е,ж,з,и,к</sup>	1,8±0,2 <sup>а</sup>	48±4
Золотая волна	32±3	31±3	46±5 <sup>к</sup>	2,1±0,3	44±3 <sup>а</sup>
Аннушка	32±2	31±2	44±3 <sup>е</sup>	2,0±0,2	45±3
Крассар	34±2 <sup>ж</sup>	33±2 <sup>в</sup>	44±3 <sup>ж</sup>	2,3±0,2 <sup>а</sup>	51±3 <sup>а</sup>
Лилек	30±2 <sup>а,е</sup>	28±2 <sup>а</sup>	42±4	2,0±0,3	47±4
Николаша	35±1 <sup>а,б,в,г</sup>	33±2 <sup>г</sup>	49±4 <sup>в,г,з</sup>	2,3±0,3	47±3
Луч 25	34±2	32±2	45±4 <sup>и</sup>	2,2±0,3	48±4
Cv, %	6	6	8	7	4

Примечание: <sup>а,б,в</sup> – различия между сортами достоверны при  $p \leq 0,05$ .

В условиях 2023 г. масса 1000 зерновок у изученных сортов варьирует незначительно ( $C_v=4\%$ ) и составляет от 44–45 г у сортов Золотая волна и Аннушка до 50–51 г у сортов Людмила, Валентина и Крассар. Несмотря на незначительные различия по массе одной зерновки (от  $0,044 \pm 0,003$  г до  $0,054 \pm 0,03$  г) и коэффициент варьирования 4%, ряд сортов характеризуются максимальным значением массы зерновок в колосе, что обусловлено большим по сравнению с другими сортами количеством зерновок в колосе. К таким сортам относятся Николаша и Ник, в колосе которых насчитывается  $48 \pm 4$  и  $49 \pm 4$  зерновок соответственно, а их совокупная масса в колосе составляет  $2,3 \pm 0,3$  г. Минимальными значениями анализируемых показателей характеризуется сорт Елизаветинская, в колосе которой в 2023 г. насчитывалось  $37 \pm 3$  зерновок общей массой  $1,8 \pm 0,2$  г.

Количество зерновок в колосе за весь период исследования варьирует незначительно у растений сорта Людмила ( $C_v=8\%$ ), в средней степени – у растений сортов Лилёк, Золотая волна, Валентина (коэффициент варьирования 18–20 %) и значительно – у других изученных сортов твердой пшеницы. Сравнительный анализ данных, полученных в период исследования, показал, что минимальное количество зерновок в колосе отмечено в условиях 2021 г. (минимальным среди изученных сортов значением данного параметра –  $22 \pm 3$  шт. характеризуется сорт Аннушка, максимальным –  $33$ – $34$  шт. сорта Людмила и Золотая волна. Данный показатель в условиях 2020 г. варьировал от  $35 \pm 4$  шт. (сорт Саратовская 57) до  $48 \pm 6$  шт. (сорт Аннушка).

Полученные сведения могут быть использованы в селекционной работе для определения характеристики сорта, мониторинга состояния растений и целенаправленного воздействия на формирование определенных компонентов структуры урожая.

Список литературы:

- Беленков А. И., Зеленёв А. В., Амантаев Б. О. Приёмы биологизации в севооборотах Нижнего Поволжья // Земледелие. 2014. № 1. С.23–26.
- Коробко В. В., Кузьмина А. В. Структурный анализ продуктивности твердой яровой пшеницы инорайонной селекции по элементам урожая // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья. Саратов, 2010. С. 75–78.

## Строение древесины однолетнего побега *Rhus typhina* L.

Н. Н. Гусейнова, В. В. Коробко

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

Ключевые слова: *Rhus typhina* L., древесина, анатомия сумаха.

Сумах оленерогий (*Rhus typhina* L.) – кустарник или маленькое деревце родом из Северной Америки, обычно 1,5–2 метра в высоту. Относится к семейству Анакардиевые, или Сумаховые (Anacardiaceae), является засухоустойчивым и светолюбивым растением. Неприхотливость к почвенно-климатическим условиям, высокая зимостойкость обуславливает активное использование данного растения для озеленения в городских условиях. Несмотря на широкое применение вида в озеленении, медицине, кулинарии, сведения об анатомической организации стебля представителей рода Сумах фрагментарны: некоторые исследователи изучали строение покровной ткани [1–2], древесины [2] отдельных представителей рода.

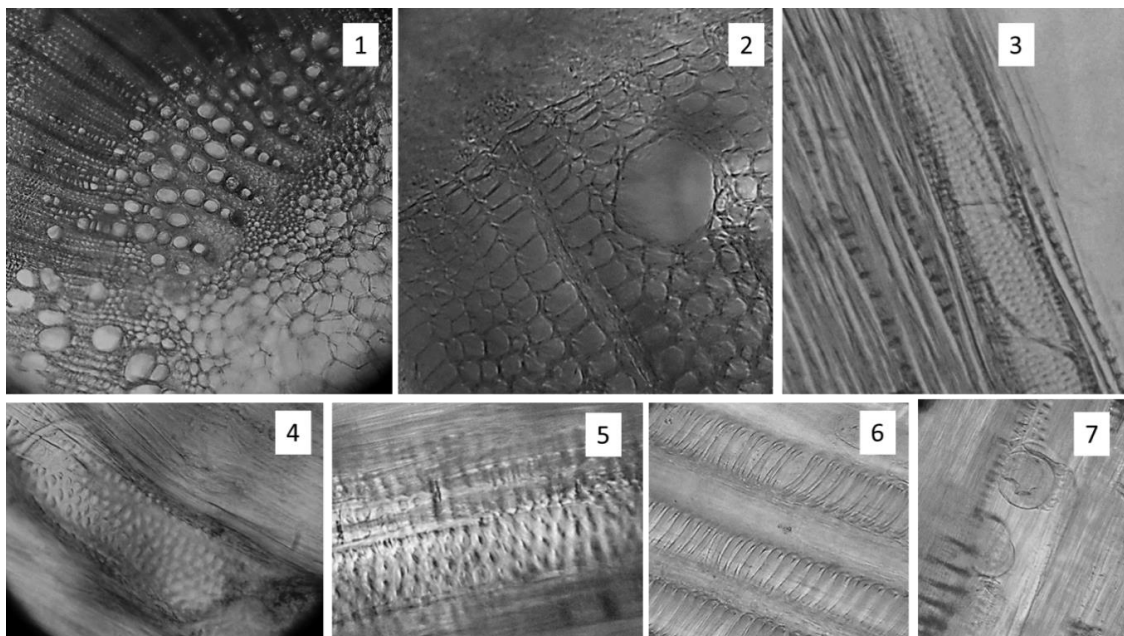
Отбор проб проводился на территории г. Энгельса в июне-июле 2023 г. Изучение анатомической организации однолетнего побега проведено на серии временных препаратов продольных и поперечных срезов междоузлий, полученных при помощи ручного микротомы. Использован гистохимический метод для идентификации клеток тканей. Окраску тканей на лигнин проводили 0,5 % флороглюцином: срезы обрабатывали раствором флороглюцина в смеси спирта и дистиллированной воды (1:1) в течение 1–2 минут, затем воздействовали концентрированной соляной кислотой. Фотографии получены при помощи цифровой камеры–окуляра SCIENTIFICCAMERA 5.1 MP Artinacolor CMOS для микроскопа Tension, Биомед 6 тринокулярный.

На поперечном срезе формирующегося стебля первичного строения четко выделяются проводящие пучки. По мере вторичного роста, формируется сплошной цилиндр проводящих тканей. Первичная ксилема представлена сосудами со спиральным утолщением клеточных стенок, расположенными радиальными рядами (см. рисунок). На поперечном срезе очертания просветов сосудов округлые, незначительно вытянутые в радиальном направлении. Диаметр сосудов составляет от 21 до 42 мкм ( $31 \pm 5$  мкм). Паренхима первичной ксилемы вазоцентричная паратрахеальная – расположена вокруг сосудов; толщина паренхимного продольного тяжа, состоящего из 3–6 клеток, составляет от 170 до 227 мкм ( $203 \pm 12$  мкм).

Вторичная ксилема кольцесосудистая (см. рисунок). Большой объем древесины составляют древесинные волокна, расположенные правильными радиальными рядами, диаметр которых варьирует от 7 до 18 мкм, а длина от 217 до 270 мкм. Крупные сосуды на поперечном срезе имеют угловатые очертания, располагаются группами по 1–3 шт. На радиальном срезе различимы членники сосудов длиной от 106 мкм до 180 мкм ( $144 \pm 17$  мкм), которые соединяются при помощи простых перфорационных пластинок, расположенных на наклонных поперечных стенках. Продольные стенки сосудов пористые. Поры крупные, округлые, сильно вытянутые или полигональные. Диаметр сосудов варьирует от 38 до 64 мкм ( $49 \pm 5$  мкм). Узкопросветные сосуды и трахеиды вторичной ксилемы имеют спиральное утолщение клеточных стенок (см. рисунок).

По литературным данным описания анатомического строения древесины некоторых представителей рода Сумах, отмечено наличие апотрахеальной терминальной паренхимы, которая образует прерывистый слой различной толщины в конце слоя прироста, и вазоцентрической [3]. Так как пробы были отобраны в момент,

когда годичное кольцо еще полностью не сформировалось, в древесине стебля однолетнего побега обнаружена только вазикентричная паратрахеальная паренхима. Она расположена вокруг сосудов, толщина паренхимного продольного тяжа составляет 170 – 223 мкм. ( $203 \pm 12$  мкм). Лучи вторичной ксилемы при встрече с сосудами слабо изгибаются, что отмечено и в древесине побега *R. coriaria* [3].



**Рисунок – Строение древесины однолетнего побега *Rhus typhina* L.:**

**1 – первичная ксилема (фрагмент поперечного среза); 2 – вторичная ксилема (фрагмент поперечного среза); 3 – фрагмент тангентального среза вторичной ксилемы; 4 и 5 – сосуды вторичной ксилемы (фрагмент радиального среза); 6 – сосуд первичной ксилемы (фрагмент радиального среза); 7 – тиллы в сосудах ранней древесины (фрагмент радиального среза)**

На тангентальном срезе в древесине однолетнего побега хорошо различимы многочисленные лучи – однорядные или двухрядные. Однорядные лучи состоят из 3–12 клеток запасующей паренхимы, двухрядные – из 11–13 клеток в высоту, при этом верхняя и нижняя часть луча – однорядная (3–4 клетки). Редко встречаются лучи, заканчивающиеся 2-мя рядами клеток. Согласно литературным данным [3] в клетках лучей ранней древесины встречаются кристаллы оксалата. На момент отбора проб (июнь-июль) кристаллических минеральных отложений во вторичной древесине однолетнего побега *R. typhina* не выявлено. В крупных сосудах летней древесины встречаются тиллы (см. рисунок).

Полученные в ходе исследования данные вносят вклад в изучение структурной организации побега *R. typhina*, а также могут использоваться в фармацевтике для идентификации и определения качества растительного сырья.

Список литературы:

1. Рой Ю. Ф., Бойко В. И. Особенности анатомического строения эпидермы листа и стебля некоторых древесных растений // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. № 53. С. 100–103.
2. Aliyeva I. F. et al. Anatomical studies of the vegetative organs of *Rhus coriaria* L. // Natural and Technical Sciences. 2023. V. 3, № 178. P. 43–46.
3. Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных // URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).

**Дождевые черви – модельный объект в проектной и исследовательской деятельности школьников по биологии и экологии**

*А. А. Загуляева<sup>1</sup>, Д. В. Уткин<sup>1</sup>, Т. В. Перевозникова<sup>1, 2</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, г. Саратов, Россия  
anjelikag788@gmail.com

Ключевые слова: дождевые черви, методы биологии и экологии, методика обучения биологии и экологии, молекулярная биология.

Семейство Дождевые черви или Люмбрициды (*Lumbricidae* Rafinesque-Schmaltz, 1815) – большая группа в классе Малощетинковые черви и типе Кольчатые черви, которые традиционно изучаются в школьном курсе биологии, в том числе в дисциплине «Биология. Животные. 7 класс». На примере дождевых червей обучающиеся осваивают признаки типа, его классификацию, особенности внутреннего, внешнего строения и биологию отдельных представителей, знакомятся со значением данной группы животных в эволюции, определяют место этих животных в экосистемах и почвообразовании. Цель данной работы – показать возможности использования люмбрицид в качестве модельных объектов в проектной и исследовательской деятельности школьников, изучающих биологию и экологию.

Само понятие «модельный организм» подразумевает, что данный биологический объект (в нашем случае – дождевой червь), может использоваться в качестве модели для изучения свойств, процессов или явлений живого; люмбрициды доступны для наблюдений в природе и в условиях неволи; о них накоплено достаточно большое количество научных данных, поэтому дождевые черви отвечают заявленным требованиям к модельным видам и активно изучаются с помощью методов таких наук, как зоология, экология, цитология, биотехнология, генетика, биохимия и молекулярная биология. Некоторые методы этих дисциплин можно продемонстрировать обучающимся, используя в качестве биологической модели дождевого червя, и лучше всего это сделать при организации их проектно-исследовательской работы. Тем более, что в современных условиях развития образования происходит внедрение достижений современной науки и передовых методов исследования живых объектов в учебный процесс, что, безусловно, должно сопровождаться и обновлением педагогических технологий.

Рассмотрим самые распространенные направления использования дождевых червей в практике организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся по биологии и экологии:

1) Изучение биоразнообразия дождевых червей нашего края в естественных условиях обитания (их видового состава и численности в различных биотопах: на огороде, в поле, в лесу; на почвах различного состава: суглинках, чернозёмах, засоленных и др.; на почвах под различными культурами растений; на разных по степени антропогенного воздействия участках; наблюдения за численностью и активностью червей в светлое и темное время суток; в разное время года).

2) Анализ влияния физико-химических показателей и уровня загрязненности почвы на дождевых червей-биоиндикаторов; биотестирование почвенных субстратов с помощью теста «50 червей»; а также изучение роли червей в почвообразовании и их влияния на почву.

3) Наблюдения за жизнедеятельностью червей в условиях вормикария

(исследование регенерационной способности червей, а также их реакций на раздражители: прикосновения, яркий свет, твердый субстрат, звуковые и механические колебания; наблюдения за размножением и развитием червей).

Некоторые из предложенных направлений проектно-исследовательской деятельности с использованием дождевых червей были апробированы в «Региональном центре выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи Саратовской области «Галактика 64»» и XXXIV Областной летней школе для одаренных обучающихся «Созвездие». В Региональном центре одаренных детей (открыт в рамках Национального проекта «Образование» в 2023 г.) прошли смены по направлению «Наука» и образовательной программе «Молекулярная биология и биохимия». Здесь было реализовано несколько проектно-исследовательских работ с использованием дождевых червей, что потребовало перестройки и адаптации методов обучения к новой, уникальной для региона, материально-технической базе центра. Инновационные формы обучения применялись в лаборатории молекулярной биологии с многофункциональным оборудованием, которое позволяет выделять ДНК и определять ее концентрацию, проводить ПЦР-амплификацию и гель-электрофорез.

Погружение школьников в проектно-исследовательскую деятельность с использованием дождевых червей проходило в несколько этапов. На первом этапе проводилась актуализация знаний по данной группе беспозвоночных, полученных при изучении зоологии. Следующий этап включал в себя ознакомление с методами сбора и определения дождевых червей, а также с разнообразием, биологией и экологией этих животных. Отмечено, что на территории Саратовской области может обитать 26 видов люмбрицид. После наблюдений в природе (лесопарке Кумысная поляна) с добытыми червями закладывались опыты в лаборатории, в том числе опыт по влиянию червей на плодородие почв, который показал лучший рост пшеницы на субстрате, в котором культивировались люмбрициды. Было проведено определение 6 видов червей, а затем к полученным образцам были применены методы молекулярной биологии. Современная молекулярная биология нацелена на изучение механизмов хранения, передачи и реализации наследственной информации, это наука о структурно-функциональной организации генома и протеома живых организмов, которая в настоящее время также включена в курс школьной биологии. Блок задач «Молекулярная биология» входит в задания теоретического и практического туров Всероссийской олимпиады школьников, где олимпиадники должны уметь применять методы данной науки на практике. В связи с этим знакомство школьников с молекулярной биологией не только в основной школе, но и на профильных исследовательских площадках может являться передовым региональным опытом методики обучения биологии и экологии.

Выделение ДНК из дождевых червей проходило с использованием метода экстракции на микроцентрифужных колонках с применением буферных растворов для сохранения реакции среды и количества концентрации ионов. Для разделения, идентификации и очистки интактных молекул ДНК и их фрагментов применялся электрофорез в агарозном геле. С целью определения электрофоретического профиля выделенной ДНК дождевых червей и установления молекулярно-генетического сходства использовали метод RAPD-ПЦР геномной ДНК и выявление амплифицируемых фрагментов ДНК методом электрофореза в агарозном геле. RAPD-ПЦР (random amplified polymorphic DNA полимеразная цепная реакция) является одним из простых методов молекулярного типирования организмов, не требующего знания первичной последовательности ДНК [1]. На заключительном этапе погружения обучающихся в проектно-исследовательскую работу, результаты молекулярно-биологических исследований люмбрицид были проанализированы и включены в индивидуальные проекты. В ходе индивидуальной работы над проектом ребята

сравнивали полученные электрофоретические профили ДНК-фрагментов у взятых шести образцов червей на основе индекса сходства (индекса Жаккара). С помощью общедоступной программы Past ver. 4.04. получена дендрограмма ДНК-профилей 6 идентифицированных по морфологическим признакам видов люмбрицид. Благодаря иерархической кластеризации – совокупности алгоритмов упорядочения данных, нацеленных на создание иерархии вложенных кластеров, выяснили, что шестой образец по RAPD-фрагментам молекулы ДНК в большей степени отличался от остальных, а образцы 1, 2, 3 и образцы 4, 5 были сходны между собой. Полученный опыт позволил отметить, что на примере дождевых червей и методов молекулярной биологии ребята смогли познакомиться не только с видовым разнообразием данных животных, но и с их молекулярно-генетическим разнообразием (полиморфизмом) внутри семейства.

Таким образом, педагогический опыт, полученный при работе с одаренными детьми в условиях уникальной специализированной материально-технической базы центра «Галактика 64», показал возможность использования на примере одной группы модельных видов животных сразу нескольких методов из разных биологических наук (зоологии, экологии, молекулярной биологии). Это помогло ребятам осознать, что живые организмы в настоящее время изучаются комплексно, на разных уровнях организации.

Список литературы:

1. Williams J. G. K. et al. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers // Nucleic Acids Research. 1990. V. 18, № 22. P. 6531–6535.

УДК 581.821+581.45

### **Строение покровных тканей и коры однолетнего побега *Rhus typhina* L.**

*А. А. Зубехина, В. В. Коробко*

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

Ключевые слова: *R. typhina* L., эпидермис, перидерма, первичная кора.

Несмотря на большое практическое значение растений рода *Rhus*, обусловленное как их декоративными качествами, так и использованием в пищевой и фармацевтической промышленности, сведения об анатомической организации стебля представителей рода фрагментарны: ряд работ посвящены строению эпидермиса [1], древесины [2] некоторых видов сумаха.

Объект исследования – *Rhus typhina* L. Отбор проб проводился на территории г. Энгельса в июне–июле 2023 г. Изучение анатомической организации однолетнего побега проведено на серии продольных и поперечных срезов междоузлий, полученных при помощи ручного микротомы. Для идентификации тканей проведено гистохимическое исследование срезов (окрашивание флороглюцином, суданом III). Фотографии получены при помощи цифровой камеры-окуляра SCIENTIFIC-MOUNTCAMERA 5.1 MP Artinacolor CMOS для микроскопа Tension, Биомед 6 тринокулярный.

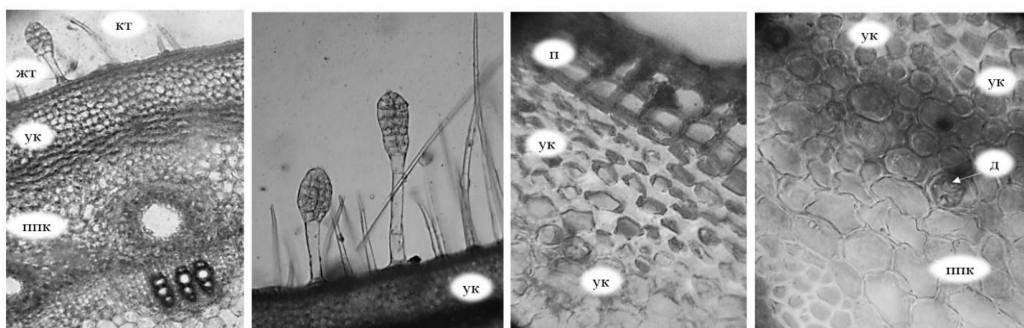
Однолетний побег *R. typhina* покрыт однослойным эпидермисом, состоящим из плотно сомкнутых клеток паренхимной формы. Толщина эпидермиса составляет

12±3 мкм; ширина клеток от 13 до 23 мкм, длина от 19 до 27 мкм. Устьичные комплексы в эпидермисе побега обнаружены не были. Ю. Ф. Рой и В. И. Бойко, изучившие строение эпидермиса стебля и листа *R. typhina* [1] также отмечали эту особенность.

В эпидермисе побега встречаются трихомы кроющие и железистые. Кроющие трихомы характеризуются разнообразием формы и размера. Наиболее распространены простые многоклеточные волоски – остроконусовидные, тупоконусовидные – длина которых составляет от 550 до 870 мкм; реже встречаются простые одноклеточные, длина которых от 20 до 40 мкм. Железистые трихомы многоклеточные, имеют однорядную ножку, состоящую из прозенхимных клеток, и шаровидную многоклеточную головку, заполненную бесцветным или желтовато-бурым содержимым; их длина варьирует от 80,5 до 330 мкм. Плотность расположения трихом на мм<sup>2</sup> поверхности эпидермиса составляет 61±22 шт. механических и 115±22 шт. железистых.

Общепринятым в учебной литературе тезисом является представление о формировании перидермы в однолетних побегах древесных растений к концу вегетационного периода. Тем не менее, исследования ряда авторов показали, что у древесных растений перидерма начинает формироваться через 3–4 недели после начала роста побега [3–5]. Формирование перидермы в однолетнем побеге *R. typhina* отмечено в междоузлии фитомера, лист которого достиг постоянного размера. Толщина перидермы 95±6 мкм, из которых 79 мкм составляет феллема, представленная 2–3 рядами клеток, расположенными радиальными рядами (см. рисунок). Клеточные стенки в этот период утолщены незначительно. Феллодерма представлена 1 рядом клеток.

Толщина первичной коры – 200–310 мкм. Экзодерма (68±10 мкм) представлена четырьмя-шестью рядами клеток уголковой колленхимы, диаметр клеток варьирует от 13 до 24 мкм. Под колленхимой находится основная паренхима первичной коры, составляющая мезодерму, ее толщина составляет от 61 до 144 мкм. Клетки основной паренхимы (радиальный размер 18±3 мкм, тангентальный размер 36±7 мкм) расположены рыхло, межклетники небольшие (5–7 мкм). В клетках мезодермы содержится большое количество масел. Некоторые клетки мезодермы содержат кристаллические отложения в виде друз, диаметром 6–14 мкм. В некоторых изученных образцах 1–2 слоя клеток мезодермы, располагающиеся под уголковой колленхимой, содержали хлоропласты. Эндодерма представлена 1 слоем клеток (радиальный размер клеток 17±2 мкм, тангентальный – 25±4 мкм), содержащих крахмальные зерна.



**Рисунок – Фрагменты поперечного среза однолетнего побега *Rhus typhina* L.:**  
**жт – железистая трихома, кт – кроющая трихома, ук – уголковая колленхима,**  
**ппк – паренхима первичной коры, п – перидерма, д – друза**

Характерной особенностью вторичной коры однолетнего побега сумаха является

наличие крупнопросветных полостей выделительных каналов, которые образуются во флоэмной части коллатеральных проводящих пучков. В лубе обнаружены кристаллы оксалата кальция в виде друз, по размерам уступающие друзам в первичной коре. Флоэмная часть пучков имеет хорошо выраженную механическую обкладку, представленную склеренхимными волокнами.

Полученные в ходе исследования данные вносят вклад в изучение структурной организации побега *R. typhina* L.

Список литературы:

1. Рой Ю. Ф., Бойко В. И. Особенности анатомического строения эпидермы листа и стебля некоторых древесных растений // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. № 53. С. 100–103.
2. Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных *Rhus typhina* L. (Сумах оленерогий, Anacardiaceae) // URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru/> (дата обращения: 15.02.2024).
3. Еремин В. М., Рой Ю. Ф. Сезонная динамика структуры коры однолетнего стебля взрослых деревьев // Сборник научных трудов факультета естествознания. Серия Биология. Брест, 1993. № 1. С. 16–19.
4. Лучкина Д. В., Коробко В. В. Влияние дефицита железа на особенности анатомической организации однолетнего побега катальпы // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: сборник научных статей. Саратов, 2023. № 25. С. 26–30.
5. Рой Ю. Ф. Анатомическая структура стеблей взрослых деревьев и сезонная динамика: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Воронеж, 1997. 17с.

УДК 577.152.34

### **Скрининг продуцентов протеолитических ферментов среди микромицетов – изолятов тел насекомых – обитателей республики Крым**

*А. В. Коваль<sup>1</sup>, Д. Л. Басалаева<sup>2</sup>, А. А. Осмоловский<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Россия  
[serenum.nastya@mail.ru](mailto:serenum.nastya@mail.ru)

Ключевые слова: мицелиальные грибы, протеолитическая активность.

Биотехнология постоянно занимается поиском новых биологически активных веществ, таких как уникальные протеолитические ферменты. Микромицеты, связанные с насекомыми, могут быть продуцентами таких ферментов из-за контакта с белковыми субстратами тел насекомых. Их изучение интересно для научного сообщества и такие ферменты могут найти применение в различных отраслях промышленности [1–3].

Целью данного исследования было проведение скрининга продуцентов протеолитических ферментов среди ассоциативных микромицетов насекомых, собранных на территории Республики Крым.

Объектами исследования являлись 15 штаммов микромицетов, ассоциированных с насекомыми, выделенные с тел насекомых, собранных на территории Республики Крым в 2023 году.

В рамках первичного скрининга протеолитической активности проведено культивирование микромицетов на агаризованных питательных средах с белковыми субстратами: казеин, коллаген, эластин, кератин, желатин, гемоглобин. Визуализацию зон гидролиза производили при помощи раствора Кумасси G-250 в хлорной кислоте.



Учет ферментативной активности выражали при помощи энзиматического индекса (EI), где EI – отношение диаметра зоны гидролиза белкового субстрата к диаметру колонии микроорганизма.

По результатам первичного скрининга были отобраны 7 наиболее перспективных штаммов: штамм K1.9 – показал специфическую активность в отношении казеина ( $EI_{\text{казеин}} = 1,43$ ); штамм K2.14 – в отношении желатина ( $EI_{\text{желатин}} = 1,57$ ); штамм K3.15 – в отношении казеина ( $EI_{\text{казеин}} = 1,90$ ); штамм K3.19 – в отношении желатина ( $EI_{\text{желатин}} = 2,77$ ) и коллагена ( $EI_{\text{коллаген}} = 1,91$ ). Штаммы K1.11, K5.21 и K6.23 показали высокую активность по отношению к широкому спектру субстратов.

