



ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ – 2023

Сборник научных статей по материалам
II Всероссийской научной конференции
с международным участием
«Живые системы: передовые междисциплинарные
технологии изучения, управления и сохранения»,
посвящённой десятилетию восстановления экосистем

(2020-2030)

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Биологический факультет

ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ – 2023

Сборник научных статей

Электронное издание сетевого распространения

Саратов

2023

УДК [57+58+59] (082)
ББК 28я43
Ж 67

ISBN 978-5-6050260-4-4

Рецензенты:

А. С. Кашин, профессор, доктор биологических наук,
профессор кафедры генетики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»

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

Живые системы – 2023: сборник научных статей / под ред.
А.С. Пархоменко, О.И. Юдаковой. [Электронное издание сетевого
распространения]. – Саратов : СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2023. – 230 с.

В сборнике представлены материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием «Живые системы: передовые междисциплинарные технологии изучения, управления и сохранения», посвящённой десятилетию восстановления экосистем (2020–2030), проходившей 6–10 ноября 2023 года. Тематика представленных работ охватывает различные уровни организации живых систем: молекулярно-генетический, организменный, популяционно-видовой и экосистемный.

Сборник будет интересен специалистам широкого профиля в области биологии и экологии, педагогам и всем интересующимся современными направлениями биологических наук.

УДК [57+58+59] (082)
ББК 28я43
Ж 67

ISBN 978-5-6050260-4-4

© СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2023
© Коллектив авторов, 2023

MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF RUSSIA

SARATOV STATE UNIVERSITY

Department of Biology

LIVING SYSTEMS – 2023

Collection of scientific articles

Electronic publication online distribution

Saratov
2023

UDC [57+58+59] (082)
LBC 28ia43
ZH 67

ISBN 978-5-6050260-4-4

Reviewers:

A. S. Kashin, Dr. Sci., Professor Saratov State University, Department of genetics
N. V. Polukonova, Dr. Sci., Head of the Laboratory of Cell Technologies, Saratov State
Medical University named after V.I. Razumovsky

Living systems – 2023: collection of scientific articles / eds. A.S. Parkhomenko,
O.I. Yudakova. [Electronic publication online distribution]. – Saratov : Saratov State
University, 2023. – 230 p.

The collection presents materials from the II All-Russian Scientific Conference with international participation “Living Systems: Advanced Interdisciplinary Technologies for Study, Control and Conservation,” dedicated to the decade of ecosystem restoration (2020–2030), held on November 6–10, 2023. The articles topic cover various levels of organization of living systems: from molecular genetic to ecosystem.

The collection will be of interest to specialists in the field of biology and ecology, teachers and anyone interested in modern areas of biological sciences.

UDC [57+58+59] (082)
LBC 28ia43
ZH 67

ISBN 978-5-6050260-4-4

© Saratov State University, 2023
© Team of authors, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ФЛОРЫ И ФАУНЫ

Абинова Д. А., Степанов С. А. Сортные особенности роста зародышевой корневой системы яровой пшеницы.....	9
Алексеев И. Т., Сметанин Р. Н., Ефремова А. В., Шадрина Е. Г. Фауна и биотопическое распределение мелких млекопитающих долины р. Беенчима, Северо-Западная Якутия.....	12
Алибаев А. Ф. Изменчивость проективного покрытия эпифитных лишайников на постоянных пробных площадях хребта Малый Ямантау.....	14
Антонова Е. М. Современное состояние популяции <i>Lonicera caerulea</i> L. в окрестностях Балканского воинского кладбища (Колпинский район, Санкт-Петербург).....	16
Богослов А. В., Шилова И. В., Кашин А. С. Разнообразие сообществ с участием видов рода <i>Delphinium</i> (Ranunculaceae) в европейской части России.....	19
Буланый Ю. И., Нющенко Е. А., Соляников В. В. Род <i>Allium</i> во флоре Саратовской области: ключ для определения и некоторые особенности распространения видов.....	22
Васюков В. М., Бондарева В. В. Сосудистые растения, описанные из Саратовской области.....	24
Габбасова Д. Т., Широких П. С., Бикбаев И. Г., Федоров Н. И. Изменение температуры и влажности в лесных сообществах вдоль градиента высоты на горе Большой Шатак.....	27
Гаранжа А. Е., Касаткин М. Ю. Особенности строения ксилемы эпикотили пшеницы различных сортов.....	29
Горичев Ю. П. О концепции региональной экологической мезоклиматической шкалы (район широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала).....	31
Гребенкина А. А., Коробко В. В. Морфогенетический индекс продуктивности некоторых сортов твердой пшеницы саратовской селекции.....	34
Дрозденко Т. В. Весенний фитопланктон и качество воды Чудско-Псковского озера.....	37
Дудников А. А., Титов С. В. Динамика пространственного распределения поселений степного сурка на территории Самарской области.....	40
Ефимова Д. И., Торгашкова О. Н., Селютина Е. Е., Белоусов Я. И. Структура почвенных банков семян сосняков Вольского района.....	42
Ефремова А. В., Яковлева М. Л., Мамаев Н. В., Шадрина Е. Г. Возрастная структура выборки бурого медведя, добытого на территории Республики Саха (Якутия) в 2009-2022 гг.....	45
Жигунова С. Н., Федоров Н. И., Широких П. С., Мартыненко В. Б. Современный потенциальный ареал экотонных сосново-широколиственных лесов подсоюза Tilio-Pinenion....	47
Иванова Н. В., Шашков М. П., Ермолов С. А. Вклад наблюдений iNaturalist в открытые данные о распространении дождевых червей.....	50
Карасёва Т. А., Смахунов А. Е. <i>Grindelia squarrosa</i> (Pursh) Dunal – потенциально инвазионный вид во флоре Ростовской области.....	53
Картавов Н. А., Чернышова О. В., Титов С. В. Неравновесная динамика популяций как фактор межвидовых отношений большого (<i>Spermophilus major</i> Pall.) и крапчатого (<i>S. sulicus</i> Güld.) сусликов в зоне симпатрии.....	55
Коновалова И. А., Скоробогатая М. Н., Лелекова Е. В. О новом местонахождении <i>Lilium martagon</i> (Liliaceae) в Кировской области.....	58
Крицкая Т. А., Епифанов В. С., Кашин А. С. Мониторинг состояния ценопопуляций <i>Colchicum bulbocodium</i> subsp. <i>versicolor</i> (Colchicaceae) в Саратовской области.....	61
Леонтьев И. С., Малышева Е. А., Чернышов В. А. Особенности культивирования парусника альциноя <i>Byasa alcinous</i> (Klug, 1896) (Lepidoptera: Papilionidae) в лабораторных условиях.....	63
Лучкина Д. В., Коробко В. В. Кристаллогенез в однолетнем побеге катальпы, как реакция на неблагоприятные условия среды.....	65
Носков М. А., Бабенко А. С. Видовое и количественное соотношение иксодовых клещей на естественных и нарушенных территориях Кузбасса.....	66
Орлова М. А. Особенности флоры серотопольника ландышевого (<i>Populus canescens</i> ,	