В рамках вторичного скрининга провели глубинное культивирование отобранных штаммов. Для этого 7-суточную культуру переносили в посевную среду, содержащую пивное сусло, глюкозу и пептон, культивировали при постоянном перемешивании (200 об./мин) при 28°C 48 часов. После этого 3 % биомассы переносили в 2 типа ферментационной среды (ФС1 и ФС2), которые отличались своим составом: ФС1 включала в свой состав источники и аминного, и минерального азота, а ФС2 – только аминного, и культивировали в тех же условиях 4 суток. Культуральную жидкость (КЖ) из ФС отбирали фильтрованием через фильтровальную бумагу («ФС», Россия).

Для количественного анализа протеолитической активности проводили реакции, добавляя к КЖ белковые субстраты: фибриноген, азоказеин, азоколл, хромогенные пептидные субстраты (ХПС) S-2251 (плазминоподобная активность) и S-2444 (урокиназная активность). Реакции с азоказеином, азоколлом и фибриногеном проводили при постоянном перемешивании (600 об./мин) при 37°C, путем инкубации 100 мкл КЖ и 200 мкл суспензии субстрата. Останавливали реакцию внесением 300 мл 10 % раствора ТХУ. Реакции с ХПС проводили в аналогичных условиях путем инкубации 200 мкл КЖ, 50 мкл 0,05М буфера Трис-НСl (рН 8,2) и 100 мкл раствора субстрата. Останавливали реакцию внесением 200 мл раствора 50 % уксусной кислоты. После проводили спектрофотометрический анализ супернатанта при 280 нм для фибриногена, 340 нм для азоказеина, 405 нм для ХПС и 519 нм для азоколла.

По результатам исследования во вторичном скрининге ни один из штаммов не показал значительную коллагеназную активность, что делает выделяемые ферменты потенциально пригодными для использования в медицине, т.к. коллаген – структурный компонент многих тканей. Фибринолитическая активность также оказалась относительно невысокой. При этом большая часть штаммов показала активность в отношении азоказеина. В особенности штамм K1.11 ( $E_{\text{азоказеинФС2}}=1,349$  усл.ед./мл) и K5.21 ( $E_{\text{азоказеинФС1}}=1,178$  усл.ед./мл;  $E_{\text{азоказеинФС2}}=1,226$  усл.ед./мл).

Наибольший интерес в рамках вторичного скрининга представляет активность в отношении ХПС S-2251 и S-2444. Устойчивую урокиназную активность продемонстрировал только штамм K3.15 ( $E_{\text{рНАФС1}}=21,634$   $\mu\text{моль рНА}\times 10^{-3}/\text{мл/мин}$ ;  $E_{\text{рНАФС2}}=17,168$   $\mu\text{моль рНА}\times 10^{-3}/\text{мл/мин}$ ). Выраженной плазминоподобной активностью обладали штаммы: K5.21 ( $E_{\text{рНАФС1}}=60,088$   $\mu\text{моль рНА}\times 10^{-3}/\text{мл/мин}$ ;  $E_{\text{рНАФС2}}=34,162$   $\mu\text{моль рНА}\times 10^{-3}/\text{мл/мин}$ ), K1.11 ( $E_{\text{рНАФС2}}=57,826$   $\mu\text{моль рНА}\times 10^{-3}/\text{мл/мин}$ ), K2.14 ( $E_{\text{рНАФС2}}=23,026$   $\mu\text{моль рНА}\times 10^{-3}/\text{мл/мин}$ ).

Таким образом, изученные в ходе работы мицелиальные грибы являются продуцентами разнообразных протеолитических ферментов, обладающих активностью в отношении азоказеина, а также ХПС S-2251 и S-2444. Полученные данные позволяют предполагать, что штаммы K3.15, K5.21, K1.11, K2.14 являются перспективными продуцентами протеолитических ферментов, которые могут стать основой для разработки различных биотехнологических препаратов.

Список литературы:

1. Осмоловский А. А. и др. Воздействие протеинах *Aspergillus fumigatus* на белки плазмы крови // Вестник Московского Университета. 2021. Т. 76, № 2. С. 90–95.
2. Osmolovskiy A. A. Et al. Fibrinolytic and collagenolytic activity of extracellularproteinases of the strains of micromycetes *Aspergillus ochraceus* L-1 and *Aspergillus ustus* 1 // Moscow University biological sciences bulletin. 2016. V. 1, № 71. P. 62–66.
3. Шаркова Т. С. и др. Скрининг продуцентов протеиназ с фибринолитической и коллагенолитической активностями среди микромицетов // Микробиология. 2015. Т. 84, № 3. С. 316–322.

УДК 581.331.2

### **Характеристика пыльцы линий кукурузы гаплоидного происхождения**

*А. А. Коптилова, О. В. Гупорова*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
koptilova18@mail.ru

Ключевые слова: кукуруза, пыльца, линии гаплоидного происхождения.

Линии гаплоидного происхождения (дигаплоидные линии) широко используются для создания высокогетерозисных гибридов кукурузы. В связи с тем, что такие линии получают путем удвоения гаплоидов, особенностью их является почти 100 % гомозиготность по аллелям всех генов. Скрещивание их между собой дает высокий эффект гетерозиса у потомства [1, 2]. Вовлечение в селекционный процесс новых линий кукурузы для получения ценных коммерческих гибридов, требует оценки репродуктивного потенциала родительских форм. Для этих целей используют метод пыльцевой оценки, основанный на анализе пыльцевых зерен. Несмотря на то, что морфологические признаки пыльцы достаточно постоянны в пределах одного вида, применение метода пыльцевой оценки позволяет решать широкий спектр селекционных задач, таких как: диагностика апомиксиса, идентификация полиплоидных форм, реакция вида на изменяющиеся условия возделывания, характеристика репродуктивной биологии, соблюдение пространственной изоляции посевов при размещении семеноводческих посевов, установление сложной гибридной природы, отбор на контрастных температурах [3].

Целью работы был анализ пыльцы шести новых линий кукурузы гаплоидного происхождения для оценки перспектив их использования в селекции.

Объектом исследования была зрелая пыльца линий кукурузы гаплоидного происхождения ГЛ 1, ГЛ 2, ГЛ 3, ГЛ 4, ГЛ 5, ГЛ 6. В качестве контроля использовали пыльцу линий кукурузы ГПЛ-1 и ТМ. Материал был собран в период открытого цветения и зафиксирован в ацетоалкоголе в 2023 г. При проведении анализа использовали методику приготовления временных ацетокарминовых препаратов зрелой пыльцы [4]. Препараты анализировали с помощью светового микроскопа «Primo Star» (С. Zeiss, Германия). В ходе исследования было проанализировано по 600 пыльцевых зерен (ПЗ) дигаплоидных линий кукурузы и контроля.

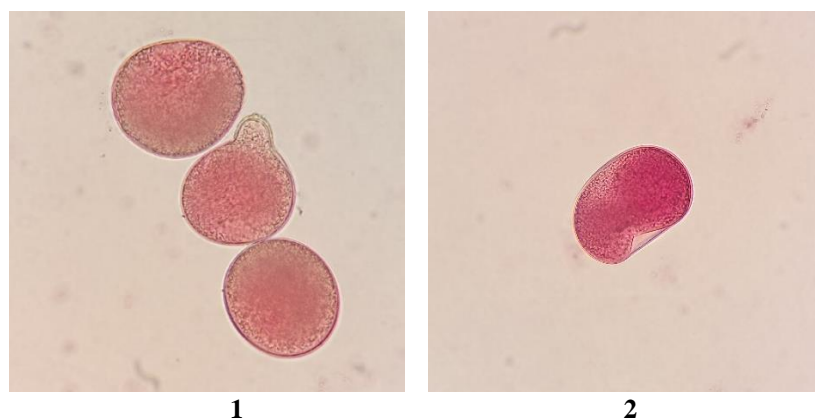
Анализ показал, что основная часть (62,8–84 %) ПЗ во всех вариантах, включая контроль, имела типичное для кукурузы строение. Пыльцевые зерна нормального строения, как правило, имеют округлую форму, одну пору, содержат одну вегетативную клетку и два спермия. Вегетативная клетка имеет одно округлое ядро. Спермии удлинённой формы, крупные. Наряду с нормальными, во всех вариантах встречались дефектные пыльцевые зёрна с высокой частотой (16–37,2 %) (см. таблицу).

**Таблица – Качество пыльцы исследованных линий кукурузы**

Линия	Дефектные ПЗ, %	Всего, шт
ГЛ 1	37,2	600
ГЛ 2	23,5	600
ГЛ 3	20,8	600
ГЛ 4	16,0	600
ГЛ 5	25,7	600
ГЛ 6	17,3	600
<b>ГПЛ-1</b>	11,3	600
<b>ТМ</b>	24,0	600

К наиболее часто регистрируемым аномалиям во всех вариантах относились плазмолизированные и пустые пыльцевые зерна (см. рисунок). Плазмолизированные ПЗ встречались среди всех вариантов с частотой от 5,33 до 25,3 %; пустые – с частотой от 0,5 до 11,8 %. Также, были обнаружены ПЗ нетипичной формы с выростами (0,5–1,83 %) и ярко окрашенные (0,0–0,3 %). В контрольных вариантах были обнаружены только плазмолизированные и пустые ПЗ.

Таким образом, анализ показал, что основная часть пыльцевых зерен линий гаплоидного происхождения имела типичное строение (62,8–84,0 %). Количество дефектной пыльцы было высоким у всех дигаплоидных линий (от 16 % до 37,2 %). Были выявлены следующие аномалии ПЗ: наличие плазмолиза, пустые ПЗ, нетипичная форма с выростами. Наименьшее количество дефектной пыльцы было у линии ГЛ 4 (16 %). Контрольные линии также характеризовались высоким количеством дефектных ПЗ: 11,3 % у линии ГПЛ-1 и 24 % у линии ТМ.



**Рисунок – Пыльцевые зерна с отклонениями: 1 – нетипичная форма с выростом (линия ГЛ 2); 2 – с плазмолизом (линия ГЛ 1)**

У диплоидных амфимиктичных цветковых растений при благоприятных условиях цветения степень дефектности пыльцы, как правило, составляет не более 11 % [5]. У всех изученных линий количество дефектной пыльцы превышало это значение. В связи с тем, что у контрольных линий ГПЛ-1 и ТМ, согласно проведенным ранее исследованиям, наблюдались частоты дефектной пыльцы ниже 10 % (неопубликованные данные), вероятно, наличие большого количества аномалий ПЗ в настоящем исследовании связано с неблагоприятными условиями произрастания кукурузы в 2023 г. (сухое и жаркое лето). Для подтверждения предположения о влиянии неблагоприятных климатических условий возделывания кукурузы на качество пыльцы, собранной в 2023 г., планируется провести аналогичные исследования в 2024 и 2025 гг. На основании полученных данных для дальнейших работ можно рекомендовать лишь линию ГЛ 4, которая имеет наименьшее количество дефектной пыльцы по сравнению с остальными линиями гаплоидного происхождения.

Список литературы:

1. Chaikam V. et al. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects // *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. V. 132. P. 3227–3243.
2. Михайлов М. Э. Применение дигаплоидных линий в генетическом анализе и в селекции кукурузы. Кишинев: Print-Cargo, 2018. 232 с.
3. Цаценко Л. В. Цитологический анализ в генетическом мониторинге: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2023. 119 с.
4. Юдакова О. И., Гуторова О. В., Беляченко Ю. А. Методы исследования репродуктивных структур и органов растений: учебно-методическое пособие для студентов биологического факультета. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2012. 42 с.
5. Куприянов П. Г. Диагностика систем семенного размножения в популяциях цветковых растений. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1989. 160 с.

УДК 535.343.32

### **Композитные наноконтейнеры на основе золотых наностержней и диоксида кремния для доставки лекарств**

*К. В. Лобанов<sup>1</sup>, А. В. Симоненко<sup>1,2</sup>, В. А. Ханадеев<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup> Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

LobanovK.V@yandex.ru

Ключевые слова: золотые наночастицы, наностержни, диоксид кремния, доставка лекарств.

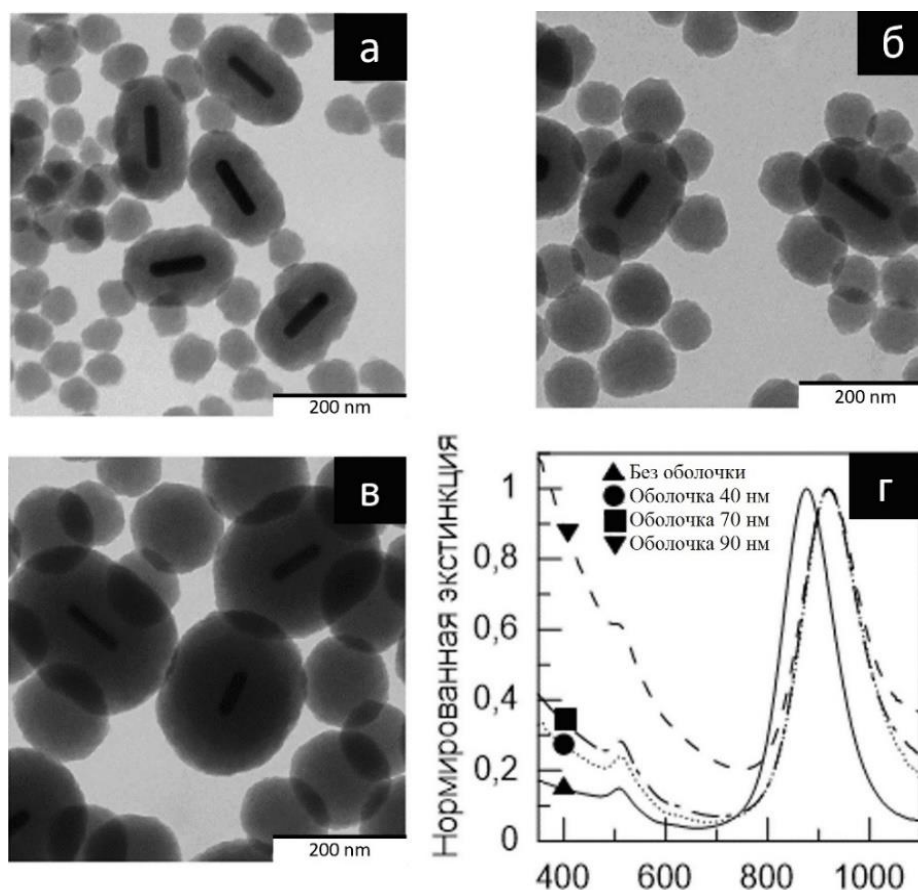
Наноразмерные материалы на сегодняшний день стали достаточно большой и интенсивно развивающейся областью исследований в биомедицине [1]. Наибольший интерес представляют наночастицы. Они могут быть получены из разных веществ с определенной морфологией, обладать новыми и уникальными химическими и физическими свойствами и использоваться для решения определенных задач.

Одним из перспективных применений является доставка химиотерапевтического препарата в место локализации опухолевого новообразования. Давно проверенные и регулярно используемые благодаря своей эффективности методы химиотерапии приносят с собой и множество побочных последствий [2], разрушая не только опухолевые, но и здоровые клетки организма. Это связано с применением достаточно большой концентрации лекарств для получения необходимого эффекта. Возможным способом решения такой проблемы является уменьшение начальной дозы препарата за счет его инкапсуляции в безопасный для организма носитель, поэтому целью данной работы был синтез и исследование оптических и морфометрических свойств композитных наночастиц на основе золотых наностержней, покрытых оболочкой из диоксида кремния. В дальнейшем частицы будут модифицированы и выступят в качестве носителя лекарства. Золотые наночастицы были выбраны для обеспечения фототермического воздействия с использованием лазерного излучения [3]. Золотые наностержни обладают плазмонным резонансом, который может быть настроен в ближнюю ИК область спектра, где находится окно прозрачности биологической ткани, в котором приходящая способность лазера максимальна.

Синтез золотых наностержней осуществлялся зародышевым методом в смеси двух поверхностно-активных веществ: цетилтриметиламмония бромида и олеата

натрия [4]. Далее их покрывали аморфной оболочкой из диоксида кремния согласно модифицированному методу Стебера [5]. За счет изменения концентраций аммиака и тетраэтоксисилана (ТЭОС) контролируемо регулировали толщину оболочки.

В ходе исследования были получены золотые наностержни с оболочкой из диоксида кремния толщиной в среднем 40, 70 и 90 нм (см. рисунок а, б, в). Анализируя изображения, полученные на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ), можно заметить, что во всех образцах присутствуют свободные силикатные частицы, от которых тяжело отмыть образец. Однако дальнейшие эксперименты предполагают травление оболочки из диоксида, что поспособствует удалению этих свободных частиц. Спектры экстинкции хорошо согласуются с ПЭМ-изображениями. При нанесении диоксида кремния на поверхность наностержней происходит сдвиг плазмонного резонанса в сторону более длинных длин волн из-за изменения локального диэлектрического окружения. Также с ростом толщины оболочки в спектре наблюдается рост интенсивности в области коротких длин волн, который связан с образованием большого объема диоксида кремния.



**Рисунок – ПЭМ-изображения золотых наностержней с оболочкой из диоксида кремния 40 (а), 70 (б) и 90 (в) нм. Нормированные спектры экстинкции (г) золотых наностержней до и после формирования оболочки из диоксида кремния толщиной 40, 70 и 90 нм**

Таким образом, в работе были получены и охарактеризованы морфометрически и оптически 3 образца золотых наностержней с оболочкой из диоксида кремния разной толщины. В дальнейшем предполагается вытравить оболочку и в образовавшуюся полость загрузить лекарственный препарат.

Благодарности и источники финансирования работы:

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

Список литературы:

1. Patra J. K. et al. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects // *Journal of Nanobiotechnology*. 2018. V. 16, № 1. P. 355–366.
2. Malhotra V., Michael C. P. Classical chemotherapy: mechanisms, toxicities and the therapeutic window // *Cancer Biology and Therapy*. 2003. V. 2, № 4. P. 2–4.
3. Amendoeira A. et al. Light irradiation of gold nanoparticles toward advanced cancer therapeutics // *Advanced Therapeutics*. 2020. V. 3, № 1. P. 6131–6152.
4. Ye X. et al. Using binary surfactant mixtures to simultaneously improve the dimensional tunability and monodispersity in the seeded growth of gold nanorods // *Nano Letters*. 2013. V. 13, № 2. P. 765–771.
5. Terentyuk G. et al. Gold nanorods with a hematoporphyrin-loaded silica shell for dual-modality photodynamic and photothermal treatment of tumors *in vivo* // *Nano Research*. 2014. V. 7, № 3. P. 325–337.

УДК 581.8+58.01/.07

### **К вопросу о кристаллогенезе в однолетнем побеге древесных растений**

*Д. В. Лучкина, В. В. Коробко*

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

Ключевые слова: *Catalpa bignonioides*, кристаллогенез, анатомия побега катальпы, устойчивость растений.

Механизмы образования и функциональная роль кристаллов оксалата кальция растений до сих пор плохо изучена [1–3]. Общепринятым является мнение о роли кристаллов оксалата кальция в регуляции осмотических процессов в клетке, нейтрализации избытка кальция, участия в процессах лигнификации клеток.

Объектом исследования служила *Catalpa bignonioides* Walter – древесное растение, которое характеризуется высокими декоративными качествами и, благодаря устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, является популярным для культивирования в городских условиях. Пробы отбирались в июле, сентябре 2023 г. и январе 2024 г. Исследование проводилось на временных микропрепаратах продольных и поперечных срезов, полученных из средней части нижних междоузлий однолетнего побега. Препараты приготовлены по общепринятой методике при помощи ручного микротомы; для идентификации тканей проводили гистохимическое исследование срезов.

Согласно литературным данным [4] и нашим исследованиям [5], в тканях однолетних побегов катальпы отсутствуют кристаллические включения. Анализ препаратов срезов побега растений, испытывающих негативное антропогенное воздействие, показал формирование обильного количества кристаллов в сердцевине однолетнего побега.

В проведенных ранее исследованиях [5] показано, что в стебле растения, испытывающего недостаток железа, в летний и осенний период наблюдается формирование кристаллов оксалата кальция кубической и призматической формы в основной паренхиме сердцевины; в летний период наблюдалось также образование друз в тканях вторичной коры. В однолетних побегах в зимний период обнаружены единичные кристаллы призматической формы в основной паренхиме сердцевины.

Немногочисленные кристаллы призматической (ширина 4–8 мкм, длина 7–13 мкм), кубической (длина грани 7–9 мкм) формы и единичные сростки выявлены в сердцевинной паренхиме побегов растений, испытывающих недостаток влаги и

демонстрирующих в период активного роста побегов потерю листьями тургоресцентного состояния, и, как следствие этого, подсыхание листьев побегов в нижней части кроны. В образцах, собранных в январе, кристаллических включений в тканях побега не наблюдалось.

Кристаллоносная паренхима в стебле катальпы обнаружена у растений, произрастающих на почве с 5,8–6,2 рН и демонстрирующих в период активного роста побегов потерю листьями тургоресцентного состояния и подсыхание листьев побегов в нижней части кроны, несмотря на регулярный полив: в клетках перимедуллярной зоны и основной паренхимы сердцевины содержатся как одиночные призматической, кубической и ромбоэдрической формы кристаллы, так и расположенные группами от 2 до 12 шт. в одной клетке (рисунок, слева). В образцах, собранных в январе, наблюдалось незначительное количество кристаллов (1–4 шт. на поперечном срезе) призматической формы, размер которых незначительно отличался от размера кристаллов, обнаруживаемых в летний период (см. рисунок, справа).

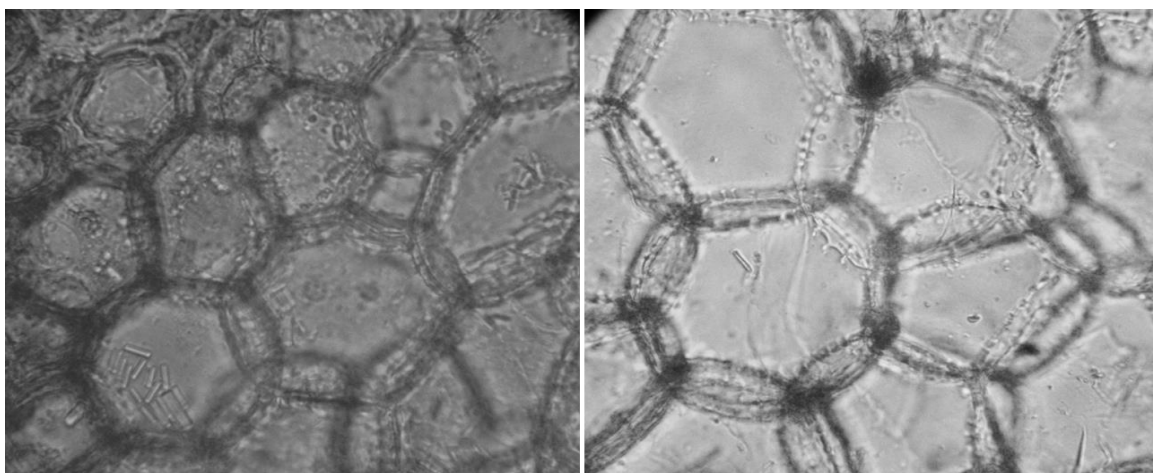


Рисунок – Кристаллы оксалата кальция в клетках сердцевины однолетнего побега *C. bignonioides*

Изучение динамики кристаллогенеза показало, что в период активного роста при влиянии неблагоприятных факторов на *C. bignonioides*, происходит формирование кристаллов, что обеспечивает растениям адаптивное преимущество при действии неблагоприятных факторов среды, приводящих к ограниченной доступности  $\text{CO}_2$ . В ряде работ последних лет [2, 3] сделано предположение, что кристаллы используются растениями в неблагоприятных условиях как динамические пулы углерода, обеспечивающих растения  $\text{CO}_2$  для фотосинтетического процесса в условиях недостаточного водоснабжения. Можно предположить, что локализация кристаллов в непосредственной близости от ксилемы облегчает транспортировку углерода в фотосинтетические ткани листа. Отметим, что в образцах, полученных в июне с растения, демонстрирующего признаки дефицита железа, наблюдалось образование друз оксалата кальция в клетках коры под фотосинтезирующей тканью, тогда как после формирования хорошо выраженной перидермы и в зимний период кристаллы в коре не обнаружены.

Обнаружение кристаллов различной формы не только в разных тканях побега, но и в рядом расположенных клетках одной ткани, косвенно может подтверждать мнение ряда авторов [1] о том, что кристаллы различного типа – рафиды, друзы и пр. – имеют различное физиологическое значение при акклиматизации растений.

Формирование кристаллов оксалата кальция в стебле катальпы в ответ на неблагоприятные условия окружающей среды представляет практический интерес,

дополняя существующие представления о биологии этого вида, и вносит вклад в изучение функциональной значимости кристаллогенеза, как механизма адаптации к неблагоприятным условиям среды.

Список литературы:

1. Kolyva F. et al. Acclimation of the grapevine *Vitis vinifera* L. cv. Assyrtiko to water deficit: Coordination of structural and functional leaf traits and the dynamic of calcium oxalate crystals // *Plants*. 2023. V. 12, № 23. P. 3992–3992.
2. Lawrie N. S. et al. Systematic review on raphide morphotype calcium oxalate crystals in angiosperms // *AoB Plants*. 2023. V. 15, № 4. P. 15–31.
3. Tooulakou G. et al. Reevaluation of the plant "gemstones": Calcium oxalate crystals sustain photosynthesis under drought conditions // *Plant Signal Behav*. 2016. V. 11, № 9. P. 157-165
4. Коробко В. В., Лучкина Д. В. Кристаллогенез в однолетнем побеге катальпы, как реакция на неблагоприятные условия среды // *Живые системы 2023: сборник научных статей*. Саратов: 2023. С. 64–66.
5. Рой Ю. Ф., Бойко В. И. Анатомическое строение сердцевины и древесины однолетнего стебля *Catalpa speciosa* (Warder ex Barney) Warder ex Engelm. В условиях юго-запада Беларуси // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2021. № 60. С. 144–146.

УДК 577.152.34

### **Характеристики протеолитической активности микоассоциированных микромицетов**

*В. М. Лямина, С. О. Липей, А. В. Александрова, А. А. Осмоловский*

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
lyaminavm@mail.ru

Ключевые слова: микромицеты, микофилы, протеазы.

Микоассоциированные микромицеты – малоизученная экологическая группа микроскопических грибов, паразитирующих на других грибах (истинные микофилы) или заселяющих пораженные грибы (сапротрофные ассоцианты [1]). Представители этой группы на данный момент интересны человеку как продуценты антибиотиков [2] и метаболитов-компонентов удобрений. Однако про их протеазную активность известно крайне мало.

Целью данной работы было изучить и сравнить протеолитическую активность различных штаммов, как истинно микофильных, так и ассоциированных с пораженными грибами. В ходе работы изучали действие протеаз на разные по структуре белки: глобулярные и фибриллярные, различной степени сложности ферментативной деградации.

Из природных образцов грибов-хозяев было выделено 19 штаммов микромицетов, также 20 штаммов было получено из коллекции кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ. На первом этапе исследования проводили поверхностное культивирование штаммов на агаризованных средах в чашках Петри с последующим измерением величин энзиматических индексов (EI). Среда содержали (в %):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0.05,  $\text{MgSO}_4$  – 0.025, пептон – 0.5, агар – 1.5, расщепляемый субстрат – либо 0.5 кератина или гемоглобина, либо 1.0 казеина, эластина или коллагена. Измерения проводили на 7 сутки культивирования.

На следующем этапе проводили глубинное культивирование микромицетов на двух средах (ФС1 и ФС2), в течение которого измеряли протеолитическую активность с разными субстратами. ФС1 содержала (в %): глицерин – 7.0, глюкозу – 3.0,



гидролизат рыбной муки – 3.0,  $\text{NaNO}_3$  – 0.2,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0.1. Состав ФС2 (в %): глюкоза – 3.5, крахмал – 0.125, гидролизат рыбной муки – 0.5, пептон – 0.5,  $\text{NaCl}$  – 0.2,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0.05,  $\text{MgSO}_4$  – 0.05. Грибы культивировали в течение 10 суток, ежедневно отбирая пробы культуральной жидкости с последующим отделением от нее биомассы фильтрованием. Для определения протеолитической активности к пробе добавляли соответствующие субстраты: азоказеин, азоколл, кератин, Hide Powder Azure (НРА). С помощью спектрофотометра фиксировали оптическую плотность реакционных смесей, из чего получали протеолитическую активность.

По результатам эксперимента на агаризованных средах были отобраны 3 штамма с наибольшей протеолитической активностью к различным субстратам: один из них проявлял наибольшую среди микофилов активность на среде с желатином ( $\text{EI}=1.63$ ) и имел контрастную зону гидролиза на среде с кератином ( $\text{EI}=1.40$ ); второй – с коллагеном ( $\text{EI}=1.12$ , отличается большей контрастностью от других штаммов), третий – на средах с казеином ( $\text{EI}=2.25$ ), желатином ( $\text{EI}=2.20$ ) и эластином ( $\text{EI}=1.06$ , несмотря на близкое к 1 значение, оно оказалось наибольшим для исследованных штаммов). Первый из перечисленных штаммов – истинный микофил *Hypomyces aurantius*, выделенный из трутового гриба, найденного в Ругозерской губе Кандалакшского залива Белого моря. Второй – микоассоциированный сапротроф *Aspergillus ustus*, выделенный с миксомицета, Mountseny Massif, Испания. Третий – *Penicillium janczewskii*, выделенный с сапротрофного трутового гриба с о. Шмидта в оз. Кроноцкое, Камчатский край. Желатиназная активность *P. janczewskii* оказалась больше, чем у *H. aurantius*, однако он не является истинным микофилом, поэтому для последующего эксперимента взяли оба штамма – и истинного микофила, и ассоциированного сапротрофа. Помимо этих штаммов, при поверхностном культивировании высокие активности были зафиксированы у двух коллекционных штаммов истинно микофильного вида *Cladobotryum verticillatum*. Один из них имел желатиназную активность  $\text{EI}=2.07$  и коллагеназную  $\text{EI}=1.21$ , второй – желатиназную  $\text{EI}=3.42$ .



**Рисунок – Динамика кератинолитической активности трех отобранных культур на двух разных средах**

Полученные в ходе поверхностного культивирования данные о высокой кератинолитической активности *H. aurantius* подтвердились при спектрофотометрическом анализе активности ферментов. На одной из сред уже на третьи сутки культивирования она была выше, чем у других штаммов, в то время как активности остальных выросли лишь на 5 сутки (см. рисунок). Штамм также показал

наибольшую активность по отношению к НРА, однако полученное значение – среднее по величине относительно результатов других исследований [3]. С остальными субстратами истинный микофил не показывал высокой протеолитической активности или быстрого ее появления в течение роста культуры. Наибольшие активности к азоказеину проявлял *A. ustus*, к азоколлу – *P. janczewskii*.

Список литературы:

1. Рудаков О. Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение. М.: Наука, 1981. 160 с.
2. Буракаева А. Д., Карпова Г. В. Новый антифунгальный антибиотик, продуцируемый *Hypomyces rosellus* ВПКМ F-242 и фенотипически близкими штаммами // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. Т. 12, № 131. С. 323–324.
3. Тиморшина С. Н. и др. Протеолитические ферменты микромицетов рода *Aspergillus*, гидролизующие фибриллярные белки, для биомедицины и биотехнологических процессов // Вестник Московского университета. Серия Биология. 2022. Т. 77, № 3. С. 195–200.

УДК 579.6

### **Оптимизация технологии получения фаговых антител для индикации тетрациклина**

*А. В. Мартыненко<sup>1</sup>, О. А. Караваева<sup>2</sup>, Д. Е. Щербакова<sup>1</sup>, А. Н. Эль Хих<sup>1</sup>, О. И. Гулий<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, г. Саратов, Россия  
lika\_martynenko2002@mail.ru

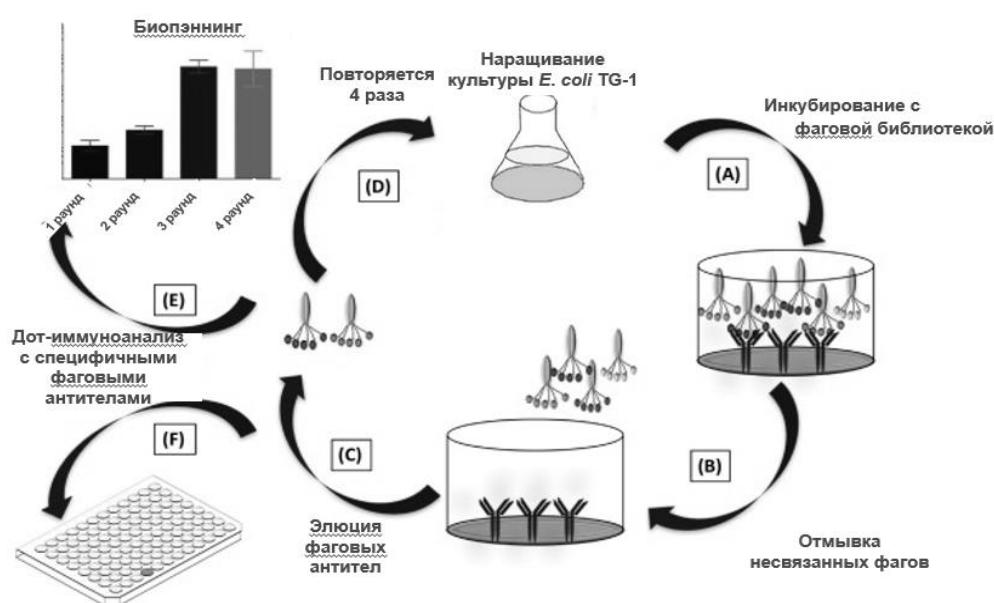
Ключевые слова: фаговый дисплей, индикация, фаговые антитела, антибиотики, тетрациклин.

В связи с революционным открытием противомикробной активности пенициллина наступил новый этап в истории человечества. В настоящее время антибиотики являются незаменимым средством против бактерий, однако чрезмерное применение противомикробных препаратов приводит к их накоплению в объектах окружающей среды, водных ресурсах, продуктах животного происхождения, что негативно сказывается не только на экологии, но и на здоровье людей. По данным ВОЗ на 2019 г. увеличение количества антибиотикорезистентных микроорганизмов является одной из глобальных угроз общественному здравоохранению, организация призвала разработать соответствующий план действий для борьбы с надвигающимся кризисом [1]. Использование антибиотиков приводит к устойчивости к данным препаратам и появлению их и продуктов их деградации в окружающей среде и продуктах питания. В связи с этим возрастает потребность в стимулировании развития новых методов контроля антибактериальных препаратов, особенно, в водных ресурсах.

Актуальным является разработка ускоренных методов для контроля антибактериальных веществ в объектах окружающей среды, среди которых лидирующее положение занимают сенсорные методы. Необходимым условием при разработке сенсорных систем индикации антибиотиков является подбор биоселективного элемента, с помощью которого определяется целевой аналит. Самыми популярными биоселективными агентами являются антитела. Особый интерес представляет развитие способа получения антител с применением технологии фагового дисплея. Данная методика известна с 1980-х гг., когда Дж. Смит показал возможность замены белка на поверхности нитчатого бактериофага M13, с дальнейшим получением

фаговых антител [2]. Такие иммуноглобулины обладают рядом преимуществ: высокая стабильность, дешевое производство, достижение высокой специфичности после проведения нескольких раундов селекции, простота использования.

В работе оптимизирована методика получения антител, специфичных к антибиотикам на примере тетрациклина, с применением технологии фагового дисплея и *Escherichia coli* штамма TG-1. Общая схема проведения экспериментов представлена на рисунке. В результате исследований установлено, что для повышения чувствительности фаговых антител рекомендовано проводить не менее 4-х раундов селекции. После каждого раунда биоэннинга для контроля чувствительности и специфичности фаговых антител использовали дот-иммуноанализ [3]. Показана возможность применения антитетрациклиновых фаговых антител для определения тетрациклина, минимально детектируемая концентрация антибиотика составляет 1 мкг/мл.



**Рисунок – Схема проведения исследований с применением технологии фагового дисплея**

Таким образом, технология фагового дисплея является многообещающей платформой для получения антител, специфичных к антибиотикам. На примере тетрациклина установлено, что антитела, полученные с помощью технологии фагового дисплея, применимы для определения антибиотиков.

Благодарности и источники финансирования работы:  
Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 24-24-00309.

Список литературы:

1. Всемирная организация здравоохранения // URL: <https://www.who.int/ru/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019> (дата обращения: 21.02.2024).
2. Smith G. P., Scott J. K. Libraries of peptides and proteins displayed on filamentous phage // *Methods in enzymology*. 1993. V. 217. P. 228–257.
3. Griep R. A. et al. Development of specific recombinant monoclonal antibodies against the lipopolysaccharide of *Ralstonia solanacearum* race 3 // *Phytopathology*. 1998. V. 88, № 8. P. 795–803.

## Оценка линии-гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П на склонность к андрогенезу

В. С. Морозова, О. В. Гупорова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
vitulya\_morozova\_2020@mail.ru

Ключевые слова: кукуруза, андрогенез *in vivo*, гаплоид.

Андрогенез – это явление замещения ядра яйцеклетки на ядро спермия, в результате которого возникают особи, имеющие отцовский геном и материнскую цитоплазму. Частота андрогенеза у кукурузы очень низкая 1 : 80000–800000 [1]. Поэтому, актуальным является поиск доноров андрогенеза и создание линий с высокой частотой данного явления. Проблема андрогенеза также важна в связи с наличием фактов о том, что цитоплазма способна оказывать влияние на признаки, имеющие значение в сельскохозяйственной практике: ЦМС, гетерозис, устойчивость к заболеваниям и вредителям, длина вегетационного периода, урожайность, повышенная мутабельность. Используя андрогенез, наиболее быстрым путем за одно-два поколения можно достичь сочетания желаемых типов цитоплазмы и геномов, что значительно сокращает сроки селекционных работ [2]. Линия кукурузы ЗМС-П (Зародышевый маркер Саратовский – Пурпурный) обладает способностью индуцировать возникновение матроклиных (материнского типа) гаплоидов с частотой до 10 % у разных материнских форм при использовании ее в качестве опылителя [3]. Склонность линии к индукции андрогенных гаплоидов позволила бы использовать ее для получения гаплоидов не только материнского, но и отцовского типа, а также, быть донором генов андрогенеза для других линий, лишенных этой способности.

Цель настоящей работы заключалась в оценке возможности образования андрогенных гаплоидов у гаплоиндуцирующей линии кукурузы ЗМС-П при свободном опылении.

Объектом исследования послужили 15 семей (семья – потомство одного початка) линии-гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П. Анализировали зерновки, полученные в результате свободного опыления растений семей изучаемой линии в поле в 2022 г. Свободное опыление подразумевает неконтролируемые скрещивания, не требующие изоляции растений и искусственного опыления.

Исследование проводили в несколько этапов. На первом этапе отобрали из имеющихся зерновок каждой семьи, используя метод генетического маркирования, предполагаемые андрогенные гаплоиды. Гаплоиндуктор ЗМС-П имеет доминантные гены-маркеры окраски эндосперма и зародыша. При опылении его пыльцой растений материнских форм, имеющих данные гены в рецессивном состоянии, гибридные зерновки имеют маркированный темным пятном эндосперм и окрашенный диплоидный зародыш. В случае, когда сформирован гаплоидный зародыш, эндосперм оказывается маркированным (гибридным), а зародыш неокрашенным (как у материнской формы). Таким образом, при опылении гаплоиндуктором материнских форм с рецессивными генами-маркерами, мы получаем матроклиные гаплоиды, а при использовании гаплоиндуктора в качестве материнского растения, при его опылении пыльцой растений с рецессивными генами, полученные гаплоиды с рецессивными признаками можно считать андрогенными.

В связи с тем, что в окружении растений гаплоиндуктора росли растения линий, имеющих маркерные гены в рецессивном состоянии, гаплоиды материнского типа должны быть окрашенными, отцовского – неокрашенными. То есть, были отобраны зерновки с маркированным эндоспермом и немаркированным зародышем.

Все зерновки проростили, в том числе, полностью маркированные. Среди проростков морфометрическим методом были отобраны предполагаемые гаплоидные растения и выращены до стадии 3–5 листьев. Как правило, они имели меньшего размера корешки и побеги, короткий и широкий первый лист. Были зафиксированы корешки предполагаемых гаплоидов (матроклинных и андрогенных). Пloidность растений была подтверждена с использованием цитогенетического метода [4], давленные препараты корешков анализировали за микроскопом «Primo Star» (С. Zeiss).

Была рассчитана частота матроклинных (маркированных) и андрогенных (немаркированных) гаплоидов. Частота рассчитывалась как отношение количества гаплоидных проростков к общему количеству анализируемых проростков, умноженное на 100 % для каждой семьи (см. таблицу).

Таким образом, среди 5162 проростков было выявлено 15 гаплоидов, из которых 13 маркированных и 2 немаркированных (андрогенных). Средняя частота гаплоидных проростков материнского типа (маркированных) составила 0,25 %, а немаркированных (андрогенных) – 0,04 %. Гаплоиды материнского типа возникли в результате самоопыления, или опыления пыльцой других семей данной линии в потомстве девяти семей. Андрогенные гаплоиды присутствовали в потомстве вариантов 6.9.3 и 6.16.4. По результатам исследования можно предположить, что линия ЗМС-П обладает способностью к андрогенезу, средняя частота которого составила 0,04 %.

**Таблица – Количество гаплоидов среди потомства свободноопыленных растений семей линии ЗМС-П**

Вариант (семья)	Количество гаплоидных проростков				Количество диплоидных проростков, шт.	Всего проростков, шт.
	маркированных		немаркированных			
	шт.	%	шт.	%		
6.7.1	0	0,00	0	0,00	332	332
6.7.2	0	0,00	0	0,00	5	5
6.7.3	1	1,45	0	0,00	68	69
6.8.1	1	0,18	0	0,00	558	559
6.8.2	1	0,24	0	0,00	413	414
6.8.3	1	0,41	0	0,00	240	241
6.8.4	0	0,00	0	0,00	278	278
6.9.1	0	0,00	0	0,00	180	180
6.9.2	4	0,66	0	0,00	601	605
6.9.3	1	0,25	1	0,25	406	408
6.9.4	0	0,00	0	0,00	171	171
6.15.1	1	0,09	0	0,00	1055	1056
6.16.1	0	0,00	0	0,00	89	89
6.16.3	2	0,53	0	0,00	378	380
6.16.4	1	0,27	1	0,27	373	375
<b>всего</b>	<b>13</b>	<b>0,25</b>	<b>2</b>	<b>0,04</b>	<b>5147</b>	<b>5162</b>

Список литературы:

1. Завалишина А. Н., Тырнов В. С. Получение форм кукурузы с замещенной цитоплазмой методом андрогенеза *in vivo* // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2003. № 2. С. 187–194.
2. Хохлов С. С. Гаплоидия и селекция // М.: Наука, 1976. 221 с.
3. Гуторова О. В., Юдакова О. И., Зайцев С. А. Оценка эффективности гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П // Аграрный научный журнал. 2019. № 7. С. 14–18.
4. Пухальский В. А. и др. Практикум по цитологии и цитогенетики растений. М.: Колос, 2007. 198 с.

**Когнитивно-визуальный подход при обучении анатомии растений  
в ходе подготовки школьников к олимпиаде по биологии**

*Е. А. Никитина, В. В. Коробко*

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского, Саратов, Россия  
nikitinaliza03@mail.ru

Ключевые слова: когнитивно–визуальный подход, подготовка к олимпиаде, обучение анатомии растений.

Сущность обучения, строящегося на когнитивно–визуальной основе, состоит в переносе приоритета с иллюстративной функции наглядности на ее познавательную функцию, тем самым обеспечивая перенос акцента с обучающей функции на развивающую [1]. Реализация такого подхода предполагает целенаправленное и систематическое использование наглядности на каждом из этапов учебного процесса: мотивационно-ориентировочном, исполнительно-деятельностном, контрольно-оценочном [2].

Одной из задач, которая поставлена перед педагогом при проведении занятий в биологическом кружке, является формирование умений и навыков исследовательской работы у школьников, включая работу с микропрепаратами, а именно идентификацию объекта на микропрепарате [3].

Начинать изучение особенностей строения стебля растений мы рекомендуем со схематичного изображения на доске поперечного среза стебля первичного строения, обозначения на схеме частей в составе первичной коры, центрального цилиндра. Далее необходимо рассмотрение постоянных препаратов срезов стебля двудольных травянистых растений (например, тыква, кирказон, подсолнечник), в процессе которого школьники должны сопоставить схему строения стебля, изображенную на доске, с препаратами, выделить части стебля, идентифицировать ткани, входящие в их состав. Для активизации мыслительной деятельности следует задавать вопросы, подчеркивающие единство строения и функции клеток различных тканей. Например, при идентификации ткани, представляющей экзодерму стебля, можно выстроить вопросы следующим образом: «Какие особенности строения имеют клетки экзодермы? Какие функции могут выполнять клетки с таким строением? Почему клетки именно этой ткани представлены в экзодерме? Как именно называется эта ткань и чем отличается от других механических тканей?».

После изучения постоянного препарата школьники самостоятельно под руководством педагога делают серию продольных, поперечных временных препаратов свежего или зафиксированного материала. Для лучшей визуализации объекта и точной идентификации тканей рекомендуется применять методы гистохимического исследования растительного материала, ознакомив школьников со способами окрашивания срезов используемыми красителями. Для лучшего запоминания рекомендуется составить в рабочих тетрадях таблицу или раздать дидактические материалы, содержащие эту информацию. После того, как срезы подготовлены для изучения, школьники должны их рассмотреть, сделать учебные рисунки в тетради и пояснительные надписи к ним. После изучения строения стебля двудольных растений, следует, используя схему строения первичного стебля травянистых, выделить отличительные особенности внутренней организации однодольных растений, и сначала на постоянных препаратах, а затем на самостоятельно приготовленных временных препаратах рассмотреть анатомию стебля однодольных (кукуруза, пшеница, рожь и др.).

На контрольно-оценочном этапе работы мы предлагаем школьникам фрагменты стеблей растений, названия которых им неизвестны, для приготовления временных препаратов, идентификации тканей на срезе, определения принадлежности растения к однодольным или двудольным. При выполнении учащимися задания мы проводим контроль полученных знаний (см. таблицу) с учетом разных уровней активизации когнитивных процессов, определенных Блумом [4].

Разработанная и примененная на занятиях биологического кружка методика предполагает организацию процесса обучения в визуальной учебной среде, при которой педагог не только преподносит содержание в готовом виде, но и стимулирует мыслительную и вербальную деятельность учащихся, регулирует их познавательную активность.

**Таблица – Контроль полученных знаний с учетом уровня активизации мыслительных процессов**

Уровень активизации мыслительных процессов	Вопросы и задания
Познание	Перечислите части стебля первичного строения; назовите ткани, которые входят в состав первичной коры и центрального цилиндра.
Понимание	Сравните строение стебля однодольных и двудольных и выделите основные различия; объясните различия между закрытыми и открытыми проводящими пучками; объясните функциональную значимость разного типа утолщения клеточной стенки сосудов.
Применение	Определите функцию клеток тканей на препарате, основываясь на строении протопласта и клеточной стенки; выполните рисунок и обозначьте на нем части стебля; проведите гистохимическое исследование препарата.
Анализ	Выявите особенности строения стебля на препарате полученного вами срезом; сравните анализируемый объект с ранее изученными проанализируйте препарат после применения красителей и объясните клетки каких тканей окрасились и почему.
Синтез	Основываясь на знаниях о структурно–функциональной организации тканей и результатах гистохимического исследования, обозначьте на рисунке ткани, входящие в состав первичной коры и центрального цилиндра.
Оценка	Определите к какому из классов – однодольным или двудольным относится растение, стебель которого вы изучили; аргументируйте ответ; оцените качество приготовленного вами препарата.

Список литературы:

1. Далингер В. А. Обучение математике на основе когнитивно-визуального подхода // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 1. С. 299–305.
2. Матюшенко С. В., Князева О. О. Новый формат принципа «Наглядность в обучении» // Вестник СИБИТа. 2022. № 4. С. 59–66.
3. Коробко В. В., Касаткин М. Ю. Формирование умений и навыков школьников в процессе подготовки к олимпиаде по биологии. Развитие одаренности в контексте больших вызовов: методология, проекты, технологии: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Саратов: Наука, 2023. С. 173–178.
4. Anderson L. W., Krathwohl D. R. Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives // Pearson. 2000. P. 28–31.

## Оценка количественных показателей физиологических групп микроорганизмов почв г. Балаково, участвующих в процессах круговорота азота

*А. А. Овечкина, Д. М. Голубев, Д. Д. Нестеркина, Е. В. Глинская*  
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
ovechkinaanastassia@yandex.ru

Ключевые слова: физиологические группы бактерий, почва, антропогенное загрязнение.

Темпы развития промышленности оказывают значительное негативное влияние на экологическое состояние городов, в особенности, на почвы. В природе ключевым процессом является геохимический круговорот азота – важного элемента для всех живых организмов. Азот необходим для построения молекул белков, нуклеиновых кислот и других соединений. В процессе трансформации азота главная роль отведена бактериям, поэтому изменения в микробном сообществе, вызванные антропогенной деятельностью человека, влияют на плодородие и качество почв [1].

Целью исследования стала оценка количественных показателей физиологических групп микроорганизмов, участвующих в процессах круговорота азота: азотфиксирующих, аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, выделенных из проб антропогенно измененных почв г. Балаково.

Город Балаково представляет собой промышленный центр Саратовской области, на территории которого находятся крупные энергетические, химические, металлургические предприятия, являющиеся основным источником загрязнения почв [2]. Объектами исследования послужили образцы почв, отобранные в черте г. Балаково в летний период 2023 г. Всего исследовано 34 пробы (см. рисунок).

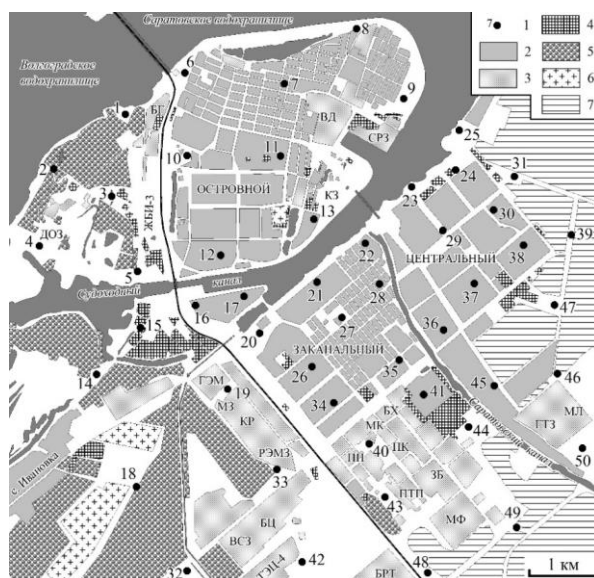


Рисунок – Карта отбора проб почв г. Балаково

Для выделения свободноживущих азотфиксирующих, аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих микроорганизмов использовали метод последовательного разведения и высева на агаризованные питательные среды Эшби, пептонный агар, Виноградского, ГРМ-агар с добавлением 0,1 %  $KNO_3$  соответственно [3]. Посевы инкубировали в термостате при температуре  $+28^\circ C$  в течение 3–5 суток, посевы со средой ГРМ-агар с добавлением 0,1 %  $KNO_3$  культивировали в эксикаторе в микроаэрофильных условиях в течении 3 суток.



Анализ полученных результатов показал, что в пробах, отобранных на территории г. Балаково, численность азотфиксирующих бактерий варьировала от 5,3 до 7,3 lg КОЕ/г, аммонифицирующих – от 6,2 до 10,0 lg КОЕ/г, нитрифицирующих – от 5,0 до 6,3 lg КОЕ/г, денитрифицирующих – от 5,0 до 7,0 lg КОЕ/г (см. таблицу).

**Таблица – Сравнение количественных показателей исследуемых групп микроорганизмов, выделенных из почв г. Балаково**

Группы микроорганизмов	Минимальная численность, lg КОЕ/г почвы	Максимальная численность, lg КОЕ/г почвы
Азотфиксаторы	5,3	7,3
Аммонификаторы	6,2	10,0
Нитрификаторы	5,0	6,3
Денитрификаторы	5,0	7,0

Максимальное количество бактерий исследуемых физиологических групп было зафиксировано в пробах, отобранных из зеленых зон города. Пробы, взятые с территории промышленной зоны города, характеризовались минимальной численностью бактерий, участвующих в круговороте азота в почве.

Результаты исследования показали, что численность физиологических групп микроорганизмов, участвующих в превращении азота в почве, выше в пробах, отобранных с зон, подвергшихся меньшему антропогенному воздействию. Предположительно, низкая численность бактерий в исследуемых группах связана с негативным влиянием антропогенной деятельности человека на почвы.

Список литературы:

1. Kuypers M. M., Marchant N. K., Kartal B. The microbial nitrogen-cycling network // Nature Reviews Microbiology. 2018. V. 16. P. 263–276.
2. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды на территории деятельности Саратовского ЦГМС – филиала ФГБУ «Приволжское УГМС» за 2022 г. Саратов: Саратовский ЦГМС, 2023. 92 с.
3. Нетрусов А. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.

УДК 547.972.35

### **Особенности флуоресценции кверцетина при взаимодействии с некоторыми оксидоредуктазами**

*А. С. Олейников, Ю. П. Федоненко, В. С. Гринев*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
oleunikov20\_anton02@mail.ru

Ключевые слова: кверцетин, флавоноиды, флуоресценция.

В настоящее время уделяется особое внимание исследованию вторичных метаболитов растений – фенольных соединений, в частности флавоноидов, распространенных во всех органах и тканях [1]. Одним из изученных представителей этой группы является кверцетин, играющий важную роль в жизни растений в качестве сигнальной молекулы [2], которую не раз обнаруживали в ризосфере растений, вступающих в симбиотические взаимодействия с азотфиксирующими бактериями. Показано, что этот флавоноид может индуцировать активность ряда бактериальных генов, задействованных в формировании эффективного симбиоза. Поскольку

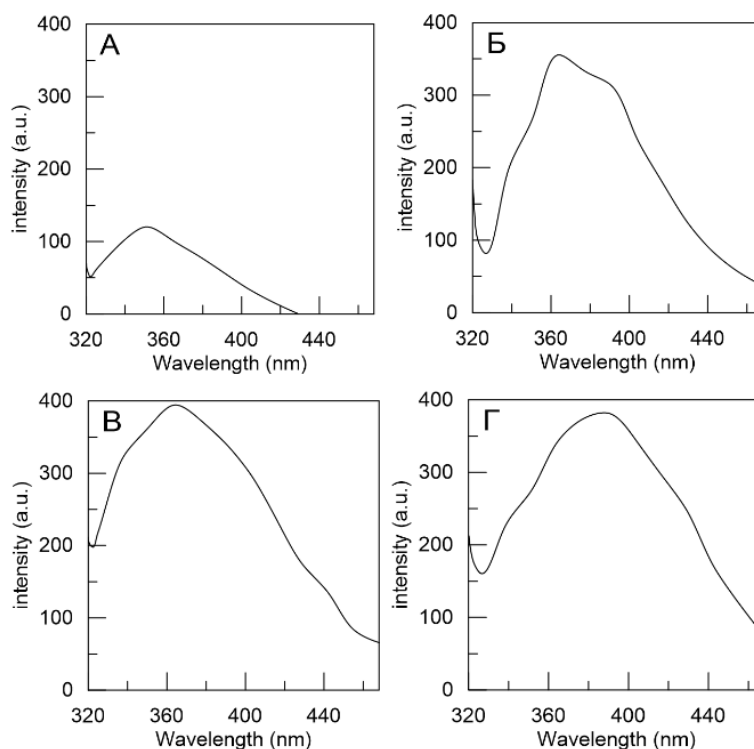
кверцетин является слабой пятиосновной кислотой  $H_5A$ , то актуальным остается вопрос, какая из его форм наиболее активна в процессе взаимодействия с бактериями. Кроме того, кверцетин может существовать в протонированной по карбонильному атому кислорода катионной форме  $H_6A^+$  [3]. Отсутствие надежных данных о кислотно-основных свойствах функциональных групп кверцетина также усложняет описание процессов их взаимодействия с компонентами химических систем как неорганической, так и органической природы. Кверцетин способен флуоресцировать в растворе, причем его флуоресценция может усиливаться или гаситься при различных значениях pH [4], что позволяет использовать это свойство для детекции изменений в его структуре. В нормальных условиях при pH 7 кверцетин, как полифенол, способен к образованию нескольких таутомерных анионных форм [3]. На основании цветометрического изучения кислотно-основных свойств кверцетина в водных растворах была предложена диаграмма распределения ионно-молекулярных форм кверцетина в диапазоне pH 1–13 [5]. Однако следует учитывать, что при взаимодействии с бактериальными клетками под действием экстраклеточных ферментов последних кверцетин может подвергаться окислению, дегидрированию или конденсации, в результате чего могут образовываться различные продукты, что, в свою очередь, не может не влиять на уровень интенсивности его флуоресценции.

Целью настоящего исследования было выявление зависимости изменения флуоресценции кверцетина под воздействием экстраклеточного ферментного препарата бактерий *Herbaspirillum frisingense* GSF30<sup>T</sup>.

В работе был использован раствор кверцетина (100 мкг/мл) в деионизованной воде, навеску которого предварительно растворяли в минимальном объеме этилового спирта (50 мкл), а затем доводили водой до конечного объема раствора (5 мл). Анализировали флуоресценцию водных растворов кверцетина при pH 6.4 и pH 12, которую достигали титрованием 40 %-ным раствором KOH. Также использовали раствор кверцетина, к которому добавляли культуральную жидкость суточной культуры эндосимбионта растений *H. frisingense* GSF30<sup>T</sup>. Этот экспериментальный вариант также анализировали при двух значениях pH, описанных выше. Измерение флуоресценции растворов кверцетина проводили на флуориметре Carry Eclipse (Agilent). Результаты измерений были представлены в виде графиков, по которым определяли тенденцию изменения флуоресценции. Графики были построены в программе Grapher 11.

Мы использовали щелочной раствор кверцетина при pH 12, так как он демонстрировал максимальный уровень флуоресценции. Из представленных в литературе данных, известно, что в узком интервале pH 8–10 в водном растворе кверцетина одновременно могут существовать пять-шесть его кислотно-основных форм, что значительно затрудняет их характеристику оптическими и электрохимическими методами [5].

В результате проведенных экспериментов было установлено, что при переходе в депротонированную форму кверцетин, находящийся в растворе, начинает интенсивно флуоресцировать. При добавлении к раствору кверцетина ферментного препарата *H. frisingense* GSF30<sup>T</sup> наблюдали аналогичную по интенсивности флуоресценцию при pH 6.4, которая не снижалась при доведении значения pH 12, однако максимум спектра смещался на 20 нм (см. рисунок). Очевидно, что ферменты, экскретируемые бактериями в культуральную жидкость, способны депротонировать кверцетин в течение короткого времени воздействия (мин), и, возможно, именно эта форма молекулы активна в отношении бактерий.



**Рисунок – Флуоресценция раствора кверцетина. А, Б – pH 6.4 и 12.0; В, Г – pH 6.4 и 12 при добавлении ферментного препарата**

Результаты исследования открывают перспективы для детекции кверцетина в образцах природного происхождения с целью изучения его изменений при взаимодействии с другими макромолекулами.

Список литературы:

1. Saslowsky D. E., Warek U., Winkel B. S-J. Nuclear localization of flavonoid enzymes in *Arabidopsis* // Journal of Biological Chemistry. 2005. V. 280, № 25. P. 23735–23740.
2. Каневский М. В. и др. Влияние кверцетина на структуру липополисахарида внешней мембраны бактерий *Azospirillum lipoferum* SP59B // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, № 2. С 50–54.
3. Апрелькова Н. Ф. и др. Влияние состава фонового электролита на аналитический сигнал при электрохимическом исследовании дигидрокверцетина // Химия растительного сырья. 2010. Т. 4. С 83–86.
4. Mezzetti A. et al. Protic equilibria as the key factor of quercetin emission in solution. Relevance to biochemical and analytical studies // Physicochemical Chemistry Physics. 2011. V. 13, № 15. P. 6858–6864.
5. Чеботарёв А. Н., Снигур О. М. Цветометрическое изучение кислотно-основных свойств кверцетина в водных растворах // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70, № 1. С. 53–57.

**Дегградация трехкольцевого ПАУ фенантрена ризосферной бактерией  
*Neorhizobium petrolearium* Rsf11**

*М. В. Растерковская*<sup>1</sup>, *Е. В. Плевакова*<sup>1</sup>, *А. Ю. Муратова*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, г. Саратов, Россия  
margueriterasterkowski@gmail.com

Ключевые слова: *Neorhizobium petrolearium*, полициклические ароматические углеводороды, фенантрен, биодегградация.

Полиароматические углеводороды (ПАУ), образующиеся в результате неполного сгорания органических материалов, таких как нефть, уголь и древесина, относятся к приоритетным загрязняющим веществам окружающей среды. Они могут вызывать мутагенез, онкогенез, тератогенез, ингибирование роста, ускорение старения, токсикогенез и нарушение работы иммунологических систем, что приводит как к нарушению индивидуального развития и изменению генофонда, так и к нежелательным отклонениям в ценозах [1]. Перспективными методами выведения из биосферы ПАУ являются биологические методы, основанные на способности микроорганизмов утилизировать ароматические субстраты. Установлено, что биодегградация ПАУ микроорганизмами осуществляется интенсивнее в ризосфере растений, чем непосредственно в почве [2]. Высокая экологическая опасность загрязнения окружающей среды ПАУ, перспективность ее очистки микробиологическими методами в сочетании с недостатком фундаментальных и прикладных исследований в этой области определяют необходимость поиска новых ПАУ-деградующих микроорганизмов, обладающих комплексом полезных свойств, всестороннего исследования физиологических, генетических и экологических аспектов микробной дегградации ПАУ.

Целью настоящей работы являлось исследование дегградации трехкольцевого ПАУ фенантрена ризосферной бактерией *Neorhizobium petrolearium* и влияния на этот процесс ионов никеля. Для этого определяли рост микроорганизма на среде с фенантrenom в качестве единственного источника углерода и энергии, оценивали дегградацию фенантрена, проводили выделение и идентификацию его ключевых метаболитов, а также определяли активность вовлеченного в дегградацию ПАУ ферментов – фенантренхинон редуктазы и протокатехоат диоксигеназы. Дополнительно оценивали влияние ионов никеля как сопутствующего загрязнителя среды на рост бактерии и дегградацию ПАУ.

В работе использовали штамм *Neorhizobium petrolearium* Rsf11 (IBPPM 350) из Коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН (<http://collection.ibppm.ru>). Бактерии культивировали в колбах Эрленмейера в 50 мл минеральной среды с фенантrenom в качестве источника углерода и энергии при температуре 29 °С в условиях принудительной аэрации на орбитальном шейкере при 140 об/мин в течение 14 сут. Оптическая плотность исходной посевной дозы составляла 1,0 ед. при длине волны 440 нм. В качестве контроля использовали среду без микроорганизмов. Эксперименты проводили в трех повторностях. Влияние никеля оценивали, добавляя в среду металл в виде соли NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O до конечной концентрации ионов никеля 0; 0,1; 0,2 и 0,5 ммоль/л. Рост микроорганизма контролировали измерением оптической плотности культуральной жидкости при λ=440 нм на фотоколориметре КФК-2 (Россия) в кювете с длиной оптического пути 1,0 см. Биодегградацию фенантрена оценивали с помощью газовой хроматографии на приборе Shimadzu 2010 (Япония) с пламенно-

ионизационным детектором. Анализ промежуточных метаболитов деградации фенантрена проводили с помощью тонкослойной хроматографии (ТСХ) методом разделения концентрированных этилацетатных экстрактов культуральной жидкости на алюминиевых пластинах (5×10 см) с силикагелем 60 F254 (Merck, Германия). Для разделения метаболитов с помощью ТСХ использовали элюирующую систему бензол : диоксан : уксусная кислота. Для идентификации промежуточных метаболитов деградации использовали ряд свидетелей. Дополнительно, с целью количественной оценки образующихся метаболитов этилацетатные экстракты культуральной жидкости анализировали с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе Agilent Technologies 1220 Infinity II (Agilent Technology, Waldbronn, Германия). Активность ферментов фенантренхинон редуктазы и протокатехоат диоксигеназы, связанных с катаболизмом ПАУ, определяли спектрофотометрически на спектрометре Evolution 60 (Thermo Scientific, США), выражая в мкмоль субстрата в минуту и на мг белка [3].

Результаты проведенных исследований показали, что рост бактерии *N. petrolearium* Rsfl1 на среде с фенантrenom достигал максимума на 10 сут. культивирования. Прирост биомассы бактерии не был значительным, что свидетельствовало о том, что микроорганизм использовал фенантрен преимущественно в качестве источника энергии. К 14 сут. культивирования деградация фенантрена исследуемым микроорганизмом достигала 58 % и сопровождалась накоплением в среде основного метаболита – 1-гидрокси-2-нафтойной кислоты. Установлено, что добавление в среду культивирования ионов никеля ингибировало деградацию фенантрена на 48–95 % в зависимости от использованных концентраций металла. При этом во всех вариантах опыта наблюдалось образование ключевого метаболита, 1-гидрокси-2-нафтойной кислоты, хотя концентрация ее ожидаемо снижалась. У штамма *N. petrolearium* Rsfl1 была выявлена активность ферментов, вовлеченных в метаболизм фенантрена – фенантренхинон редуктазы и протокатехоат диоксигеназы – на уровне 6 и 1 мкмоль/мин/мг белка соответственно. Влияние никеля на активность ферментов оценивали путем внесения ионов никеля (до конечной концентрации 0,1–5,0 ммоль/л) в реакционные смеси и измерением остаточной ферментативной активности. Установлено, что под влиянием никеля активность фенантренхинон редуктазы не изменялась, тогда как активность протокатехоат диоксигеназы – увеличивалась.

Проведенное исследование позволило дать количественную и качественную характеристику микробной деградации фенантрена штаммом ризобий *N. petrolearium* Rsfl1, а также охарактеризовать влияние ионов никеля на этот процесс. На основании полученных данных можно разрабатывать подходы к использованию этой ризобактерии-деструктора в экобиотехнологии очистки техногенно загрязненных экосистем.

Благодарности и источники финансирования работы:

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 23–24–00578).

Список литературы:

1. Yang L. et al. Exposure to atmospheric particulate matter-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their health effects: A review // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. V. 18, № 4. P. 27–52.
2. Bisht S. et al. Bioremediation of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) using rhizosphere technology // Brazilian Journal of Microbiology. 2015. V. 46, № 1. P. 7–21.
3. Kim Y-H. et al. Evidence for the existence of PAH-quinone reductase and Catechol-O-methyltransferase in *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1 // Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 2004. V. 31, № 11. P. 507–516.

## Оценка экотоксичности меламина с использованием комплекса тест–организмов

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

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

savenkova.maria.s@yandex.ru

<mailto:milena.kasatkina22@yandex.ru>

Ключевые слова: меламина, *Dietzia maris* АМЗ, *Chlorella vulgaris*, *Daphnia magna*, рясковый тест.

Наиболее распространённым и результативным способом снижения горючести пластмассовых и других полимерных материалов является применение антипиренов. Меламина (1,3,5-триазин-2,4,6-триамин) – это азотсодержащий органический антипирен. Меламина наиболее часто используется в нейлонах, полиолефинах, пенополиуретанах, огнестойких красках, текстиле и обоях. Также он наряду с другими представители семейства триазинов ранее рассматривался в качестве удобрения. Его минерализация с образованием легкодоступных форм азота преимущественно осуществляется с участием микроорганизмов, однако исследования показали, что разложение триазинов в почве не всегда завершается, даже когда почва инокулируется штаммами, разлагающими триазин, в результате чего происходит их накопление. В окружающей среде меламина содержится преимущественно в воде, ПДК меламина в воде составляет 4 мг/л, признак вредности – санитарно-токсикологический, класс опасности – 2 (высокоопасные вещества) [1].

Меламина не метаболизируется в организме, не проявляет генотоксичности и канцерогенных свойств. Однако при длительном употреблении оказывает нефротоксическое и гепатотоксическое и действие. Высокие дозы меламина приводят у детей и домашних животных к образованию нерастворимых кристаллов в мочевыделительной системе и почечной недостаточности [2], особенно в присутствии циануровой кислоты. Экотоксичность меламина изучена недостаточно. Исследования острой и хронической токсичности меламина, проведенные на *Tetrahymena pyriformis*, *T. thermophila*, *Scenedesmus pannonicus*, *Sc. obliquus*, *Daphnia magna*, показали слабую степень его токсичности. Значения LC<sub>10</sub> и LC<sub>50</sub> для этих организмов значительно превышают ПДК меламина в воде [3].

Цель настоящих исследований состояла в комплексной оценке токсичности меламина в водных растворах при концентрациях равных ПДК (4 мг/л), 5 ПДК (20 мг/л) и 10 ПДК (40 мг/л) в сравнении с контролем. Были использованы следующие тест-организмы: микроорганизм *Dietzia maris* АМЗ, одноклеточная водоросль *Chlorella vulgaris*, рачки *Daphnia magna* и водное растение *Lemna minor* (ряска малая). Все варианты были изучены в трёх повторностях. Химически чистый меламина представлял собой бесцветные, не имеющие запаха кристаллы (Торговый дом «Воткинский завод теплоизоляционных материалов»).

Методика определения экотоксичности меламина с помощью *D. maris* АМЗ основана на определении дегидрогеназной активности путём сравнения количества образованного 2,3,5-трифенилформаза (2,3,5-ТФФ) [4]. Дегидрогеназы высоко чувствительны к действию токсичных веществ, в присутствии которых их активность снижается. Экстрагирование 2,3,5-ТФФ проводили ацетоном, экстракт колориметрировали при  $\lambda=440$  нм. Было установлено стимулирующее воздействие меламина в концентрациях ПДК, 5 ПДК и 10 ПДК на активность дегидрогеназ *D. maris* АМЗ, которая была выше, чем в контроле на 40,4, 19,3 и 10,5 % соответственно, что указывает на слабую токсичность. Учитывая имеющиеся литературные данные о влиянии органических источников азота на скорость роста и накопление биомассы актинобактерий, полученные результаты предположительно связаны с высоким

содержанием азота в меламинае.

Планктонные водоросли являются чувствительными индикаторами для тестирования воздействий различных веществ, поступающих в воду. Методика определения экотоксичности с помощью *Chlorella vulgaris* основана на регистрации различий в величине оптической плотности тест-культуры водоросли при  $\lambda=565,5$  нм в опыте и контроле после 22 ч культивирования. Было установлено, что растворы меламина с концентрациями 1–40 мг/л не оказывают токсического действия на хлореллу. Меламин в концентрациях ПДК, 5 ПДК и 10 ПДК оказывает стимулирующее влияние на рост клеток *Chlorella vulgaris*, отклонения от контроля составляют 21,4, 14,9 и 5,32 % соответственно. При концентрациях 1 и 2 мг/л значения оптической плотности достоверно от контроля неотличимы. Увеличение биомассы водоросли при культивировании в присутствии меламина, вероятно, также связано с повышением ассимиляции различных форм азота из растворов.

Оценка токсичности растворов меламина по смертности рачков *Daphnia magna* в 72-часовом эксперименте показала, что растворы меламина с концентрациями равными ПДК и 5 ПДК не оказывали токсического действия на дафний; при концентрации равной 10 ПДК гибель дафний составила 25 %, что указывает на слабую токсичность.

При биотестировании с использованием *Lemna minor* L. [5] через 2, 4 и 7 сут. культивирования регистрировали: число растений, общее число и среднее число корней и листочков, среднюю длину корней; средний размер листочков; изменение окраски листочков. Через 7 сут. спектрофотометрически определяли содержание хлорофилла, экстрагированного спиртом, при длине волны 665 нм, а затем проводили пересчёт в мг/г. Установлено, что меламин во всех исследованных концентрациях вызывал значительное снижение (на 47–52 %) содержания хлорофилла в листочках *L. minor* через 7 сут. культивирования. Снижение суммарного прироста ряски по сравнению с контролем наблюдали через 4 сут. под воздействием меламина во всех вариантах эксперимента, через 7 сут. – при действии меламина в концентрациях ПДК и 5 ПДК. При этих концентрациях меламина в среде культивирования число корней ряски также было снижено. Через 7 сут. культивирования ряски малой наблюдалась сходная картина по таким признакам, как число листочков, колоний и корней: меламин в концентрациях равных ПДК и 5 ПДК оказывал ингибирующее действие, а в концентрации равной 10 ПДК – стимулирующее.

Результаты, полученные с помощью многокомпонентной тест-системы, показали различия в чувствительности тест-организмов к воздействию меламина и способствовали получению экологически значимой оценке токсичности.

Список литературы:

1. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2. 1029 с.
2. Chu C. Y., Wang C. C. Toxicity of melamine: the public health concern // Journal of Environmental Science and Health. 2013. V. 31, № 4. P. 342–386.
3. Smith C. E. Water quality standards for melamine. A proposal in accordance with the methodology of the Water Framework Directive. Bilthoven: The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment, 2018. 48 p.
4. Плешакова Е. В. Разработка нового метода определения токсичности нефтезагрязнённой почвы // Вестник СГТУ. 2010, № 3. С. 188–193.
5. Цаценко Л. В., Пасхалиди В. Г. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Т. 4. № 176. С. 146–151.

### Особенности строения листовой подушки *Rhus typhina* L.

М. В. Сергеева, В. В. Коробко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
m4rina.sergeev4@gmail.com

Ключевые слова: *Rhus typhina* L., листовая подушка, анатомия сумаха.

Объектом исследования служили побеги *Rhus typhina* L. – вида растений семейства Анакардиевые (Anacardiaceae), имеющих высокую декоративную ценность, а также используемых в кулинарии и медицине.

Отбор проб проводился на территории г. Энгельса в июне-июле 2023 года. Изучение анатомической организации листовой подушки проведено на серии продольных и поперечных, полученных при помощи ручного микротома. Для идентификации тканей использованы гистохимические методы исследования срезов. Морфологические особенности расположения боковой почки на однолетнем побеге изучены на фиксированном материале при помощи МБС-9.

Структурные особенности основания листового черешка связаны с особенностями расположения боковой почки. На безлистном побеге боковые почки располагаются на круглом листовом рубце, что является отличительной особенностью данного вида [1]. Почки изученного нами вида являются прикрытыми (погруженными) и расположены во влагалищеобразном расширении листового черешка (см. рисунок). При этом, как сама почка, так и внутренняя поверхность листовой подушки, густо опушены, тогда как внешняя поверхность листовой подушки имеет опушение в меньшей степени, чем покровная ткань листового черешка.

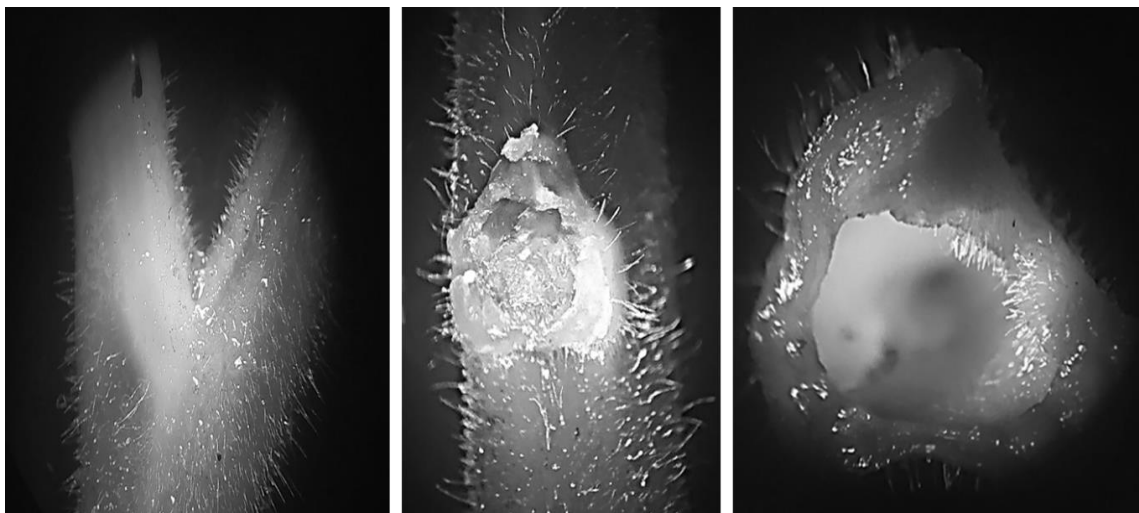


Рисунок – Особенности расположения боковой почки. Слева направо: внешний вид листовой подушки; боковая почка, окруженная остатками удаленной листовой подушки; полость внутри листовой подушки

Поверхность листовой подушки сверху покрыта эпидермисом, содержащим трихомы как кроющие, так и железистые. Кроющие трихомы простые, многоклеточные, однорядные, их длина варьирует от 170 до 496 мкм. Железистые трихомы многоклеточные с однорядной ножкой и шаровидной многоклеточной головкой с желтовато-бурым содержимым; их длина составляет от 74 и до 137 мкм.

Под эпидермисом располагается хорошо развитая уголкового колленхима.



Толщина колленхимы составляет от 74 до 103 мкм, диаметр клеток – 8–18 мкм. В колленхиме встречаются кристаллы оксалата кальция в виде друз.

Проводящая система представлена проводящими пучками коллатерального типа. Радиальный размер пучков от 186 до 358 мкм, тангентальный 229–439 мкм. Во флоэмной части проводящих пучков формируется довольно большая полость, диаметром от 57 до 114 мкм. В одной из работ [2], которая дает краткое описание строения стебля, корня и листа сумаха, отмечено, что вместилища в надземных органах сумаха имеют лизигенное происхождение.

В листовом черешке над флоэмной частью проводящих пучков располагается тяж склеренхимных волокон; у некоторых крупных пучков он приобретает на поперечном срезе подковообразную форму, окружая флоэму. В области листовой подушки над флоэмной частью пучка находится группа клеток, характеризующиеся плотным расположением, многоугольными очертаниями и незначительно утолщенной, по сравнению с окружающими паренхимными клетками, клеточными стенками. Гистохимическое исследование препарата не показало наличие лигнификации, свойственной клеточным стенкам склеренхимы. Можно предположить, что это волокна склеренхимы, имеющие желатинозные клеточные стенки. В последнее такие клеточные стенки считают третичными, так как желатинозный слой откладывается вслед за вторичной клеточной стенкой и имеет кардинально отличающиеся от нее характеристики, обуславливая такие свойства ткани как гибкость и дополнительную прочность [3].

В запасающей паренхиме, окружающей проводящие пучки, выявлены крахмальные зерна, масла, минеральные отложения в виде друз. Отметим, что друзы оксалата кальция, диаметром от 7 до 13 мкм, встречаются, главным образом, в ткани вокруг сформированных во флоэмной части пучков, выделительных каналов.

Покровная ткань внутренней части листовой подушки, формирующей влагиалицеобразную полость для боковой почки, представлена клетками эпидермиса и содержит большое количество механических простых многоклеточных трихом, длина которых варьирует от 51 до 330 мкм. Под покровной тканью располагается несколько слоев плотно расположенных клеток с незначительным утолщением клеточных стенок, по результатам гистохимического исследования эта ткань идентифицирована нами, как колленхима уголкового типа (диаметр клеток от 29 до 57 мкм) и содержит значительное количество друз оксалата кальция, диаметр которых варьирует от 11 до 24 мкм.

Полученные в ходе исследования данные вносят вклад в изучение структурной организации побега *R. typhina* L.

#### Список литературы:

1. Новиков А. Л. Определитель деревьев и кустарников в безлистном состоянии. Минск: Высшая школа, 1965. 408 с.
2. Aliyeva I. F. et al. Anatomical studies of the vegetative organs of *Rhus coriaria* L. // Natural and Technical Sciences. 2023. V. 3, № 178. P. 43–46.
3. Mellerowicz E. J., Gorshkova T. A. Tensional stress generation in gelatinous fibres: a review and possible mechanism based on cell-wall structure and composition // Journal of experimental botany. 2012. V. 63, №. 2. P. 551–565.

**Опыт практической реализации школьной экскурсии по изучению следовой активности животных (МАОУ образовательный центр имени М. М. Расковой г. Энгельс)**

*А. В. Скачкова, М. Ю. Воронин*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
alina\_skachkova02@mail.ru

Ключевые слова: экологическое воспитание, экологическая экскурсия.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) предусматривает формирование у школьников личностных универсальных учебных действий экологической направленности, непосредственно связанных с экологическим воспитанием [1]. Одним из эффективных методов развития экологического мировоззрения на уроках биологии является проведение экскурсий. Экологическая экскурсия подразумевает посещение природных сообществ и знакомство с населяющими их организмами и взаимоотношениями между ними. Ранее нами был разработан план зимней экологической экскурсии [2], а в настоящей работе описана её реализация. Целью нашего исследования было проведение экологической экскурсии на пришкольную территорию (на примере МАОУ образовательный центр имени М. М. Расковой, г. Энгельс).

Мы предлагаем вариант организации зимней экологической экскурсии «Следы на снежной тропе» на территории, прилегающей к МАОУ образовательного центра имени М. М. Расковой, для учащихся 7 класса. Изучение особенностей поведения животных способствует формированию представлений о живой природе и системах взаимодействий внутри нее. В ходе экскурсии «Следы на снежной тропе» школьники учатся отличать следы животных, определять виды походки по следу, рассуждать, какие причины могут влиять на поведение животных. На пришкольной территории учащиеся могут обнаружить следы кошек, собак, мышей, а также многих видов птиц: синица большая, воробей полевой и домовый, сизый голубь, ворона, галка [3].

На рисунке представлен маршрута экскурсии «Следы на снежной тропе» на пришкольную территорию МАОУ образовательного центра имени М. М. Расковой.



**Рисунок – Маршрут экскурсии «Следы на снежной тропе» на пришкольную территорию МАОУ образовательного центра имени М. М. Расковой**

После экскурсии было организовано внеклассное мероприятие в формате конференции (длительность – 40 минут). Мероприятие было нацелено на расширение и закрепление знаний, полученных в ходе экскурсии. Учащиеся подготовили доклады: «Следы птиц на снежной тропе», «Виды аллюров», «Главные правила следопыта», «Собачьи и кошачьи в черте города: враги или союзники?» и др. Мероприятие включало интерактивную игру «По следам зверя». Учащиеся по очереди вытягивали из мешочка карточки, на которых был написан тип аллюра (шаг, рысь, иноходь, галоп, прыжок). Ученики должны были описать, как животное ставит конечности при том или ином типе аллюра.

Среди участников экскурсии было проведено анонимное добровольное анкетирование, нацеленное на выявление субъективной оценки эффективности проведённой экологической экскурсии. По результатам анкетирования выяснилось, что большинству учеников понравилась экскурсия, они были довольны маршрутом экскурсии и отметили, что хотели бы чаще бывать на экскурсиях по биологии в школе. Более половины опрошенных считают, что преимущества экскурсий по биологии заключаются в возможности применять затем полученные теоретические знания на практике. По ответам опрошенных школьников можно сделать заключение, что экскурсия значительно стимулирует познавательную активность учащихся, развивает их исследовательские и коммуникативные навыки.

Разработанная экологическая экскурсия обладает высокой дидактической ценностью. Её можно проводить в зимнее время года, когда многие биологические объекты недоступны для наблюдения. Пришкольный характер маршрута данной экскурсии облегчает её организацию для педагога: учеников не нужно вывозить на автобусе, экскурсия не отнимает много времени. В данной экскурсии реализуются черты экологического образования – необходимого компонента функциональной естественнонаучной грамотности, чего и требует от обучения ФГОС нового поколения.

#### Список литературы:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утвержден приказом Министерства просвещения РФ от 31.05.2021 № 287. 129 с.
2. Скачкова А. В., Воронин М. Ю. Зимние экскурсии на пришкольную территорию (на примере МАОУ образовательный центр имени М.М. Расковой г. Энгельс) // Исследования молодых ученых в биологии и экологии: Сборник научных статей IV Международной научной конференции молодых ученых. Саратов: Амирит, 2023. С. 111–112.
3. Дойлеш К. Следы зверей и птиц. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.

## **Характеристика протеазы микромицета *Penicillium chrysogenum*: ингибиторный анализ, влияние pH и температуры на активность и стабильность работы**

*В. В. Стрельцова*<sup>1</sup>, *Д. Л. Басалаева*<sup>2</sup>, *Е. В. Глинская*<sup>1</sup>, *А. А. Осмоловский*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
valeria.streltsova@icloud.com

Ключевые слова: протеазы микромицетов, ингибиторный анализ, *Penicillium chrysogenum*.

Объем литературных данных по протеазам микромицетов значителен и включает сведения об их свойствах, структуре, спектре активности и влиянии на них различных факторов, особенностях секреции и возможностях применения. Однако вопрос о том, какими функциями обладает та или иная пептидаза микромицетов, в большинстве случаев, ввиду сложности идентификации, не рассматривается. В целом известно, что функции пептидаз часто не ограничиваются одним лишь гидролизом белков для питания. В некоторых случаях удалось различными методами (биохимическими, молекулярно-генетическими и микологическими) показать, существенна ли активность конкретной пептидазы для роста микромицета или она необходима для протекания иных (хотя и связанных с ростом) процессов (например, спорообразования, адаптации, патогенеза).

Целью исследования было установление природы протеазы микромицета *Penicillium chrysogenum* посредством ингибиторного анализа, а также определение влияния pH и температуры на активность и стабильность её работы.

Материалом для исследования послужила протеаза микромицета *Penicillium chrysogenum*, выделенная из культуральной жидкости, полученной в процессе глубинного культивирования. Протеаза представляет собой лиофилизированный порошок, хорошо растворимый в воде.

Для установления природы выделенной протеазы проводили ингибиторный анализ. В качестве ингибиторов использовали следующие соединения: ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота) и О-фенантролин в качестве ингибиторов металлопротеаз, ПХМБ (парахлормеркуриобензоат) в качестве ингибитора цистеиновых протеаз, TLCK (N-тозил-L-лизин-хлорметилкетон) и соевый ингибитор трипсина для определения принадлежности к классу трипсина, TPCK (N-альфа-тозил-L-фенилаланил-хлорметилкетон) – хемотрипсина и PMSF (фенилметилсульфонил фторид) для ингибирования действия сериновых протеаз.

Определение проводили по стандартной методике с использованием двух вариантов смеси: 1) 1 молекула ингибитора : 10 молекул протеазы и 2) 1 молекула ингибитора : 100 молекул протеазы [2]. Смеси инкубировали 1 час при комнатной температуре и затем с ними проводили реакцию с субстратом азоказеином. В качестве контроля использовали значение общей протеолитической активности смеси при обычных условиях.

Для оценки перспектив использования полученного протеолитического препарата проводили эксперименты по определению термооптимума, термостабильности, pH-оптимума и pH-стабильности работы протеазы.

Для установления pH-стабильности смесь фракций смешивали с ацетатно-фосфатно-боратным буфером с pH от 3 до 11 и инкубировали 2 часа при температуре 37°C, а термостабильности – смесь фракций смешивали с 0,05 М Трис-HCl с pH 8,2 и инкубировали при 25, 30, 37, 45, 55 и 65°C.

Термооптимум и рН-оптимум идентифицировали с теми же буферами, только в отличие от стабильности, термооптимум устанавливали при заданных температурах сразу после смешивания при постоянном перемешивании на термошейкере, а рН-оптимум – при температуре 37°C с добавлением буфера с нужным значением рН.

В результате проведения ингибиторного анализа получили данные о том, что выделенная протеаза относится к классу хемотрипсинподобных металлосвязывающих сериновых протеаз, поскольку активность в отношении субстрата азоказеина полностью подавляют такие ингибиторы, как ЭДТА и PMSF, а также частично ингибируют ПХМБ, ТРСК и соевый ингибитор трипсина (см. рисунок).

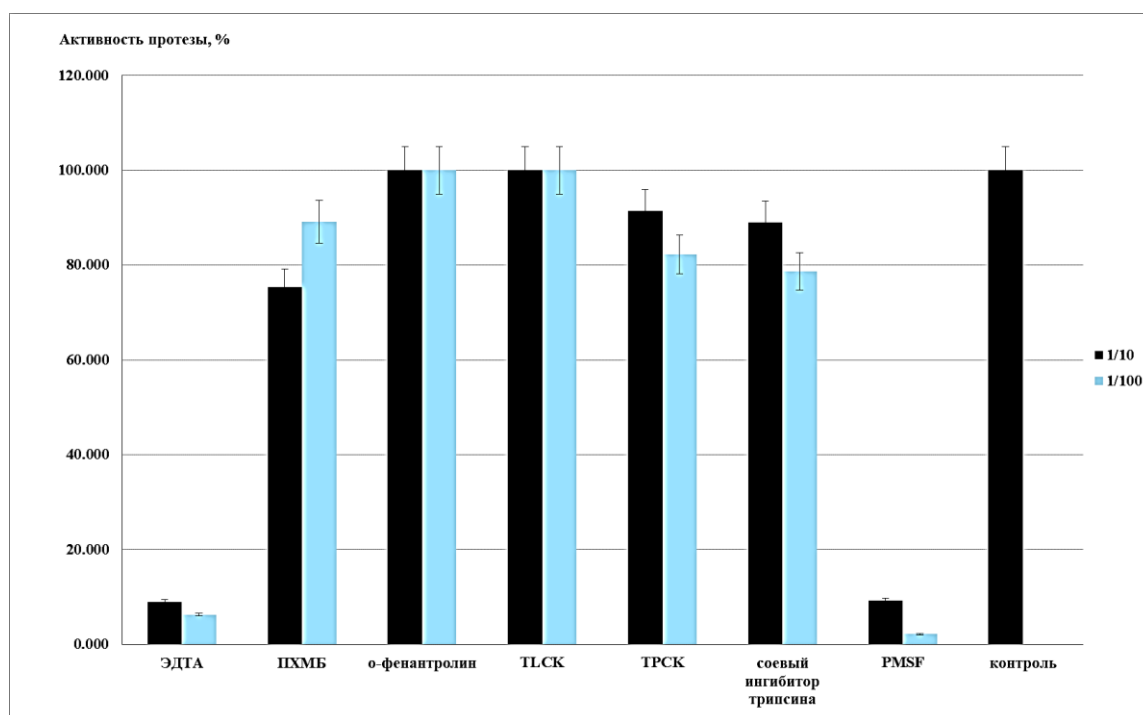


Рисунок – Результаты ингибиторного анализа

В результате данного исследования установили принадлежность протеазы *Penicillium chrysogenum* к классу хемотрипсинподобных металлосвязывающих сериновых протеаз с температурным оптимумом работы в диапазоне 37–55°C, рН-оптимум – в диапазоне от 10 до 11. Изученная протеаза показывает стабильность при значениях рН от 10 до 11 и при температуре от 25 до 45°C. Таким образом, можно сделать вывод о том, препарат является щелочной протеазой, перспективной для использования в условиях температуры, схожей с температурой внутренней среды организма человека.

Список литературы:

1. Шамрайчук И. Л. и др. Протеолитические ферменты грибов и их ингибиторы как перспективные биоцидные средства антифунгального действия // Вестник Московского университета. 2020. Т. 75, № 3. С. 123–130.
2. Осмоловский А. А. Антикоагулянтная протеиназа (Активатор протеина С) микромицета *Aspergillus ochraceus*: получение и свойства: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.03. М., 2013. 28 с.

**Аккумулярующие свойства макрофитов реки Курдюм**

В. В. Такашвили, О. Н. Торгашкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
takais744@gmail.com

Ключевые слова: макрофиты, аккумуляционная способность, тяжелые металлы, коэффициент биохимического поглощения.

Макрофиты являются важным компонентом водных экосистем внутренних водоемов, в которых высшая водная растительность играет ведущую роль в поддержании биотического баланса, участвуя в очистке водоема от загрязнений [1, 2]. Макрофиты способны накапливать загрязняющие вещества в тканях в больших количествах без видимых изменений, в особенности это относится к металлам, которые не способны разрушаться до безопасных форм [3], поэтому выявление содержания тяжелых металлов в растениях является показателем степени загрязнения водных экосистем.

Сбор растений проводился в период максимальной физиологической активности в июле-августе 2023 года на реке Курдюм в окрестностях села Латухино. Для исследования были выбраны истинные гидрофиты – *Potamogeton pectinatus* L. (рдест гребенчатый); *Ceratophyllum demersum* L. (роголистник темно-зеленый), *Myriophyllum spicatum* L. (уруть колосистая). Пробы растений и донных отложений высушивали в сушильном шкафу и озоляли в муфельной печи при 450°C. Тяжелые металлы экстрагировали. Содержание тяжелых металлов в золе растений и в донных отложениях определяли методом ультрафиолетово-видимой спектрофотометрии [4].

В результате исследования выявлено, что наибольшим содержанием среди тяжелых металлов в макрофитах характеризуется железо (см. таблицу), что согласуется с данными ряда исследователей [1–3].

Таблица – Содержание тяжелых металлов в макрофитах и донных отложениях

Макрофиты	Концентрация металла, мг/кг				
	Feобщ.	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
Роголистник темно-зеленый	94±3,5	21±0,4	51±0,3	3±0,5	19±0,6
Рдест гребенчатый	60±2,5	28±0,5	56±0,5	4±0,4	24±0,3
Уруть колосистая	66±3,5	20±0,3	49±0,2	2±0,5	17±0,5
Донные отложения	240±15	119±0,05	125±0,40	21±0,5	115±0,5

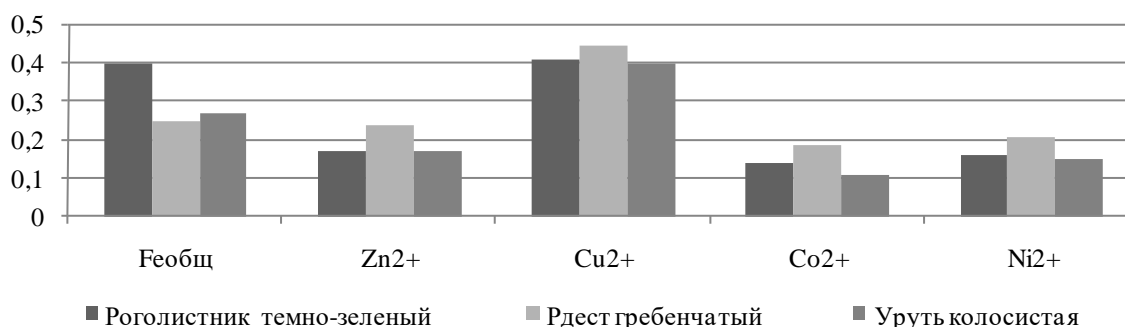
Железо относится к макроэлементам, которые в значительной мере определяют процессы жизнедеятельности, но длительные воздействующие повышенные концентрации могут неблагоприятно влиять на состояние гидробионтов в водных экосистемах. Цинк, медь и кобальт относятся к микроэлементам, которые в незначительных концентрациях необходимы для нормальной жизнедеятельности растений. Однако в повышенных дозах они могут быть токсичными для живых организмов.

Способность макрофитов накапливать вещества, которые превышают фоновые значения, обнаружена у всех исследованных растений. Максимальная аккумуляция железа характерна для роголистника темно-зеленого, а цинка, меди, кобальта и никеля

– для рдеста гребенчатого. Содержание общего железа в собранных растениях убывало в ряду: роголистник темно-зеленый > уруть колосистая > рдест гребенчатый. Содержание других элементов рдест гребенчатый > роголистник темно-зеленый > уруть колосистая.

Наиболее интенсивно макрофиты поглощают железо и медь, а в меньшей мере – цинк, никель и кобальт. Такая избирательная способность металлов накапливаться в макрофитах, связана с их участием в процессах обмена, так как именно эти элементы входят в состав пигментов, витаминов и ферментов.

Количественной характеристикой поглощения тяжелых металлов высшими водными растениями является коэффициент биологического поглощения (КБП) [5], представляющий собой отношение содержания элемента в золе растений к его содержанию в почве (см. рисунок).



**Рисунок – Коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов в системе донные отложения – макрофиты**

Все изученные элементы в исследованной системе макрофиты – донные отложения являются элементами слабого накопления и среднего захвата (КБП < 1). Наибольшее накопление характерно для меди (КБП=0,41–0,45) и железа (КБП=0,27–0,40), которые являются физиологически значимыми для растений микроэлементами. Аккумуляция кобальта (КБП=0,11–0,19) и цинка (КБП=0,17–0,24) в исследованных растениях варьировала в небольших пределах. В обеих точках отбора проб максимальное количество металла накапливалось в рдесте гребенчатом. Никель накапливается в незначительном количестве (КБП=0,15–0,21).

Таким образом, макрофиты обладают достаточно высокой аккумулярующей способностью, проявляя при этом высокую толерантность к загрязнителям. Содержание некоторых элементов в растениях свидетельствует о присутствии в водной экосистеме биодоступных форм тяжелых металлов, которые могут оказывать токсическое воздействие на водные организмы.

#### Список литературы:

1. Пучков М. Ю. и др. Особенности накопления тяжелых металлов высшей водной растительностью Волгоградского водохранилища // *Фундаментальные исследования*. 2013. Т. 6, № 2. С. 392–396.
2. Беликов А. С. и др. Структура сообществ макрофитов малых рек города Саратова в условиях антропогенной нагрузки // *Поволжский экологический журнал*. 2023. № 3. С. 259–273.
3. Фомина А. А., Тихомирова Е. И., Кораблева А. И. Использование макрофитов для мониторинга загрязнения тяжелыми металлами мелководных участков Волгоградского водохранилища // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 6. С. 597–597.
4. Минеева В. Г. Практикум по агрохимии. М.: МГУ, 2001. 688 с.
5. Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). М.: Недра, 1968. 327 с.

**Рекогносцировочные альгологические исследования реки 1-ая Гуселка  
(г. Саратов)**

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

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

Ключевые слова: фитопланктон, сапробность, диатомовые водоросли, сине-зеленые водоросли.

Антропогенное загрязнение пресноводных водоемов в настоящее время относят к одной из глобальных экологических проблем. Наиболее подвержены загрязнению малые реки. Интенсивное водопользование, сопоставимое с небольшими расходами этих рек, делает малые реки чрезвычайно уязвимыми. К основным источникам загрязнения водоемов относятся промышленные и коммунально-бытовые стоки, а также поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, содержащий минеральные удобрения, ядохимикаты и биогенные вещества.

Влияние антропогенных факторов отражается на видовом составе водных сообществ и соотношении численности слагающих их видов. Фитопланктон – важнейший компонент водных систем, активно участвует в формировании качества воды и является чутким показателем состояния водных экосистем и водоема в целом. При сбросе в водоем токсических веществ, содержащихся в промышленных сточных водах, происходит угнетение и обеднение определенных групп фитопланктона. При обогащении водоемов биогенными веществами, содержащимися, например, в бытовых стоках, значительно повышается продуктивность фитопланктона.

Состав фитопланктона имеет большую видовую насыщенность. Анализ видового состава и обилия фитопланктона входят в программы экологического мониторинга водоемов [1].

Цель данной работы – проведение рекогносцировочных альгологических исследований участка реки 1-ая Гуселка (г. Саратов) для дальнейшей оценки степени загрязнения воды.

Река 1-ая Гуселка является правобережным притоком р. Волги. Протяженность реки – 12 км. Площадь водосбора – 87,7 км<sup>2</sup>. Истоки реки находятся в северной части г. Саратова.

В нижнем течении 1-ая Гуселка протекает через дачные и садоводческие товарищества и достигает устья к югу от поселка Новогусельский. Естественный сток реки 1-ой Гуселки наблюдается только в период весеннего половодья, в остальное время года формируется за счет ливневых и сточных вод с территории города [2].

Для проведения исследований был выбран участок реки, расположенный между микрорайоном Цветочный и пос. Зональный. Берег реки крутой, дно песчаное, каменисто-песчаное, местами илисто-песчаное. Выбор участка обусловлен тем, что в последние годы на него усилилась антропогенная нагрузка за счет массового строительства жилья: пос. Юбилейный, микрорайоны Русинвест, Изумрудный, Березка, Цветочный и др. Возник новый источник загрязнения реки – канализационные стоки от новостроек. Начиная с 2014 года и по настоящее время фиксируются случаи несанкционированного сброса канализационных сточных вод на рельеф местности с попаданием в реку 1-я Гуселка. По данным государственного реестра, лесной массив, по которому протекают стоки, относится к ООПТ Природный парк «Кумысная поляна» [3].

Для отбора проб выбрано три участка. Участок № 1 располагается в районе моста через 1-ую Гуселку на ул. 4-ая Прудовая (выше по течению от микрорайона



Цветочный). Участок № 2 выбран в 1,5 км ниже по течению реки, в месте расположения СНТ «Ветеран–57». Участок № 3 – в 1,5 км ниже по течению от участка № 2, в районе пос. Зональный.

Отбор проб воды на альгологический анализ проводился в августе 2023 года интегральным методом в пластиковую тару объемом 0,5 л согласно методическим указаниям. Пробы фитопланктона были зафиксированы 4% раствором формалина и окрашены красителем Утермеля. Фиксированные пробы хранили в темноте в течение одной недели. Концентрирование пробы проводилось путем сливания среднего слоя воды. Использовалась трубка с мельничным ситом № 76 [4].

Идентификация видов осуществлялась на микроскопе «AxioScope» (C. Zeiss) с помощью «Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14 т.» и «Определитель диатомовых водорослей России». Номенклатура приведена с актуальной на сегодняшний день систематикой [5].

В результате исследования в пробах воды было обнаружено 22 вида, относящихся к трём отделам: Cyanophyta, Ochrophyta, Euglenophyta. Наибольшее разнообразие достигают представители диатомовых водорослей (19 видов). Вероятнее всего, развитие этих представителей связано с абиотическими условиями среды. Диатомовые водоросли являются показателем присутствия кремния, который используется ими для построения панциря, и входит в состав цитоплазмы и некоторых органелл клетки. Обильное развитие некоторых представителей цианобактерий и эвгленовых водорослей может быть вызвано эвтрофированием водоема [1]. Часто встречаемые виды: *Anabaena spiroides* Kleb.; *Cocconeis pedicula* Ehrenberg; *Entomoneis alata* (Ehrenb.) Kütz.; *Coloneis amphibaena* (Bory) Cleve; *Navicula* sp. (см. рисунок).

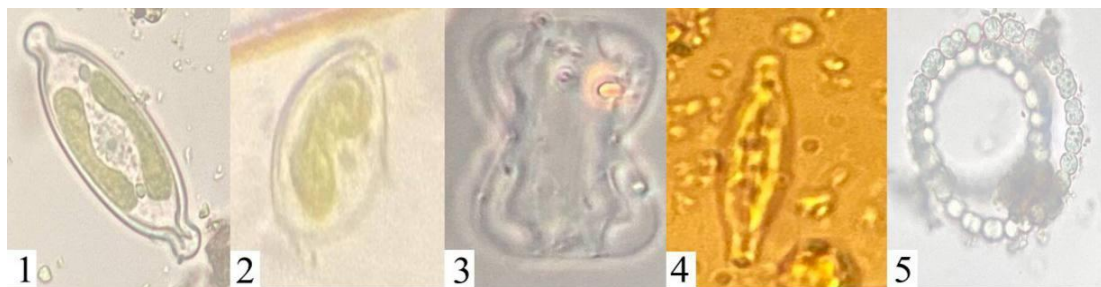


Рисунок – Распространенные виды водорослей в реке 1-ая Гуселка.  
1 – *C. amphibaena*; 2 – *C. pedicula*; 3 – *E. alata*; 4 – *Navicula* sp; 5 – *A. spiroides*.

По сапробному составу большинство обнаруженных в пробах воды видов относятся к  $\beta$ -мезосапробам, что свидетельствуют об окислительном характере биохимических процессов, протекающих в водоеме, а также о наличии в воде соединений азота в форме солей аммония, нитритов и нитратов. Помимо этого, возможно присутствие сероводорода в небольшом количестве.

Список литературы:

1. Alvarez X., Valero E., Picos J. Eutrophication, water quality and nutrient loading: blooms of green algae // Congress on Environmental Contamination and Toxicology. 2015. P. 15–16.
2. Иванов А. В., Макаров В. З., Чумаченко А. Н. Саратовский научно-образовательный геоэкологический полигон: учебное пособие. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2007. 286 с.
3. Саратов Бизнес Консалтинг. Новости. // URL: <https://news.sarbc.ru/main/2021/12/24/269476> (дата обращения: 18.09.2023).
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 284 с.
5. AlgaeBase // URL: <https://www.algaebase.org/> (дата обращения: 20.08.2023).

## Геномная *in situ* гибридизация на примере растений рода *Chondrilla* L.

Д. В. Тарасов, А. С. Пархоменко

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

Ключевые слова: *Chondrilla*, геномная гибридизация, метафазные пластинки, хромосомы.

В современной биологической таксономии существует ряд нерешенных вопросов, к числу которых относится выявление естественных монофилетичных групп, то есть уход от искусственной полифилии. Однако для этого необходимо использовать не только классические методы, зачастую опирающиеся лишь на морфологические признаки, но и данные молекулярной биологии, цитологии и генетики. Введение подобных методик в анализ помогает выявлять плезиоморфные и апоморфные состояния признаков у видов. Особенностью молекулярной систематики в рамках кладизма является отсутствие экспертной оценки, которая не будет играть роли в силу первичных данных, полученных эмпирически.

Одним из современных методов, позволяющих оценить родство видов, является геномная гибридизация *in situ*, который получил широкое применение в изучении растений. Этот метод делает возможным идентификацию последовательностей ДНК в делящихся клетках и в интерфазных ядрах, позволяя делать выводы о хромосомных перестройках, происходящих во время эволюционного становления вида [1].

Род *Chondrilla* насчитывает 30 видов, филогенетическое положение которых на сегодняшний день остается не решенным до конца вопросом [2]. Вследствие этого является актуальным изучение его с цитогенетической точки зрения.

Для проведения геномной *in situ* гибридизации (GISH) была использована выделенная из лепестков ДНК *Chondrilla ambigua* Fisch. (в качестве предполагаемой предковой формы) естественной популяции Астраханской обл., Красноярского р-на, окр. п. Досанг. Выделение ДНК осуществляли СТАБ методом с добавлением лизирующего буфера поливилпирилоидона 1,5 %, меркаптэтанола 0,2 % и активированного угля 0,5 %. Мечение выделенной ДНК выполняли набором Biotin-Nick Translation Mix (for *in situ* probes) (Roche) согласно протоколу производителя. ПЦР проводили в амплификаторе Mastercycler Gradient (Eppendorf) по следующей программе: 90 мин +15°C, 10 мин +65°C, далее охлаждение до +12°C.

Давленные препараты метафазных пластинок были получены из апикальных меристематических клеток корня. Детекцию сигнала на хромосомных препаратах проводили антителами к биотину Monoclonal Anti-Biotin Cy3, antibody produced in mouse (Sigma-Aldrich) с последующей трехкратной отмывкой препаратов в TNT-буфере. Просмотр препаратов осуществляли на микроскопе Axio Scope A1 (Carl Zeiss, Германия). Детекция сигнала была осуществлена с использованием камеры Axio Cam MRc 5 (Германия) при увеличении  $\times 100$  с помощью программного обеспечения Zen (Германия).

Гибридизацию меченной биотином ДНК *C. ambigua* проводили на хромосомных препаратах *C. laticoronata* Leonova (Астраханская обл., Харабалинский р-н, окр. с. Сасыколи), *C. brevirostris* Fisch & С.А.МЕУ. (Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда), *C. juncea* L. и *C. graminea* M. Vieb. (Саратовская обл., Хвалынский р-н, окр. г. Хвалынска, гора Беленькая), *C. latifolia* M. Vieb. (Ростовская обл., Константиновский р-н, окр. х. Базки) и *C. canescens* Kar. & Kir. (Астраханская обл., Ахтубинский р-н, окр. с. Капустин Яр).

На препаратах метафазных пластинок *C. laticoronata* яркие и множественные

сигналы гибридизации были получены на семи из пятнадцати хромосомах – 1, 2, 3, 11, 13, 14 и 15 хромосомах. На пяти хромосомах (4, 7, 8, 9 и 10) выявлены точечные сигналы в прицентромерном районе. На трех хромосомах (5, 6 и 12) сигнал гибридизации отсутствовал.

На препаратах метафазных пластинок *C. brevirostris* сигналы гибридизации были получены на всех 15-ти хромосомах, но с разной интенсивностью. Более равномерный и яркий сигнал был представлен на трех хромосомах (3, 7 и 9). На остальных хромосомах сигнал гибридизации визуализировался неоднородно: небольшими фрагментами (зернистостью) по всей длине хромосом.

Неоднородность в распределении сигнала гибридизации выявлена и на препаратах метафазных пластинок *C. latifolia*. Из 15-ти хромосом сигнал гибридизации визуализировался на 12-ти. При этом светилось одно из плеч (например, на хромосомах 1, 2, 7, 8, 10, 11 и 14) или часть плеча (например, на хромосомах 3, 4, 9, 13 и 15) каждой хроматиды. На трех хромосомах (5, 6 и 12) сигнал гибридизации отсутствовал (как и у образцов *C. laticoronata*).

В противоположность описанному выше таксону гибридизация с использованием тотальной геномной ДНК *C. ambigua* на метафазных пластинках образцов *C. canescens* выявила яркий и равномерно окрашенный сигнал по всей длине 14-ти хромосом из 15-ти. Лишь в 9-ой субметацентрической хромосоме сигнал гибридизации был отмечен только в коротких плечах, и не визуализировался в длинных.

На препаратах метафазных пластинок *C. juncea* сигналы гибридизации были визуализированы на всех 15-ти хромосомах неоднородно: небольшими фрагментами (зернистостью) по всей длине всех хромосом. Подобная картина визуализации сигналов гибридизации на образцах *C. juncea* с тотальной геномной ДНК *C. ambigua* частично похожа на визуализацию сигналов на образцах *C. brevirostris*.

Яркий, равномерно распределенный по всей длине хромосомы и интенсивный сигнал гибридизации был выявлен только на 7-ой хромосоме образцов *C. graminea*. На четырех хромосомах (4, 9, 11 и 12) данного таксона яркий сигнал гибридизации визуализировался на одном из плеч каждой хроматиды. На остальных десяти хромосомах *C. graminea* сигнал гибридизации визуализировался неоднородно: небольшими фрагментами (зернистостью) по всей длине хромосом, что также было похоже на результаты, полученные на образцах *C. brevirostris* и *C. juncea*.

Таким образом, из шести исследуемых образцов генетический материал генома *C. ambigua* был обнаружен у всех видов, но в разных количествах и соотношениях. Число чужеродных для этого вида хромосом варьирует от нуля до девяти в зависимости от вида. В процессе дивергенции близкородственных видов происходят генетические изменения, затрагивающие чаще повторяющиеся и некодирующие последовательности ДНК. У видов с высокой гомологией идентичных последовательностей больше; они могут быть разбросаны по всему геному. Наиболее схожими к ДНК *C. ambigua* оказались ДНК *C. brevirostris* и *C. canescens*. Это подтверждает ранее выдвинутую гипотезу о гибридогенном происхождении данных видов с участием *C. ambigua* [3]. Меньшая гомология других видов говорит об их давнем эволюционном расхождении и независимом эволюционном процессе в дальнейшем от *C. ambigua*.

Благодарности и источники финансирования работы:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–24–00340, <https://rscf.ru/project/22–24–00340/>.

Список литературы:

1. Silva G. S., Souza M. M. Genomic *in situ* hybridization in plants // Genetics and Molecular Research. V. 12, № 3. P. 2953–2965.
2. Nasseh Y. A revision on the genera *Chondrilla* and *Heteroderis* (Asteraceae) in Iran // American Journal of Botany. 2010. V. 16, № 1. P. 92–95.
3. Пархоменко А. С., Кашин А. С., Гребенюк Л. В. Полиморфизм хромосом видов *Chondrilla* (Asteraceae) Европейской части ареала // Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 4. С. 626–664.

УДК 372.857

### **Основы гигиены и первой медицинской помощи в обучении биологии на базе кадетской школы**

*А. А. Уланова<sup>1</sup>, Т. В. Перевозникова<sup>1, 2</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, г. Саратов, Россия

Ключевые слова: кадетская школа, первая медицинская помощь, санитарно-гигиенические знания.

Изучение биологии в условиях кадетской школы имеет методические особенности, а опыт ее преподавания приобретает особую актуальность в современных условиях развития образования. С помощью форм, методов и средств данной дисциплины могут формироваться ключевые компоненты патриотического, гражданского, нравственного, экологического, санитарно-гигиенического, здоровьесберегающего воспитания кадетов, которые (согласно региональному кадетскому компоненту в общеобразовательной программе) встают на путь ранней военно–профессиональной ориентации. У этой категории обучающихся в формировании образовательной и профессиональной траектории особую роль приобретают санитарно-гигиенические знания и знания о первой медицинской помощи (далее – ПМП). Данные направления содержания образования (как показывает анализ действующих в настоящее время общеобразовательных программ по биологии, построенных на современных образовательных стандартах общего образования) традиционно реализуются в курсе «Биология. Человек. 8 класс». То, как происходит обучение основам гигиены и ПМП в кадетской школе, будет показано на примере Саратовской кадетской школы-интерната № 1 (далее – ГБОУ СО «СКШ № 1 им. Б. Н. Ерёмкина»). Это первая в нашем регионе кадетская школа, открытая в 2001 г. с целью интеллектуального, культурного, физического и нравственного развития кадетов, для их подготовки к служению Отечеству на военном и гражданском поприще.

На базе кадетской школы было организовано педагогическое исследование, которое проходило в три этапа. На констатирующем этапе проведен входной контроль предметных знаний у девятиклассников-кадетов (25 человек) по основам гигиены и оказанию ПМП, которые были получены ими в курсе «Биология. Человек. 8 класс». На формирующем этапе педагогического исследования разработана и в настоящее время проходит реализацию Программа курса внеурочной деятельности «Основы гигиены и ПМП» для 9 класса кадетской школы. Констатирующий этап включает анализ текущей успеваемости и итоговый контроль предметных знаний у девятиклассников по основам гигиены и оказанию ПМП. Для конструирования диагностической работы был проанализирован кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования и элементов

содержания для проведения основного государственного экзамена по биологии и отобраны проверяемые элементы содержания, такие как 2.9; 7.1–7.12, касающиеся гигиены и основ ПМП. На основе банка заданий, разработанных Федеральным институтом педагогических измерений, были составлены контрольно-измерительные материалы, содержащие 2 варианта входной диагностической работы, каждый из которых включал 20 заданий. В качестве критерия оценки сформированности предметных тематических знаний респондентов был принят коэффициент усвоения знаний В.П. Беспалько (К), который может колебаться от 0 до 1. По К судят о завершенности процесса усвоения знаний. При  $K > 0,7$  (при 70% выполненных заданий), процесс обучения считают завершенным, и обучающийся готов к дальнейшей самостоятельной работе по дисциплине. При  $K < 0,7$  обучающийся имеет пробелы в знаниях и в своей последующей деятельности будет допускать ошибки, то есть его знания необходимо корректировать.

Входная диагностика показала, что значительная часть обучающихся (84 %) справились с предложенными заданиями, они ответили более чем на 70 % вопросов. Однако в группе школьников оказалось несколько учеников (16 %), не справившихся с большей частью заданий, что привело к получению в группе участников среднего К, равному 0,62. В то же время количество кадетов, успешно справившихся с 90 % и более заданий, также составило небольшую долю (9 %). Полученные результаты входной диагностики по основам гигиены и ПМП в группе девятиклассников–кадетов показали, что тематические знания, полученные в курсе «Биология. Человек. 8 класс» о гигиене и ПМП являются не до конца сформированными, что требует их дальнейшего углубления с помощью дополнительного курса внеурочной деятельности.

В связи с актуальностью развития предметных, метапредметных и личностных компетенций по гигиене и ПМП для учебной и будущей профессиональной траектории кадетов была разработана Программа курса внеурочной деятельности «Основы гигиены и ПМП», которая в настоящее время проходит апробацию в 9 классе ГБОУ СО «СКШ № 1 им. Б. Н. Ерёмкина». Программа рассчитана на 36 учебных часов и 1 год обучения (1 час в неделю). Она направлена на формирование личности, способной адекватно и профессионально действовать в условиях экстремальных ситуаций и повседневной жизни. Основная цель данной программы состоит в том, чтобы учащиеся кадетской школы получили не только теоретические знания о гигиене и ПМП, но и умели применять эти знания на практике, поскольку ПМП важно грамотно оказать в первый час после происшествия, и поэтому этот час называют «золотым» – самым важным, чтобы помочь человеку выжить. Теоретический материал в содержании программы включает сведения о ПМП при отсутствии сознания, остановке дыхания и кровообращения; оказание ПМП при открытых и закрытых травмах, кровотечениях; ПМП при термических, химических поражениях; отравлениях; неотложных состояниях, вызванных заболеваниями (острые нарушения сознания, дыхания, кровообращения, судорожный синдром). Среди задач – сформировать представления об основных группах заболеваний и мерах их профилактики, тактику поведения в стрессовых ситуациях, способствующую сохранению жизни и здоровья. В программу введены видеофрагменты и памятки по алгоритмам оказания ПМП. Предусмотрена комбинация изучения теоретического материала и проведения практических занятий, тренировок и симуляций.

Особенностью реализации данной программы в кадетской школе является ее согласованность с программами военной, общей физической подготовки кадетов, а также программой военно-патриотического воспитания. Практика работы по ней в ГБОУ СО «СКШ № 1 им. Б. Н. Ерёмкина» показывает, что для углубления знаний по гигиене и ПМП более эффективно проведение занятий в виде интегрированных и бинарных уроков (результаты текущих тематических диагностик дают  $K > 0,7$ ). В них

участвует не только учитель биологии, но и врач, аккредитованный по программам ПМП, педагог начальной военной подготовки и учитель физкультуры. Это позволяет расширить и интегрировать материал о ПМП и гигиене. Так, материал о травмах дополняется сведениями о комбинированном поражении, а ПМП при открытых и закрытых травмах – особенностями ПМП при комбинированных поражениях и огнестрельных ранениях. Сведения о способах транспортировки больных расширяются сведениями о способах эвакуации с поля боя. Особое место отводится знакомству кадетов со средствами медоснащения военнослужащих (индивидуальной аптечкой, войсковой аптечкой, перевязочными и противохимическими пакетами, кровоостанавливающими жгутами). Основные санитарно-гигиенические знания дополняются материалами об оздоровлении условий и образа жизни и быта кадетов, подчеркивается специфика правил личной и общественной гигиены в ходе военной службы, важность знаний об основных группах заболеваний, в том числе инфекционных, а также необходимость закаливания, занятий общей физической подготовкой и спортом для сохранения жизни и здоровья будущего военного. В Программу также введены занятия по организации проектной и исследовательской деятельности по направлению «ПМП и гигиена». В настоящее время девятиклассники ГБОУ СО «СКШ № 1 им. Б. Н. Ерёмкина» готовятся к итоговой диагностике знаний по программе курса внеурочной деятельности «Основы гигиены и ПМП». Однако уже сейчас на основе педагогических наблюдений и результатов текущего тематического контроля можно заключить, что ребята вовлечены в систему актуализации и расширения знаний по гигиене и ПМП, активно работают на занятиях, успешно выполняют практические задания курса, с интересом работают над проектами и участвуют с ними в научно-практических конференциях.

УДК 379.831

**Опыт работы педагога-организатора с одарёнными детьми на базе центра выявления и поддержки одарённых детей «Галактика 64»**

*А. А. Фадеева, Э. И. Кайбелева, М. Ю. Воронин*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
afadeeva755@gmail.com

Ключевые слова: досуг обучающихся, интеллектуальная разгрузка, одарённые дети.

Выявление одарённых детей и развитие их способностей является одной из задач цивилизованного общества. Вопросы обучения и воспитания одарённых детей имеют важное общественное значение: талантливый человек – особая ценность для общества. Можно выделить две целевые установки процесса развития талантливых детей. Первая – создание возможности наиболее полной реализации способностей и склонностей одарённого ребёнка. Вторая – воспитание уравновешенного интеллигентного представителя общества, который сможет реализовать свой потенциал, исходя из его интересов. Педагогические программы работы с одарёнными детьми должны базироваться на развитии этих качеств [1]. Работа центра направлена на выявлении, развитии и профессиональной поддержке одарённых и талантливых детей, активно проявляющих свои способности в области науки, спорта и искусства. «Галактика 64» создана аналогично модели центра «Сириус» в рамках федерального проекта «Успех каждого ребёнка» национального проекта «Образование» [2].

В.А. Сухомлинский считал, что необходимо создавать условия для воспитания целостной личности как средствами учебных дисциплин, так и занятиями любимым делом в свободное время [3]. Программа работы с одарёнными детьми должна включать в себя не только учебные занятия, но и деятельность, направленную на интеллектуальную разгрузку учащихся за счёт творческой деятельности и активных форм отдыха.

Целью данной работы стала разработка и апробация программы интеллектуально-психологической разгрузки профильной смены по направлению «Наука», реализуемой с 15 октября по 28 октября 2023 года. Данная смена была первой в работе регионального центра «Галактика 64». Дети круглосуточно проживали на территории центра, с ними работали преподаватели вузов, педагоги-организаторы, воспитатели. За основу был взят опыт федеральной площадки «Сириус». Программы разрабатывались молодым авторским коллективом, который привнес субъективный компонент, отвечающий потребностям тех детей, которые приняли участие в первых сменах.

Деятельность педагога-организатора связана с проведением досуговых мероприятий для детей, поэтому при их организации мы исходили из динамической модели графика учебных занятий. Формат интенсивной предметной подготовки включал занятия по профильным предметам и делился на 2 блока: первый блок с 9:00 до 13:00 – лекционный, а второй блок с 13:30 до 16:30 – практический. Колоссальная интеллектуальная нагрузка ежедневных занятий без выходных дней очевидно требовала эффективного формата отдыха одаренных детей, в связи с этим с 17:00 начинался блок «разгрузки», который полностью ложился на плечи педагога-организатора. Им была разработана авторская программа на основе опыта организации внеурочной деятельности образовательного центра «Сириус». Главное отличие этой программы состояло в высокой доли вариативности предполагаемых мероприятий, что давало возможность перерабатывать ее в режиме реального времени в соответствии с потребностями детей.

Совместно с психологом была составлена анкета интересов, которую дети заполняли накануне заезда в центр. Проанализировав результаты анкетирования 32 участников смены, мы поделили детей на группы по интересам для разноплановой работы (см. рисунок). Формы и методы работы определялись в зависимости от темы мероприятия и учёта пожеланий учащихся.

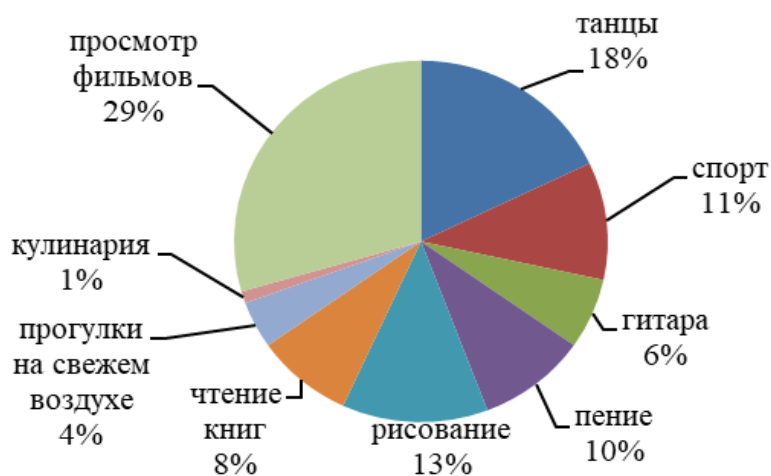


Рисунок – Диаграмма распределения детей по интересам в смене центра «Галактика 64»

Учащиеся представляли собой разнородную группу, которую предстояло

сплотить и заинтересовать совместными мероприятиями. Каждый день после окончания учебных занятий с 17:00 проводили по 3 мероприятия, из которых были: кружки, вечерние мероприятия и дискотеки, которые охватывали интересы детей. В качестве примера приводим план на 25–26 октября 2023 г. (см. таблицу).

**Таблица – Часть плана-графика досуга обучающихся в центре «Галактика 64»**

Дата и день недели	Время	Название мероприятия
25 октября, среда	17:00 – 19:00	Книжный клуб «Серебро»
	19:00 – 20:00	Ужин
	20:00 – 22:00	Просмотр фильма «Девочка ищет отца» (1959 год) Дискотека
	22:00 – 22:30	Подготовка ко сну
	22:30	Отбой
26 октября, четверг	17:00 – 19:00	Мастер-класс «Основы бального этикета»
	19:00 – 20:00	Ужин
	20:00 – 22:00	Бал «Души прекрасные порывы...» Дискотека
	22:00 – 22:30	Подготовка ко сну
	22:30	Отбой

Завершило смену мероприятие под названием «Арт – терапия», целью которого было воспитание в детях уважения к себе и окружающим, развитие самооценки ребёнка, создание хорошего эмоционального настроения перед завершением смены, обучение детей взаимодействию в коллективе. Мы разделили школьников на группы. Каждой группе раздали по 5 цветов краски. Каждый цвет имел своё обозначение. Красный – хочу быть похожим на тебя, зелёный – ты очень добрый человек, жёлтый – мне приятно с тобой общаться, синий – ты хороший человек, фиолетовый – у нас одинаковые увлечения. Нужно было взять цвет и другому человеку, который подходил под описание данного цвета, нанести свой отпечаток своего пальца на его руке. Дети не оставили в стороне и педагогов-организаторов. Оставляя отпечатки пальцев на руках, школьники выражали огромную благодарность и признательность за проведённое время (см. рисунок).

Была разработана и реализована программа интеллектуально-психологической разгрузки для учащихся центра выявления и поддержки одарённых детей «Галактика 64». Правильная организация досуга и смена рода деятельности позволяла быстрее отдохнуть и восстановиться для работы на следующий день.

Список литературы:

1. Методика работы с одаренными детьми. Методические рекомендации // URL: <https://vertex15.ru/Methodology-work-with-gifted-children> (дата обращения: 28.02.2024).
2. Новости. Министерство образования Саратовской области // URL: <https://minobr.saratov.gov.ru/news/33911> (дата обращения: 28.02.2024).
3. Ильиных И. М. Дополнительное образование как пространство развития социальной активности молодежи // Сибирский педагогический журнал. 2008. № 1. С. 327–337.



## **Диагностика сформированности экологического воспитания школьников**

*А. Р. Хабиева, М. Ю. Касаткин*

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

albinaa.habieva@yandex.ru

Ключевые слова: экологическая культура, экологическое образование.

Проблема повышения экологической культуры людей имеет острую актуальность, поскольку она неразрывно связана с безопасностью жизни будущих поколений. К сожалению, сегодня большинство людей имеют потребительское отношение к природе, поэтому огромное значение приобретает работа по формированию экологической культуры у молодежи. В современной школе одна из главных задач образовательного процесса заключается в экологическом воспитании [1–5].

Базой для проведения исследования была выбрана МОУ «Татищевский лицей». В исследовании принимали участие 25 детей 8 Б класса в возрасте 14–15 лет. В исследовании использовали методику «Диагностика уровня экологической культуры личности» по С. С. Кашлеву и С. Н. Глазычеву [6].

Цель: определить уровень сформированности экологических представлений об условиях жизни живых объектов природы, их дифференцированном отношении к свету, теплу и влаге; о механизмах приспособления к среде обитания; о пищевых цепочках и взаимосвязях, существующих в природе.

Задачи: Провести диагностику сформированности экологического воспитания школьников.

В зависимости от количества правильных ответов определяется уровень сформированности экологических знаний:

Высокий уровень – 9–10 баллов.

Средний уровень – 5–8 балла.

Низкий уровень – 1–4 балл

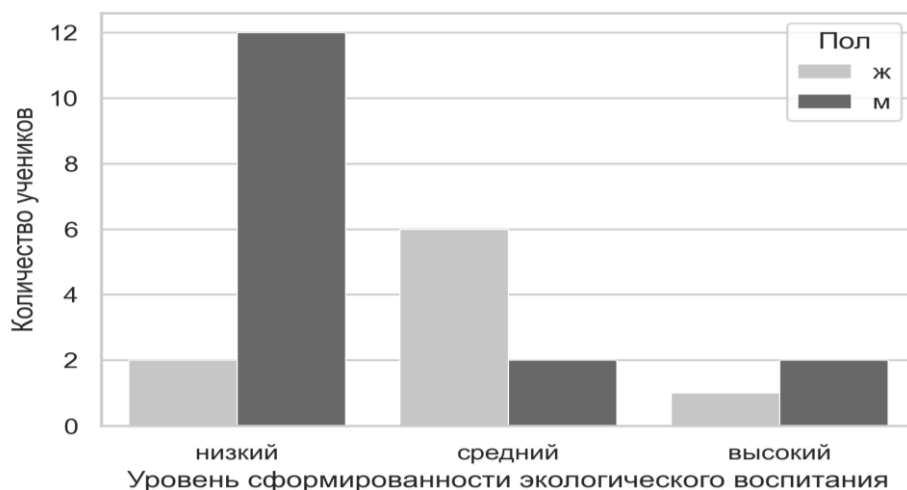
Результаты проведения первой методики, представленные на рисунке, позволяют сделать следующие выводы относительно сформированности экологических знаний среди детей. Уровень знаний большинства детей является низким: 56 % опрошенных показали низкий уровень сформированных экологических знаний. Это может свидетельствовать о недостаточном внимании к экологическому образованию в общеобразовательных учреждениях.

Средний уровень экологических знаний выявлен у 33 % детей, что может указывать на то, что некоторые принципы экологической грамотности все же проникли в сознание этих ребят. Однако, этот результат также говорит о том, что работа в области экологического просвещения все еще требует улучшений и дополнительного внимания.

Высокий уровень сформированных экологических знаний был показан лишь тремя детьми, что составляет всего 10 % от общего числа опрошенных. По нашему мнению, одной из причин этого является неравномерность и недостаточность эффективности методик, используемых в процессе экологического обучения. Важно более тщательно изучить причины, которые могут влиять на такой низкий процент уровня экологических знаний среди детей.

Проведенное исследование также выявило различия в сформированности экологического воспитания среди мальчиков и девочек. Так, наибольшая разница с учетом гендерных особенностей обнаружена в группе с низким уровнем экологических знаний (2 девочки и 12 мальчиков). Средний уровень сформированности

экологического воспитания наоборот показывает трехкратный отрыв в количестве девочек данной группы. В группе с высоким уровнем следует признать отсутствие достоверных различий из-за малой выборки. На наш взгляд, гендерную дифференциацию следует обязательно учитывать при подборе заданий в процессе экологического обучения. Применение видов деятельности в процессе экологического воспитания должны основываться на половых различиях в работе головного мозга и органов чувств [5].



**Рисунок – Результаты диагностики экологического воспитания детей школьного возраста с учетом гендерных особенностей**

Таким образом, результаты данного исследования говорят о необходимости совершенствования механизмов экологического обучения, чтобы достичь более высоких показателей уровня сформированных экологических знаний среди детей. Это, в свою очередь, способствует формированию ответственного отношения к окружающей среде и повышению экологической культуры нашего общества. Обнаруженные нами различия с учетом гендерных особенностей требуют разработать дифференцированные подходы к организации работы с мальчиками и девочками.

Результаты данного исследования подчеркивают необходимость продолжения работы в области экологического образования и воспитания, чтобы поддерживать и развивать положительное отношение обучающихся к природе.

Список литературы:

1. Ермаков Л. Н., Чернышова О. Н. Проблемы профессиональнопедагогической подготовки учителя. Новосибирск: Издательство НГПУ, 2019. С. 152–164.
2. Васильева И. И. Экологическое воспитание в современной школе. М.: Просвещение, 2017. 128 с.
3. Бобылева Л. Д., Бобылева О. В. Экологическое воспитание школьников // Начальная школа. 2019. № 5. С. 64–75.
4. Голов В. В. Экологическое воспитание школьников на уроках биологии. М.: БИ-Центр, 2019. 128 с.
5. Гариен М. Мальчики и девочки учатся по-разному: Руководство для педагогов и родителей. М.: Астрель, 2004. 303 с.
6. Модифицированный вариант методики: «Диагностика уровня экологической культуры личности» по С. С. Кашлеву, С. Н. Глазычеву // URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/gumanitarnye-nauki/library/2021/03/23/modifitsirovannyu-variant-metodiki-diaagnostika-urovnya> (дата обращения: 28.02.2024).

**Развитие толерантности *Staphylococcus aureus* к действию активных форм кислорода при воздействии фиолетового излучения 405 нм**

*А. Н. Эль Хух, Е. С. Тучина*

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

ayya0022@gmail.com

Ключевые слова: *Staphylococcus aureus*, АФДТ (антимикробная фотодинамическая терапия), АФК (активные формы кислорода), МИК (минимальная ингибирующая концентрация), СИ (синее излучение).

Способность бактерий с экспоненциально возрастающей скоростью развивать устойчивость к антибиотикам в последнее десятилетие приобрела угрожающие масштабы [1]. В мире разрабатываются способы предотвращения развития полностью резистентных к антибиотикам инфекций. Один из перспективных методов – антимикробная фотодинамическая терапия (АФДТ), основанная на генерации активных форм кислорода при воздействии света на специальные красители. АФДТ демонстрирует антимикробный эффект и обладает иммуномодулирующим и регенеративным потенциалом при воздействии на ткани макроорганизма. Метод экономичен, легко проводится и имеет высокую эффективность [2, 3]. Однако новые исследования показывают, что повторное облучение светом может спровоцировать развитие толерантности и/или резистентности у бактерий. В связи с этим, целью настоящего исследования являлось изучение возможных механизмов формирования толерантности/резистентности у микроорганизмов *Staphylococcus aureus* к действию фиолетового (405 нм, 80 мВт/см<sup>2</sup>, 72 Дж/см<sup>2</sup>) излучения *in vitro*.

Для исследований использовали клинический метициллин-резистентный штамм *S. aureus* 2a, характеризующийся способностью продуцировать плазмокоагулазу, гемолизин и летициназу, а также устойчивость к антибиотикам. Облучение проводили светодиодным прибором с  $\lambda=405\pm 30$  нм, плотностью мощности 80 мВт/см<sup>2</sup>, с дозой излучения 72 Дж/см<sup>2</sup>. Культуры облучали в черных полистирольных планшетах, выращивая при температуре 37°C на ГРМ-агаре. Изменение численности бактерий и МИК H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> определяли в каждом цикле облучения. Каталазную активность оценивали спектрофотометрически. Все эксперименты проводились в пятикратной повторности.

Изучение динамики численности бактериальной популяции *S. aureus* 2a при последовательном повторном облучении показало, что с 1 по 5 цикл происходило незначительное сокращение выживаемости с 85 до 82 %, с 5 по 10 цикл снижение числа клеток стало более выраженным – с 82 до 63 %. Затем, с 10 по 15 цикл отмечено восстановление численности до более высоких значений (65–76 %), а с 15 по 20 цикл значения выживаемости после облучения оставались на уровне 80 %. При определении минимальной ингибирующей концентрации перекиси водорода было установлено, что с увеличением цикла облучения растет и МИК. МИК для исходной культуры составляла 0,000088 М, к 10 циклу облучения МИК составила 0,000176 М, а к 20 циклу – 0,000264 М (см. таблицу). При формировании толерантности к H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> у *S. aureus* 2a выявили, что ни исходная культура, ни культура после 10 циклов облучения не обладали такой способностью, МИК оставалась на одном уровне. Культуры *S. aureus* 2a при облучении не проявляли толерантности к H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, однако после инкубации в течение 1 ч в присутствии сублетальной концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> только культуры, прошедшие от 15 до 20 циклов облучения, приобрели устойчивость, МИК увеличилась в 2 раза.

**Таблица – Чувствительность клеток *Staphylococcus aureus* 2а к оксидативному стрессу**

Цикл облучения	МИК H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , М		Активность каталазы, отн. ед.	
	исходная	через 1 час инкубации	до облучения	после облучения
0	0,000088	0,000088	0,55	0,57
10	0,000176	0,000176	0,63	0,76
15	0,000176	0,000352	0,68	1,32
20	0,000264	0,000528	0,87	1,65

Изучение уровня активности каталазы у бактерий *S. aureus* показало, что после 10 циклов облучения происходит умеренное повышение активности. После 15 циклов облучения наблюдается значительное увеличение активности каталазы, особенно после воздействия светового излучения. Это свидетельствует о формировании адаптации к окислительному стрессу у штамма *S. aureus* 2а. Некоторые исследования показали, что *S. aureus* и другие патогенные микроорганизмы могут развивать толерантность/резистентность к антибактериальным фотодинамическим терапиям после 10–17 циклов облучения [4].

Исследование показало, что использование фотодинамической терапии может привести к развитию толерантности у микроорганизмов к оптическому излучению после 15 циклов облучения. Это может негативно повлиять на результаты лечения. Однако, данное исследование может стать основой для разработки комплексного подхода к проблеме толерантности микроорганизмов, который обеспечит эффективное уничтожение бактерий без их резистентности к методу.

Список литературы:

1. Kussell E. et al. Bacterial persistence: a model of survival in changing environments // *Genetics*. 2005. V. 169. P. 1807–1814.
2. Youf R. et al. Antimicrobial Photodynamic Therapy: Latest Developments with a Focus on Combinatory Strategies // *Pharmaceutics*. 2021. V. 13. P. 1995–2016.
3. Lipovsky A. et al. Sensitivity of *Staphylococcus aureus* Strains to Broadband Visible Light // *Photochemistry and Photobiology*. 2009. V. 85. P. 255–260.
4. Amin R. M. et al. Antimicrobial blue light inactivation of *Pseudomonas aeruginosa* by photoexcitation of endogenous porphyrins: *in vitro* and *in vivo* studies // *Lasers in Surgery and Medicine*. 2016. V. 48. P. 562–568.

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

УДК 502.74

### **Редкие и исчезающие животные окрестностей хутора Малооголубинского Калачевского района Волгоградской области**

*Ю. П. Богданова, П. А. Богданова,*

Средняя школа № 3, г. Калач-на-Дону, Россия

yulya\_poluhina@mail.ru

Ключевые слова: редкие виды, Красная книга, мела.

Изучение животного мира – занятие увлекательное и полезное. Особенно, когда речь идет о животных, обитающих в районе меловых отложений. Следует учесть, что меловые обнажения объединяют вокруг себя различные биотопы: степь, пойменный лес, луга, водные объекты и другие. В этих исследованиях особо выделяются работы по местам обитания, состоянию популяций, оценки воздействия на популяции различных экологических факторов на редкие и исчезающие виды животных, занесенных в Красную книгу РФ и Красную книгу Волгоградской области. Систематические наблюдения за такими видами позволяет оценивать состояние того или иного вида в динамике.

Цель нашей работы – выявление редких видов животных в окрестностях хутора Малооголубинского Калачевского района Волгоградской области.

На сегодняшний день список охраняемых животных Волгоградской области включает 132 вида позвоночных и беспозвоночных животных (млекопитающих – 5, птиц – 55, рептилий – 6, рыб – 11, беспозвоночных – 55 видов) [1].

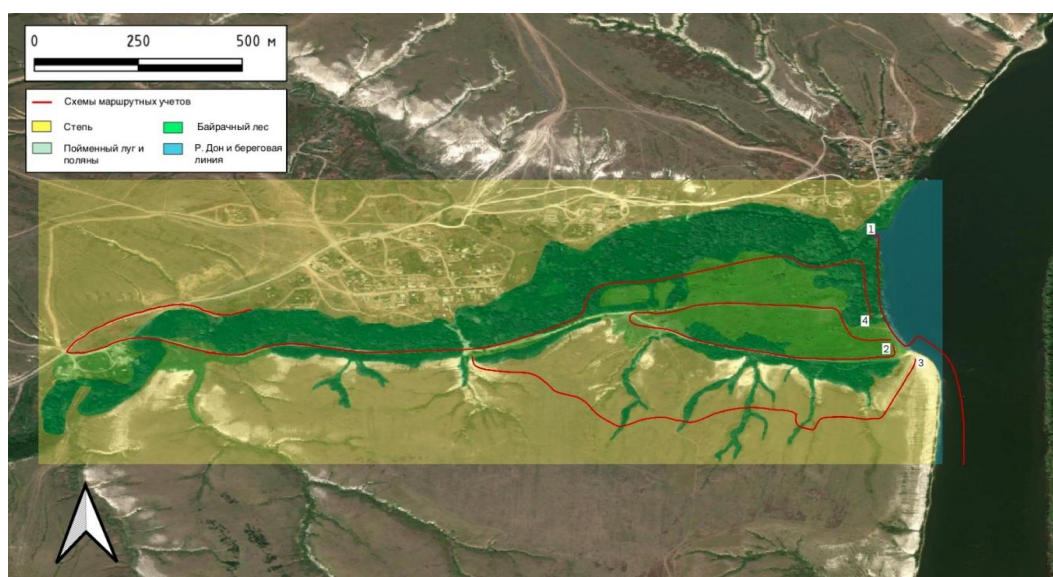
Изучение видового состава и численности позвоночных животных проводилось с использованием стандартных методов учета. Был выбран маршрутный метод (см. рисунок) учета для охвата наибольшей площади объекта. Приоритетной для птиц была выбрана методика маршрутного учета с использованием малого числа радиальных интервалов обнаружения [2]. Для изучения рептилий и амфибий была выбрана методика маршрутного трансектного учета с шириной учетной полосы 5 метров (2,5 метров в обе стороны от линии маршрута) с последующим перерасчетом плотности численности особей на 1 км<sup>2</sup>. Определение состава териофауны, а также изучение распространения и биотопической приуроченности млекопитающих проводили детальным обследованием территории по общепринятой методике [4], при этом отмечались встречи с животными и все следы их жизнедеятельности (погадки, норы, выброс грунта, погрызы, отпечатки конечностей, останки и т.д.).

По результатам натурных маршрутных исследований (см. рисунок) в полосе землеотвода и буферной зоне объекта были обнаружены следующие охраняемые виды животных (см. таблицу).

Из значительного количества отмеченных животных в различных биотопах мы выбрали редкие и исчезающие виды; составили их список и сделали их краткое описание. Хотелось бы отметить необходимость уточнения данного списка, его дополнения, для чего нам следует повторить несколько раз свои полевые выезды и обязательно в разное время года.

**Таблица – Список видов животных, занесенных в Красную книгу РФ (далее КК РФ) и/или Волгоградской области (КК ВО) [1], встреченных на исследуемой территории**

№ п/п	Видовое название	Количество	Примечание
КК Волгоградской области (территории окрестностей хутора Малооголубинского Калачевского района Волгоградской области)			
1	Круглоголовка-вертихвостка / <i>Phrynocephalus guttatus</i>	15+	Вне участка исследований, на территории Голубинских Песков
2	Каспийский (желтобрюхий) полоз / <i>Hierophis caspicus</i>	2	На участке исследований, в зоне степей и байрачного леса
3	Осоед / <i>Pernis apivorus</i>	2	На участке исследований, в зоне байрачного леса
4	Орел–карлик / <i>Hieraetus pennatus</i>	2	На участке исследований, в степной зоне; Вне участка исследований, на территории Голубинских Песков
КК Российской Федерации (территории окрестностей хутора Малооголубинского Калачевского района Волгоградской области)			
5	Дыбка степная / <i>Saga pedo</i>	3	На участке исследований, в степной зоне
6	Пахучий красотел / <i>Calosoma sycophanta</i>	1	На участке исследований, в зоне байрачного леса
7	Сизоворонка / <i>Coracias garrulus</i>	1	На участке исследований, в степной зоне
8	Орлан-белохвост / <i>Haliaeetus albicilla</i>	2	На участке исследований, прибрежный участок



**Рисунок – Маршрут исследования**

Список литературы:

1. Белик В. П. и др. Красная книга Волгоградской области. Воронеж: Издат-Принт, 2017. Т. 1. 215 с.
2. Машкин В. И. Методы изучения охотничьих и охраняемых животных в полевых условиях: учебное пособие. М.: Лань, 2013. 448 с.
3. Новиков Г. А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. Ленинград: Печатный Двор, 1949. 602 с.
4. Кафтина Н. Ю., Тюрязков М. Ю. Природа земли Калачевской. Калач-на-Дону, 2012. 226 с.
5. Сагалаев В. А. Редкие и охраняемые растения и животные Калачевского района Волгоградской области. Волгоград, 2004. 200 с.

**Влияние почвенного состава на растительные сообщества на примере биотопов балки Малооголубинской Калачевского района Волгоградской области**

*Ю. П. Богданова, М. В. Молчанов*

Средняя школа № 3, г. Калач-на-Дону, Россия

yulya\_poluhina@mail.ru

Ключевые слова: почва, катена, разрез, сообщество.

Почва – важнейшая составная часть любого биогеоценоза. От состава и состояния гумусного слоя зависит состав и растительного сообщества, а значит всего биоценоза. При изучении различных типов почв, их приуроченности к определённым формам рельефа обязательно следует указывать тип растительности на данном участке.

Каждый генетический горизонт почвы имеет свои признаки: цвет, характер окраски, влажность, структура, гранулометрический состав, сложение, новообразования, включения, корневая система, почвенная фауна и следы ее деятельности, вскипание, характер перехода к нижележащему горизонту и граница. Каждый из этих факторов может влиять на состав растительного сообщества.

Целью наших исследований стало влияние состава почв на растительные сообщества в различных биотопах балки Малооголубинской Калачевского района Волгоградской области.

По содержанию основных компонентов почвообразующие породы Волгоградской делятся на: кремнеземистые (пески и опоки), глиноземно-кремнеземистые (глины, суглинки, алевролиты), и карбонатные породы (мел, известняк, мергель) [1]. На исследуемой территории почвообразующими являются карбонатные породы, представленные отложениями мела. Они характеризуются дефицитом большинства микроэлементов и щелочной реакцией почвенного раствора.

Калачевский район расположен в пределах каштановой почвенной зоны, где преобладают темно-каштановые почвы на рыхлых глинистых и тяжелосуглинистых рыхлых почвообразующих породах. Они формируются преимущественно на карбонатных лёссовидных суглинках и глинах и глинисто-суглинистых элюво-делювиях коренных пород. Водный режим почв непромывной [1].

В состав полевых исследований входило:

- выбор и подготовка места проведения работ;
- морфологическое описание почвы;
- отбор проб почвы для определения плотности и максимальной гигроскопичности почвы;
- выполнение работ по определению наименьшей влагоёмкости [2].

В результате проведенных исследований нами было заложено и описано пять почвенных разрезов.

Точка № 1. Расположена на конусе выноса, в 25 метрах от уреза воды (реки Дон). Растительное сообщество осоково-молочайный влажнотравный луг с примесью злаков пырея ползучего, вейника наземного с порослью яблони, терновки, тополя белого и карагача. Достаточно широко представлено разнотравье – тысячелистник обыкновенный, люцерна посевная, лапчатка серебристая, марена татарская, лопух большой, ирис ложноаировый, белокудренник черный и другие. Проективное покрытие составляет 90 %.

Точка № 2. Точка расположена в нижней части пологого склона северной экспозиции, в 230 м к юго-юго-западу от точки № 1. Растительное сообщество ковыльно-полынная степь. Здесь можно встретить такие растения как вишня степная, ковыль волосатик, костер растопыренный, мятлик луковичный, келерия стройная,

мортук восточный, ковыль лессинга, клоповник сорный, полынь белая, полынь австрийская, вероника многостебельная, липучка, смолевка, вероника мелкоцветковая, астрагал яичкоплодный, коровяк фиолетовый и ряд других. Проективное покрытие 80 %.

Точка № 3. Точка расположена в средней части пологого склона плато, в 230 м к югу от точки № 2. Растительное сообщество – белопопынно-ковыльная степь. Состав растительности мало чем отличается от предыдущей точки. Проективное покрытие 80 %.

Точка № 4. Точка расположена в верхней части пологого склона северной экспозиции, в 195 м к юго-юго-востоку от точки № 3. Растительное сообщество – белопопынно – ковыльная степь. Растительный состав практически повторяет флористический список точки № 2. Проективное покрытие 80 %.

Точка № 5. Правый берег реки Большая Голубая, в 10 метрах от уреза воды. Пойменный луг, влажный разнотравно-попынный. В флористический состав входят такие растения как чернокорень лекарственный, гулявник лезеля, липучка, костер растопыренный, мятлик луковичный, овсяница валлиская, полынь австрийская, щавель, авран лекарственный, ирис солелюбивый, вязель голый, лютик ползучий и другие. Проективное покрытие 70 %.

В соответствии с методикой проведения почвенных исследований [3, 4] нами были заложены пять почвенных разрезов, расположенных по катене. Даны описание слоев почв и их характеристики. В окрестностях каждого почвенного разреза проведены флористические исследования растительных сообществ, определены типы растительных сообществ.

Список литературы:

1. Сагалаев В. А. Редкие и охраняемые растения и животные Калачевского района Волгоградской области. Волгоград, 2004. 200 с.
2. ГОСТ Р 56157–2014. Почва. Методики (методы) анализа состава и свойств проб почв.
3. Гуленкова М. А., Красникова А. А. Летняя полевая практика по ботанике. М.: Просвещение, 1986. 175 с.
4. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Полевая геоботаника. Ленинград: Наука, 1976. Т. 3. 160с.

УДК 631.466.1

### **Биолого-экологические особенности произрастания рядовки зеленой (*Tricholoma equestre*)**

*И. А. Зубов, В. А. Богданов*

Средняя школа № 3, г. Калач-на-Дону, Россия  
ekodon@list.ru

Ключевые слова: рядовка зеленая, экология, биология, сосна.

Несмотря на многообразие грибов в калачевских лесах население предпочитает ограничиваться осенью сбором только маслят, что обусловлено, в основном, скудными знаниями о других видах съедобных грибов. В частности, это касается рядовки зеленой, или зеленушки.

Целью проведенного нами исследования было изучение экологические и биологические особенности произрастания рядовки зеленой в окрестностях г. Калач-на-Дону. При проведении микологических исследований одним из вспомогательных средств документирования наблюдений является фотосъемка. Наиболее приемлемым



считается маршрутный учет. Это основной метод относительного учета численности, и благодаря своей простоте он получил широкое распространение. Данным методом можно исследовать большие площади за относительно короткий период времени [1].

Установлено, что в Калачевском районе рядовка зеленая встречается во всех сосновых лесах. На левобережье это полоса от п. Ильевка до х. Сокаревка на границе с. Городищенским районом. На правобережье это всего небольшой островок сосновых посадок в Красной балке.

Зеленая рядовка по своим биологическим показателям приурочена к сосновым лесам и песчаной почве [2, 3]. При этом в начале сезона плодовые тела зеленушки размером в 1–2 см растут глубоко в песке. Это глубина может составлять 10–15 см. Рассмотреть такой гриб далеко удастся не всегда. Причина развития под песком является результатом, скорее всего, расположенного на глубине мицелия. С понижением дневной температуры до 8–10°C размеры зеленой рядовки возрастают и поиски грибов облегчаются. Вместе с тем, для поиска зеленушки требуется определенный навык и внимание. Стоит заметить, что этот гриб относится к рядовковым. Часто, выковыривая рядовку из-под песка, достаешь сразу два-три, а то и больше, грибов.

В прохладную погоду гриб может появляться на поверхности или, по крайней мере, выдавливать песок наверх таким образом, что место произрастания гриба становится хорошо видимым. Однако даже в разгар сезона большую часть грибов можно собирать только при условии внимательного рассмотрения мест произрастания. Часто место произрастания гриба – это небольшой бугорок, иногда с крестообразной трещинкой на поверхности. Поэтому далеко не все грибники в состоянии обнаружить этот гриб.

Зеленая рядовка занимает одну и ту же экологическую нишу, что и маслята. Оба вида предпочитают сосновые насаждения, поскольку находятся в симбиотической связи с сосной. Места их произрастания, хоть и накладываются друг на друга, тем не менее, отличаются. Зеленушка располагает свое плодовое тело в песке, а маслята на поверхности. Маслята большей частью растут непосредственно под соснами. Зеленая рядовка под соснами встречается намного реже. Ей больше нравятся светлые места: полянки между соснами, тропинки и тому подобное.

Еще один важный экологический аспект произрастания рядовки зеленой: в условиях Нижнего Поволжья она образует плодовые тела, как правило, в середине октября, когда дневная температура не поднимается выше 10–12°C, а ночная температура стремится к нулю. Зеленая рядовка неплохо переносит легкие заморозки. В это время она растет значительно быстрее, но плодовое тело при таких температурах становится хрупким: при небольшом давлении на гриб он трескается с характерным звуком. Температурный фактор в изученном регионе позволяет собирать рядовку достаточно продолжительное время, в том числе и в ноябре до наступления устойчивых отрицательных температур.

В результате проведенного исследования была дана характеристика мест произрастания рядовки зеленой на территории Калачевского района Волгоградской области, дополнены сведения о биологических особенностях рядовки зеленой, оценены экологические факторы, влияющие на рост и развитие плодовых тел. Среди них мы выделили симбиоз с сосной, песчаные почвы, светлые места и пониженные температуры.

#### Список литературы:

1. Артаев О. Н. и др. Методы полевых экологических исследований: учебное пособие. // Саранск: Издательство Мордовского университета, 2014. 412 с.
2. Вишневский М. В. Справочник-определитель начинающего грибника. М.: Проспект, 2021.

148 с.

3. Вишневский М. В. Грибы. Определитель грибов русских лесов и полей. М.: Эксмо-Пресс, 2014. 216 с.

УДК 58.1963

### **Характеристика природных ландшафтов балки Малооголубинской Калачевского района Волгоградской области**

*А. Д. Исаев, Ю. В. Бакаева, И. А. Зубов*

Средняя школа № 3, г. Калач-на-Дону, Россия

sasha\_isayev.20@bk.ru

Ключевые слова: растительный покров, природный ландшафт, флористический список.

Калачевский район расположен в южной части Волгоградской области по обоим берегам реки Дон и на восточном побережье Цимлянского водохранилища. Дон и водохранилище делят район на две неравные части: восточную – большую, и северо-западную – меньшую по площади. Районный центр – г. Калач-на-Дону [1].

Окрестности хутора Малооголубинский, Калачевского района, богаты природными ландшафтами: степи, балки, меловые отложения, пойменные и байрачные леса, крупные и малые реки, заливные луга, песчаные массивы [2]. В рамках межрегиональной экологической полевой школы «Голубинские мела» было проведено исследование и составлена характеристика природных ландшафтов балки Малооголубинской Калачевского района Волгоградской области.

Для анализа использовался метод маршрутной гербаризации растений М. А. Гуленковой [3]. Сбор материала осуществлялся в течение недели в конце мая – начале июня. В ходе исследования были составлены характеристики природных ландшафтов: плакорная степь, заливной луг, меловой склон южной и северной экспозиций, пойменный лес, обочина грунтовой дороги.

Первым ландшафтом стал участок плакорной степи. Для него характерна типчаково-ковыльная растительность. Флора данного участка представлена 55 видами. Наиболее богатыми в видовом отношении являются семейства мятликовые и сложноцветные. На данном участке присутствуют следы антропогенного воздействия: грунтовая дорога, следы выпаса скота.

Следующий ландшафт – южный склон меловых обнажений, находящийся западнее села Малооголубинский, на котором сформировались сообщества кальцефитов. На изученном участке были определены 46 видов растений. В их число также вошли пять представителей Красной книги РФ и Волгоградской области, а также один вид из мониторингового списка [4]. В пределах южной экспозиции склона наблюдается антропогенное влияние – разработка мела.

Третий ландшафт представлен склоном северной экспозиции. У подножия и на вершине наблюдается степная растительность, которая прежде всего представлена злаками. Сам склон обладает большой сыпучестью, поэтому здесь растений значительно меньше. Преобладающими видами являются астрагал белостебельный и курчавка кустарниковая. На склоне северной экспозиции, как и на южной, встречаются растения, занесенные в Красную книгу РФ. Здесь можно встретить популяцию полыни солянковидной (КК РФ). На вершине произрастают тюльпан двуцветковый, ирис низкий и мониторинговый вид – смолевка приземистая. На склоне наблюдается антропогенное воздействие – выпас скота, бытовой мусор.

Следующий участок балки Малооголубинской представлен заливным лугом. Он образовался в результате поднятия уровня воды в р. Дон. Особенностью растений заливных лугов является их адаптация к постоянному присутствию влаги. На участке луга были найдены паразитические растения – повилика луговая и заразиха. Наибольшее количество видов (68) было зафиксировано на данном участке.

В пойме р. М. Голубая была дана характеристика растительности пойменного леса. Лесообразующими породами в пойменном лесу являются дуб черешчатый, тополь белый, тополь черный, вяз гладкий. Наиболее распространенными травянистыми растениями являются полынь горькая, подорожник большой и средний. Встречается инвазивный вид клен американский и паразитическое растение повилика полевая. Флора представлена 46 видами.

Среди такого разнообразия природных ландшафтов выделяется один, созданный человеком, грунтовая дорога, имеющая протяженность около одного километра. Растительность окрестности дороги прежде всего представлена травянистыми растениями. Основой являются представители семейства злаковые. По обочине можно встретить кустарники: терн обыкновенный, шиповник собачий, боярышник. Также произрастают вяз шершавый, клен татарский. Всего на этом участке было найдено 46 видов.

Таким образом, наибольшее видовое разнообразие было установлено на участке заливного луга (68 видов). На территории Малооголубинской балки преобладающим семейством являются злаковые. На некоторых участках были найдены растения из Красной книги РФ и Волгоградской области и мониторингового списка. На всех исследуемых участках были обнаружены следы антропогенного воздействия. Наиболее угрозжающим фактором является разработка мела на территории южного склона в районе хутора, где произрастает клоповник Мейера. Интересные находки мы отмечаем GPS-координатами, давали описание. Полученная информация была передана в Волгоградский ботанический сад. Исследование требует своего продолжения для мониторинга состава растительности и ее изменений.

Список литературы:

1. Кафтина Н. Ю., Тюрков М. Ю. Природа земли Калачевской. Калач-на-Дону, 2012. 226 с.
2. Гуленкова М. А., Красникова А. А. Летняя полевая практика по ботанике. М.: Просвещение, 1986. 175 с.
3. Белик В. П. и др. Красная книга Волгоградской области. Воронеж: Издат-Принт, 2017. 215 с.

**Флористический состав экологической тропы в природном парке «Река Чусовая»***И. Н. Катерин*

Городская станция юных натуралистов, г. Нижний Тагил, Россия

ikaterin@internet.ru

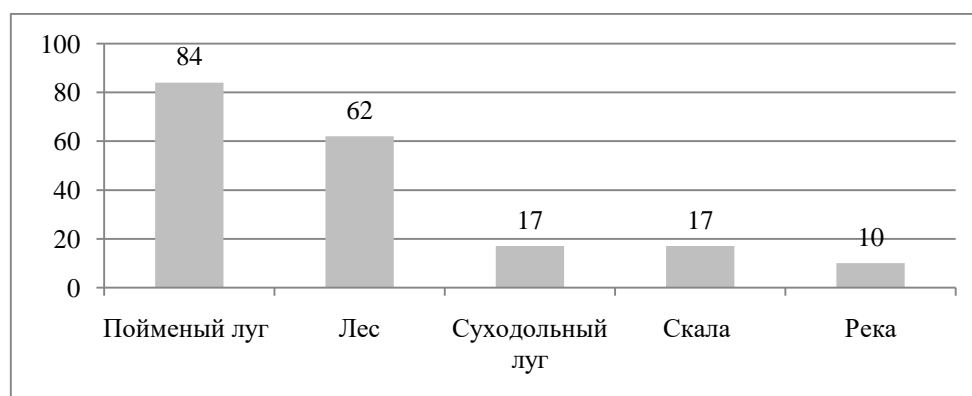
Ключевые слова: флора, река Чусовая, экологическая тропа.

Экскурсионная тропа «Баронская петля» находится на территории природного парка «Река Чусовая». Её назначение – экологическое просвещение населения, знакомство с экосистемой леса и, с типичными и редкими растениями. Однако, на данной экологической тропе не изучено видовое разнообразие растений, поэтому целью работы было изучение её флористического состава.

Протяженность экологической тропы – 5 км. Тропа проходит по берегу реки, через суходольный луг, пойменный луг, у береговых скал, через сосновый лес, смешанный лес, осинник. На всём протяжении тропы можно наблюдать различные растительные сообщества: пойменный и суходольный луга, темнохвойный, сосновый и смешанные леса, заболоченный лес, наскальную растительность. На тропе есть возможность увидеть основные явления смены, формирования и деградации растительных сообществ. Повсеместно на тропе встречаются различные виды лишайников, растущих на скалах, почве, ветках и стволах деревьев [1].

В ходе проведенного исследования было выявлено 173 вида растений: 10 видов лишайников, 3 вида водорослей, 160 видов высших растений. Высшие сосудистые растения представлены 128 родами и 50 семействами. Ведущими семействами являются: астровые, розоцветные, бобовые, лютиковые, кроме того присутствуют представители семейств: сосновые, горцевые, капустные, яснотковые, мареновые, лилейные, березовые и др. Больше всего видов – (84) произрастает на пойменном лугу, на суходольном лугу встречается 17 видов, в лесу 62, на скалистом берегу Межевой Утки – 17, в акватории реки 10 (см. рисунок).

Лишайники, встреченные на тропе, относятся к 11 видам, из них 9 произрастают в лесу на стволах и ветках деревьев, на мертвой древесине и на почве, и 2 вида произрастают на скалистом берегу на обнажениях известняка, на лугах и в реке лишайники не встречаются. Высшие растения встречаются во всех местах обитания. Анализ перечня высших растений по ценоотическим группам показал, что во флоре изученной территории преобладают луговые (71 вид) и лесные (63 вида) реже встречаются растения интразональных сообществ (11 видов водных и 10 видов наскальных растений).

**Рисунок – Количество видов растений в разных местах обитания**

На экологической тропе обнаружено восемь реликтовых видов [2]. Это реликты конца ледниковой эпохи (соснорея спорная, чина Гмелина), реликты хвойно-широколистных лесов начало голоценовой эпохи (липа мелколистная, копытень европейский и щитовник мужской) и лесостепные реликты середины голоценовой эпохи (астрагал датский, гвоздика разноцветная и дрок красильный).

Обнаружено пять видов растений, занесенных в Красную книгу Свердловской области: лилия кудреватая, венерин башмачок крапчатый, пальчатокоренник Фукса, гудайера ползучая, любка двулистная [3]. Такие растения, как лилия и пальчатокоренник, в данной местности растут непосредственно на обочине тропы и, прежде всего, нуждаются в защите от вытаптывания. Венерин башмачок среди них самое редкое растение, известно только место на тропе, где растет башмачок.

В ходе экскурсии обнаружено 14 видов дикорастущих пищевых растений (брусника, бубенчик лилиелистный, земляника, кислица, костяника, крапива, малина, очиток пурпурный, сныть, черемуха, черника, шиповник) и 29 видов лекарственных растений (адонис, береза, бузина, вероника длиннолистная, горец змеиный, зверобой, иван-чай, копытень, кочедыжник женский, крапива, кровохлебка, лабазник, липа, лиственница, лопух, пихта, очанка, одуванчик, мята, можжевельник, манжетка, и др.). На тропе также встречаются ядовитые растения: адонис, орляк, лютики, молочай, майник, волчье лыко, калужница болотная и жимолость лесная, у которой плоды не съедобны.

Список литературы:

1. Природный парк «Река Чусовая»: путеводитель / Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области; Природный парк «Река Чусовая», дирекция. Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2014. 144 с.
2. Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. Свердловск, 1969. 287 с.
3. Корытин Н. С. и др. Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: Мир, 2018. 450 с.

УДК 595.7

### **Создание коллекции чешуекрылых гуманным способом**

*А. И. Коновалова, Е. Е. Быстрова, Ю. А. Хатыпова*

Городская станция юных натуралистов, г. Нижний Тагил, Россия

*alevtina.khatypova@mail.ru*

Ключевые слова: чешуекрылые, коллекция.

Бабочки – одни из самых популярных видов насекомых. Существует большое количество видов и разновидностей бабочек, которые встречаются на нашей земле в большинстве частей мира.

Общеизвестны факты гибели насекомых на дорогах при столкновении их с проезжающими автомобилями. Это позволяет, обследовав участки вдоль дорог, проводить выявление состава фауны беспозвоночных данной территории без дополнительного отлова многих редких видов. Погибшие насекомые, если им удалось избежать полного разрушения, падают на поверхность дороги и благодаря потокам воздуха, создаваемым проезжающими автомобилями, сдуваются к краям дороги и скапливаются у бордюров или в траве. Из-за такого распределения погибших насекомых достаточно исследовать узкую полосу вдоль дороги, чтобы получить

ценные сведения о составе и относительной численности отдельных групп насекомых. При этом наибольшее количество погибших насекомых встречается на участках дорог, проходящих вдоль границ различных биотопов (берег водоема, опушка леса и т.п.), а также в местах, где дорога пересекает границу между биотопами (въезд в лес, на поляну) [1].

Для создания любительской, а также учебной и исследовательской коллекции данные способы сбора насекомых являются подходящими и были использованы в нашей работе.

Для массовых сборов насекомых была выбрана достаточно оживлённая автомобильная дорога – Салдинское шоссе на участке Нижний Тагил – Нижняя Салда.

Насекомые и были собраны на обочине дороги в жаркие солнечные дни августа 2023 года. В конце лета большое количество насекомых находятся в стадии имаго и активно передвигаются на значительные расстояния. Именно они и становятся в подавляющем большинстве жертвами автомобильных дорог. Целесообразно проводить сборы насекомых несколько раз во второй половине августа [2].

На этом относительно небольшом участке дороги (6 км) было собрано много насекомых, относящихся к 6 отрядам: чешуекрылые, двукрылые, стрекозы, перепончатокрылые, жесткокрылые, прямокрылые [3, 4]. Из них 38 экземпляров оказалось бабочками из трёх семейств: 1 вид семейства голубянки, 2 вида белянок и 10 видов из семейства нимфалиды (см. рисунок). Несколько экземпляров бабочек были найдены в течение лета в разных местах: утопленными, раздавленными на асфальте, умершими на окнах. Все чешуекрылые были нами определены до вида и являются распространёнными насекомыми нашей местности.

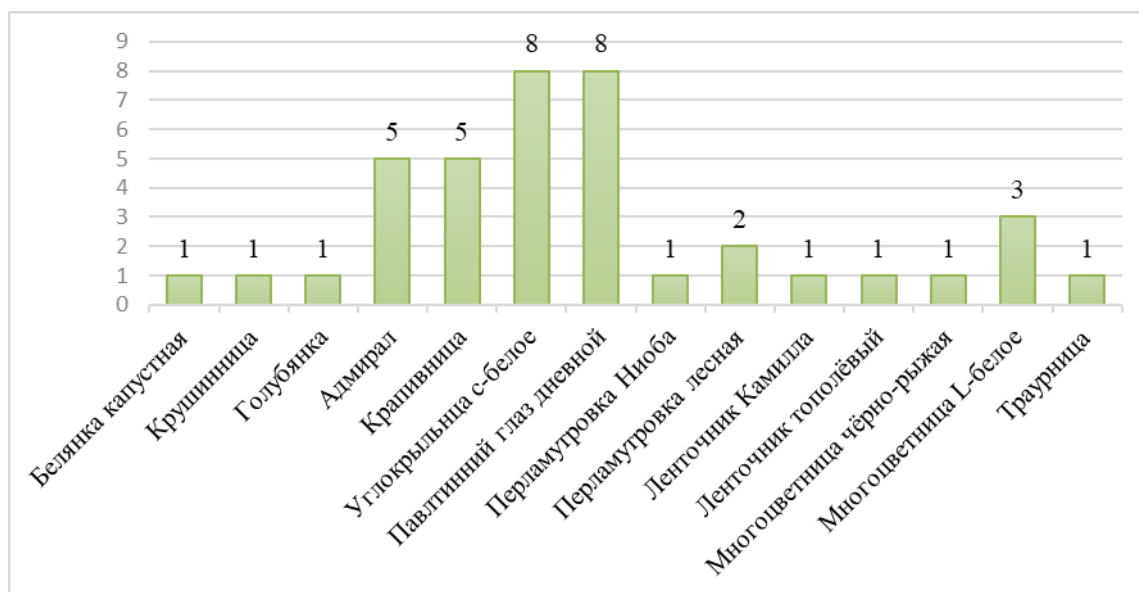


Рисунок – Видовой состав чешуекрылых собранных на дороге

Изготовить хорошую коллекцию дневных чешуекрылых гуманным способом возможно, но на создание такой коллекции требуется намного больше времени, так как сбор насекомых может происходить в течение длительного периода.

Такие коллекции можно использовать на уроках биологии в школе, занятиях по энтомологии, для научных исследований, а также украсить ими интерьер.

Список литературы:

1. Цуриков М. Н., Цуриков С. Н. Природосберегающие методы исследования беспозвоночных животных в заповедниках России: Труды Ассоциации особо охраняемых природных территорий

Центрального Черноземья России. Тула, 2001. № 4.130 с.

2. Николаева Н. Е. Организация учебной практики по зоологии беспозвоночных: учебное пособие. Тверь: Тверской государственный университет, 2013. 96 с.

3. Львовский А. Л., Моргун Д. В. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 443 с.

4. Сочивко А. В., Каабак Л. В. Определитель бабочек России: Дневные бабочки. М.: Мир энциклопедий Аванта+, 2012. 320 с.

УДК 581.142

### **Сравнительный анализ всхожести семян гледичии трехколючковой при естественной стратификации и искусственной скарификации**

*Т. Ю. Пластинина<sup>1</sup>, А. В. Кондратьева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Детский эколого-биологический центр «ЭкоДон», г. Калач-на-Дону, Россия

<sup>2</sup> Средняя школа № 3, г. Калач-на-Дону, Россия  
albinkacondratjeva@yandex.ru

Ключевые слова: гледичия, стратификация, скарификация, всхожесть, посадочный материал.

Гледичия трехколючковая, или гледичия обыкновенная – самый распространенный вид рода гледичия. Всего насчитывается около пятнадцати видов, отличающихся размерами и формой кроны, листьев и колючек. Они не такие крупные, более теплолюбивые и менее устойчивы к засухе по сравнению с изученным видом [1]. На территории школьного лесничества «ЭкоДон–лес» можно встретить еще Гледичию каспийскую и японскую.

Устойчивость перед засухой позволяет использовать гледичию в зеленых посадках степной зоны. Мощная разветвленная корневая система сделала растение идеальным насаждением для укрепления склонов. Гледичия быстро разрастается, редко болеет и почти не подвергается нападению вредителей. Молодая поросль хорошо поддается обрезке и формированию, что позволяет использовать гледичию в качестве живой изгороди. Природная «колючая проволока» делает такую изгородь натуральным непроходимым и, вместе с тем, декоративным барьером. Размножается семенами, побегами и отростками от корней. При обрезании верхушек быстро дает густую молодую поросль [1].

Основной целью нашей работы являлось проведение сравнительного анализа всхожести семян гледичии трехколючковой в результате естественной стратификации и искусственной скарификации. Исследования проводились согласно методике Т. А. Соколовой [2].

Перед посевом семена должны пройти предпосевную подготовку. Большинство лесных древесных пород нуждаются в таком виде предпосевной подготовки как стратификация. Она необходима, чтобы вывести семена из стадии глубокого покоя. Стратификация заключается в создании для семян особых условий: влажности и температуры. Семена, имеющие гладкую, твердую оболочку, обладающую гидрофобным (водоотталкивающим) свойством, как, например, у гледичии, требуют такой подготовки как «скарификация» благодаря чему семена начинают набухать [2].

Созревшие семена гледичии трехколючковой были собраны октябре 2022 г. Из них 1000 штук высели в первых числах ноября для их зимовки в почве до следующей весны. Таким образом, семена проходят период естественной стратификации в течение всего зимнего периода, подвергаясь воздействию отрицательных температур.

Другие 1000 штук семян хранились в помещении до мая 2023 г. Перед посадкой

эти семена залили кипятком, оставив в воде примерно на 14–16 часов. Затем их подсушили и 5 мая 2023 года провели посев скарифицированных семян. Через шесть дней (11 мая) на месте посева скарифицированных семян появились многочисленные проростки. Первые проростки на грядках, где семена были посеяны осенью, появились только 24 мая. При этом всходы были редкими, даже одиночными.

Все сеянцы на опытных участках находились в идентичных условиях: почва, полив, прополка, подкормка (аммиачной селитрой). К 1 ноября 2023 года стволы гледичии трехколючковой одревеснели.

По сеянцам нами были проведены подсчеты всхожести семян (см. таблицу).

**Таблица – Всхожесть семян гледичии трехколючковой**

№ п/п	Вид подготовки семян	Количество посеянных семян, шт.	Количество сеянцев, шт.	Всхожесть семян, %
1	Стратификация	1000	389	38,9
2	Скарификация	1000	947	94,7

Как видно из таблицы всхожесть семян подвергшихся искусственной скарификации превышает более чем в два раза показатель всхожести после естественной стратификации. Это можно объяснить тем, что при скарификации мы искусственно повреждаем плотную кожуру семени, которое активно впитывает воду и очень быстро начинает прорастать. При естественной стратификации мешающие прорастанию семян ингибиторы разрушаются, однако плотная кожура никуда не девается. Поступление влаги затруднено. Соответственно и прорастание семени замедляется.

Эти же факторы влияют и на качество полученных сеянцев. При скарификации мы получаем полноценные, соответствующие стандарту, сеянцы. Их высота достигает 60 см. Сеянцы при естественной стратификации имеют меньше времени для роста и развития, что сказывается и на результате: лишь небольшая часть сеянцев достигает высоты 20–25 см при толщине шейки 2–3 мм, что не соответствует стандартам.

Результаты наших исследований позволяют сделать вывод, что для получения более качественных сеянцев гледичии трехколючковой её семена необходимо подвергать скарификации, а не стратификации.

Список литературы:

1. Деревья и кустарники: Энциклопедия природы России. М.: Терра, 2003. 233 с.
2. Соколова Т.А. Декоративное растениеводство: Древодводство: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2004. 352 с.



**Изучение поведения лысухи в 2022–2023 гг. в нижнем течении реки Безенчук  
(Самарская область)**

*Н. Д. Пуляшкина<sup>1</sup>, Е. С. Рогова<sup>2</sup>, Н. А. Рогова<sup>3,4</sup>, В. Н. Ильина<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Школа № 35 имени Героя Советского Союза П. И. Коломина, г. Самара, Россия

<sup>2</sup>Лицей «Престиж», г. Самара, Россия

<sup>3</sup>Самарский областной детский эколого-биологический центр, г. Самара, Россия

<sup>4</sup>Самарский государственный социально-педагогический университет, г. Самара, Россия  
5iva@mail.ru

Ключевые слова: водные экосистемы, растительноядные птицы, лысуха, река Безенчук, Самарская область, зарастание водоемов.

Лысуха (*Fulica atra*) является достаточно распространенным видом птиц на территории России. Ареал обитания включает всю Европу и Среднюю Азию. В зимний период вид встречается в Африке, Южной Азии и Австралии. Лысуха относится семейству пастушковых [1–7]. Летом, весной, осенью в основной рацион входят растительные корма – побеги, листья, плоды таких растений, как рдест, роголистник, ряска [8, 9]. Возраст лысух может достигать 18 лет (самая взрослая учтенная окольцованная птица), однако, скорее всего не превышает 6–10. Лысуха – строго моногамный вид; некоторые пары постоянны в течение ряда лет. Каждая пара вскоре после прилёта занимает гнездовой участок, границы которого охраняет и защищает самец и лишь в исключительных случаях ему на помощь приходит самка. Таким образом, добытый на охоте самец или самка – это в итоге потерянная гнездовая пара, если оставшаяся в живых вторая особь уже не будет создавать новую семью. В Самарской области лысуха является промысловым видом: на них разрешена охота. По данным Министерства лесного хозяйства за 2011 и 2015–2022 гг. было добыто не менее 11 937 лысух. Этот вид птиц имеет не только промысловое значение, они также обладают некоторой способностью к очищению водоемов от растений, вызывающих зарастание береговой зоны и акватории. Использование такой их способности (поедать зеленые части водных растений и их плоды и семена) может стать одним из способов очищения водоемов от зарастания или удерживать этот процесс на определенном уровне.

Цель настоящей работы – изучение особенностей биологии и экологии растительноядной водоплавающей птицы лысухи и определение ее роли в водных экосистемах Самарской области.

Территория исследований – Екатериновский залив Саратовского водохранилища р. Волга, представляет собой затопленное при разливе нижнее течение реки Безенчук (окрестности с. Екатериновка Безенчукского района Самарской области). От села Екатериновка (на уровне бывшей границы ныне слившихся сёл Алексеевка и Екатериновка) до села Владимировка, где ранее было четко обозначено устье реки, долина Безенчука затоплена и представляет собой залив Саратовского водохранилища, протянувшийся с востока на запад на 8–10 км.

Был использован маршрутный и полустационарный методы исследования. Проводилась визуальная фиксация птиц и их подсчеты. При наблюдении за поведением птиц данные заносились в полевой дневник. В камеральный период проводился анализ данных.

В точках 1–4 (см. рисунок), где наблюдается присутствие человека, птицы ведут себя осторожно. Выход из зарослей на более чистую гладь воды осуществляется семьей птиц постепенно. Сначала выплывает самец, просматривая территорию, затем выплывает самка и часть птенцов. Нередко 2–3 птенца остаются в зарослях,

перекликаясь с взрослыми птицами. Потом самка заводит часть птенцов в заросли и выплывает еще раз, выводя другую группу птенцов. Только в случае, когда родители не видят опасности, то все птенцы могут плыть рядом.

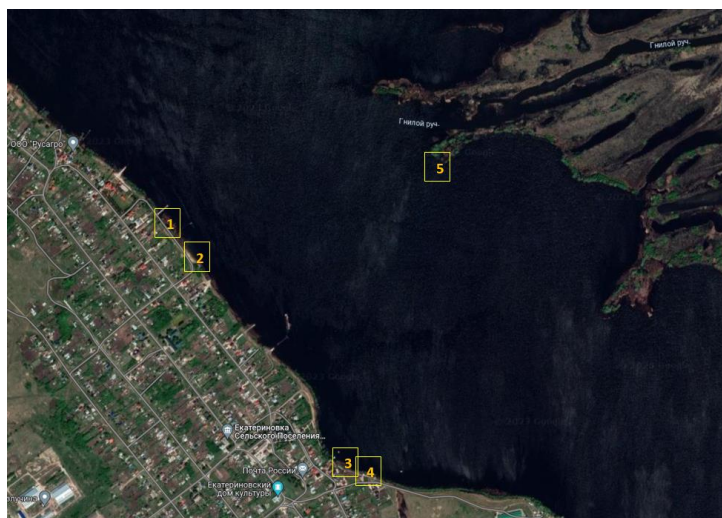


Рисунок – Места гнездования лысухи в Екатерининском заливе

Длительное наблюдение за питанием взрослых особей (обычно самцов как более активных) осуществлялось в 2023 г. в точках 1 и 2. Установлено, что в ходе одной кормежки птицы предпочитали находиться открыто на глади воды не более 20 минут. За это время самцы делали примерно одинаковое количество движений (220–225). Основным методом добывания корма являются поверхностные клевки в воде. Остальные методы используются не так активно. Вероятно, разница в способах добывания корма зависит от типа растительности и нахождения частей растений в толще воды, на глубине или на поверхности. Наземные варианты кормления лысух не зарегистрированы. В дневное время лысухи на берег в присутствии людей не выходят.

Наблюдение за поведением позволило установить способы питания лысух и некоторые аспекты поведения птиц в природе. Кроме того, установлено новое место обитания и определена численность особей лысухи в Екатерининском заливе реки Безенчук (Самарская область).

#### Список литературы:

1. Блум П. Н. Лысуха (*Fulica atra* L.) в Латвии. Рига, 1973. 156 с.
2. Завьялов Е. В. и др. Журавлиные пастушковые птицы Саратовской области // Беркут. 1997. Т. 6, № 1. С. 67–83.
3. Кошелев А. И. Лысуха (*Fulica atra*) в Западной Сибири // Русский орнитологический журнал. 2021. Т. 30, № 21. С. 4658–4663.
4. Лебедева Г. П. и др. Население птиц ключевой орнитологической территории «Яицкие озера»: сборник статей международной конференции «Самарский край в истории России». Самара: СОИКМ им. П.В. Алабина, 2022. № 8. С. 55–67.
5. Окрут С. В., Степаненко Е. Е. Эколого-биологические особенности лысухи (*Fulica atra*) // Вестник АПК Ставрополя. 2014. Т. 4, № 16. С. 226–228.
6. Павлов С. И., Яицкий А. С., Павлов И. С. Экологические группы птиц, сформировавшиеся в пределах памятника природы «Озеро Яицкое» (Самарская область) // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8, № 12. С. 165–171.
7. Фролов В. В., Коркина С. А. Лысуха – объект изучения и промысла в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Бутурлинский сборник: материалы I Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти С.А. Бутурлина. Ульяновск, 2003. С. 239–245.
8. Резанов А. Г. Кормовое поведение лысухи в различных регионах Палеарктики: оценка стереотипа и энергетических затрат // Русский орнитологический журнал. 2001. № 166. С. 975–983.
9. Резанов А. Г. Оценка качественного разнообразия кормового поведения лысухи (*Fulica atra*) в

пределах палеарктической части ареала: сборник трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. Симферополь: Бранта, 2003. № 6. С. 96–107.

УДК 574.24

### Эколого-биологическая характеристика *Tribulus terrestris* L.

Н. В. Фокин, И. А. Зубов

Средняя школа № 3, г. Калач-на-Дону, Россия

fokinatatyana1978@mail.ru

Ключевые слова: *Tribulus terrestris* L., фенофаза.

*Tribulus terrestris* L. (якорцы стелющиеся) – инвазивное лекарственное растение из Восточного Средиземноморья семейства Зигофилловых (*Zygophyllaceae*) [1], мало и недостаточно изученное в эколого-биологическом отношении. На территории Волгоградской области растение не изучалось. В последние годы якорцы все больше и больше завоевывают симпатии населения как лекарственное сырье.

Проведенные исследования [2, 3] показали высокую засухоустойчивость и жизнеспособность якорцев стелющихся. Растения легко выдерживают температуру 43 °С при влажности 20 %. Произрастают на песчаных и супесчаных почвах как вытопанных, так и паханных. Не растут на чистом песке. Отрастают при срезке. Требуют присутствия других растений, но не любят загущенности. Светолюбивые. Семена начинают прорастать в начале июня. Массовое цветение и плодоношение приходится на июнь-июль. В солнечную погоду цветки открыты около четырех часов во второй половине дня. В дождливую погоду цветки закрыты. Опыляются пчелами. На побегах якорцев одновременно находятся и цветки, и плоды в разных стадиях созревания.

Якорцы предпочитают большие открытые пространства. Если растут на загущенном участке, то только в присутствии растений, которые всходят после разрастания якорцев. В дальнейшем якорцы начинают доминировать и расти поверх своих соседей. В составе ценозов с участием якорцев наиболее обильны *Portulaca oleracea* L. (портулак огородный) и амарант (*Amaranthus* sp.). Эти сорняки характерны для второй половины лета. При наличии пространства семена растений активно прорастают, при этом плети одних якорцев могут идти поверх плетей других. Внутривидовая конкуренция выражена слабо. При наличии свободного пространства якорцы могут образовывать «пятно» в 10–12 м<sup>2</sup> из группы особей. Сплошной зарастаемости территории якорцами не обнаружено.

В морфологическом отношении особых расхождений значений признаков изученных растений с литературными данными нами не обнаружено. Резко отличаются только размеры плодов, которые в полтора – два раза мельче указанных в литературных источниках.

Размеры растения во многом зависят от условий произрастания и, видимо, от абиотических факторов среды. Нами неоднократно встречались плети, достигшие длины 1 м. Но по отношению к общему количеству растений таковых мало. Такие растения в основном встречаются в понижениях, где влаги несколько больше. В целом же у большинства якорцев, произрастающих на территории Волгоградской области, плети достигают 20–60 см. К октябрю плети дружно и достаточно быстро отмирают, раскидывая вокруг свои семена. В таблице отражаются основные этапы фенологического наблюдений за *Tribulus terrestris* в течение всего вегетационного периода в 2023 г.

**Таблица – Морфометрические и фенологические данные наблюдений за *Tribulus terrestris* L. в 2023 г. (по В. В. Алехину)**

Дни наблюдений	Дата	Длина, см	Фенофаза	Буквенное обозначение	Условное обозначение
1	16.05.23	2	Вегетация и рост до цветения	Вег.	–
12	27.05.23	4,6	Бутонизация	Цв.	^
17	01.06.23	5,1	Цветение	Отцв.	Э
30	14.06.23	7,1	Полное цветение. Начало плодоношения	Бут. Пл.	О+
62	16.07.23	48	Полное цветение. Семена созрели	Бут. Ос.	О#
104	28.08.23	91,6	Растение прекратило свой рост		
116	08.09.23		Наземные побеги отмирают	Отм.	V
	12.09.23		Растения мертвы	М	X

Характерным для данного растения является одновременно наличие нескольких фенологических фаз: растение вегетирует, цветет, плодоносит (семена одновременно и зеленые, и созревшие). Особенностью 2023 г. являлась необычная для территории Волгоградской области погода с большим количеством осадков и ранними заморозками, чем можно объяснить раннее наступление синильного периода.

Список литературы:

1. Цицин Н. В. Атлас лекарственных растений СССР. М.: Медгиз, 1962. 702 с.
2. Пахарькова Н. В. Проведение учебно-полевой практики по ботанике для школьников: методическая разработка. Красноярск, 2001. 167 с.
3. Хржановский В. Г., Пономаренко С. Ф. Практикум по курсу общей ботаники. М.: Агропромиздат, 1990. 416 с.

УДК 632.4

### **Мучнисторосяные грибы долины реки Чусовой (Средний Урал)**

*В. В. Ярко*

Городская станция юных натуралистов, г. Нижний Тагил, Россия

arkovv78@gmail.com

Ключевые слова: мучнистая роса, грибы семейства *Erysiphaceae*, паразитические грибы, река Чусовая.

Мелкие грибы семейства эризифовых (*Erysiphaceae*) паразитируют на многих видах дикорастущих и культурных растениях, вызывая заболевание мучнистая роса. Интересно, что разные виды одного рода таких грибов могут паразитировать на разных растениях, но как правило один вид семейства эризифовых может паразитировать только на одном виде растений. Цель исследования – выявить многообразие мучнисторосяных грибов в долине реки Чусовой и их связь с видовым многообразием растений, на которых они паразитируют.

Грибы паразитируют на очень многих видах растений как на травянистых, так и древесных растений, заражая молодые листья и недревесневшие побеги [1]. Заболевание, вызываемое данными грибами, встречается в районах с умеренно влажным климатом и в засушливых условиях [2].

Изучение многообразия мучнисторосяных грибов в долине реки Чусовой, проводилось летом и осенью 2022 и 2023 гг. Материал собирался с растений, пораженных мучнистой росой, на всём протяжении маршрута исследования. На местности отмечались растения с довольно густым белесым мучнистым налетом. Пораженные части растений собирались в гербарий. Собранный и определенный материал составляет 29 образцов. Определение родов мучнисторосяных грибов проводилось в лабораторных условиях под световым микроскопом по дихотомическому ключу по зрелым клейстотециям.

Грибы разных родов поражают разные виды растений. Оказалось, что клейстотеции грибов одного рода встретились на разных видах растений. Всего было изучено 21 вид растений, пораженных мучнистой росой. Среди всех этих случаев мучнистая роса вызвана одним из четырех обнаруженных родов (*Sphaerotheca*, *Erysiphe*, *Uncinula*, *Microsphaera*). Грибов рода *Podosphaera* не обнаружено, хотя известно, что он встречается на Урале. На собранных растениях, пораженных мучнистой росой, чаще всего встречается грибок рода *Erysiphe*, им поражено 15 видов. Значительно реже встречаются грибы родов *Sphaerotheca* (обнаруженные на 4 видах растений), *Microsphaera* и *Uncinula* (только на одном растении) (см. таблицу).

Как видно из таблицы, представители одного семейства могут поражаться одним и тем же грибом, например, мучнистую росу на представителях семейства розоцветных (кровохлебке, лабазнике и манжетке) вызывает грибок рода *Sphaerotheca*, но часто бывает такое, что растения представители одного семейства поражаются разными видами мучнисторосяных грибов. Проведя исследование можно увидеть, что большинство растений подвержено заболеванию, вызванное многообразием паразитических эризифовых грибов.

Таблица – Зараженность растений разными грибами семейства Erysiphaceae

Растения	Роды эризифовых грибов				
	<i>Sphaerotheca</i>	<i>Podosphaera</i>	<i>Erysiphe</i>	<i>Microsphaera</i>	<i>Uncinula</i>
Бодяк разнолистный	–	–	+	–	–
Бубенчик лилиелистный	–	–	+	–	–
Василисник малый	–	–	+	–	–
Василисник простой	–	–	+	–	–
Вероника длиннолистная	+	–	–	–	–
Девясил иволистный	–	–	+	–	–
Дуб черешчатый	–	–	–	+	–
Дудник лесной	–	–	+	–	–
Жабрица порезникова	–	–	+	–	–
Ива козья	–	–	–	–	+
Клевер средний	–	–	+	–	–
Копеечник альпийский	–	–	+	–	–
Кровохлебка лекарственная	+	–	–	–	–
Лабазник вязолистный	+	–	–	–	–
Манжетка обыкновенная	+	–	–	–	–
Медуница неясная	–	–	+	–	–
Пижма обыкновенная	–	–	+	–	–
Польнь обыкновенная	–	–	+	–	–
Серпуха венценосная	–	–	+	–	–
Чина гороховидная	–	–	+	–	–
Чина луговая	–	–	+	–	–
Количество поражаемых видов растений	4	0	15	1	1

Проведенное исследование позволяет сделать следующее заключение:

1. В долине реки Чусовой на растениях, пораженных мучнистой росой, найдено четыре рода грибов семейства Erysiphaceae: *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinula*.

2. У разных видов эризифовых грибов наблюдается избирательность и видоспецифичность по отношению к поражаемым ими растениям.

Список литературы:

1. Федоров А. А. Жизнь растений: В 6-ти томах. Т. 2: Грибы. М.: Просвещение, 1976. 479 с.
2. Семенкова И. Г. Соколова Е. С. Фитопатология: учебник для студентов вузов. М.: Академия, 2003. 480 с.

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
В БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ – 2024**

Сборник научных статей по материалам  
V Международной научной конференции  
«Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2024»

Под редакцией А. С. Пархоменко, О. И. Юдаковой  
Компьютерная вёрстка А. Е. Пушкова

*Электронное издание сетевого распространения  
Статьи публикуются в авторской редакции*

Авторы несут ответственность за оригинальность и достоверность  
приведенных материалов, корректность цитирования и правильность  
указания источников

Подписано к публикации: 13.11.2023.  
Объем 26,74 усл. п. л. Заказ № 1311.

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 978–5–6050260–7–5**