<i>Convallaria majalis</i>) в пойме реки Урал.....	68
Соболева В. А., Голуб В. Б. Трехлетняя динамика численности двух видов клопов-щитников рода <i>Aelia</i> (Heteroptera, Pentatomidae) на гарях Усманского бора (Воронежская область) в процессе постпирогенной сукцессии.....	71
Стаменов М. Н. Онтогенез дерева как модульного организма (на примере <i>Quercus robur</i> L.)....	74
Ткаченко М. А. Некоторые редкие виды растений Арчедино-Донского песчаного массива.....	76
Трусов Н. А., Савинов И. А., Соломонова Е. В., Симаков Г. А. Прохождение фенофаз у древогубцев (<i>Celastrus</i> L.) в условиях Московского региона и оптимизация сроков заготовки растительного сырья.....	79
Хачатуров Э. Г., Коробко В. В. Фитомерные особенности структурной организации междоузлий побега твердой пшеницы сортов саратовской селекции.....	81
Шилова И. В. О распространении <i>Pulsatilla</i> × <i>juzepczukii</i> (Ranunculaceae) на территории Саратовской области.....	83
Al-Fatle F. A., Meleg E. E., Molnár T., Lehoczky I. Признаки распространения инвазивного карпа (<i>Carassius gibelio</i>) в популяциях венгерского караса (<i>Carassius carassius</i> L. 1758), выявленные с помощью маркера цитохромоксидазы I (COI).....	87

АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: КОНЦЕПЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Аникин В. В. Итог шестилетней оккупации города Саратова мигрантом из Европы – охридским минером <i>Cameraria ohridella</i> (Lepidoptera).....	89
Баишева Э. З., Жигунова С. Н., Федоров Н. И., Широких П. С., Бикбаев И. Г., Туктамышев И. Р. К оценке продуктивности и запасов углерода в растительности вторично обводненного торфяника «Берказан-Камыш» (Башкирское Предуралье).....	92
Горбенко И. В. Цвет ландшафтной архитектуры.....	95
Гребенюк Л. В., Степанов М. В. Прошлое и настоящее реки 1-ая Гуселка (г. Саратов).....	97
Зумаева М. О., Нющенко Е. А., Степанов М. В. Характеристика почвы в окрестностях села Воронцовка Новобурасского района Саратовской области.....	99
Ивашкина С. С., Нющенко Е. А., Степанов М. В. История изучения флоры урочища «Жарин Бугор» Саратовской области.....	102
Кудрявцев А. Ю. Антропогенная трансформация лесных экосистем центра Приволжской возвышенности.....	105
Куянцева Н. Б., Молчанова Д. А., Мумбер А. Г., Веселкин Д. В. Численность проростков из почвенного банка семян сосновых лесов возле Карабашского медеплавильного комбината.....	106
Куянцева Н. Б., Мумбер А. Г., Молчанова Д. А., Веселкин Д. В. Естественное возобновление сосны в сосновых лесах под влиянием выбросов Карабашского медеплавильного комбината и лесных пожаров.....	109
Мосолова Е. Ю., Воронин М. Ю. Техногенные водоемы, как места концентрации птиц в северной части саратовского Заволжья.....	112
Синкевич О. В., Логинова В. П., Лябзина С. Н. Основные вредители и болезни земляники садовой в фермерских хозяйствах Карелии.....	114
Соловьева В. В. Особенности эволюции природно-технических экосистем на примере Ветлянского водохранилища.....	117
Соловьева В. В., Гущина Е. С. Опыт аквакультуры осетровых в условиях установки замкнутого водоснабжения на территории Самарской области.....	119
Сонина Е.Э., Макаров С.Н., Зотова Е.А., Гузеева Л.В., Пудовкина А.С. Особенности определения эффективности рыбозащитного устройства фильтрующего типа на крупном водохранилище.....	122
Тагиров А. Р., Кулагин А. Ю., Тельцова Л. З. Современное состояние лесных культур (посадки 1982-1986 гг.) на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза (Республика	

Башкортостан).....	125
Тагирова О. В. Состояние насаждений парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина, созданного на основе лесных культур в зеленой зоне г. Кумертау (Республика Башкортостан).....	127
Фролова Г. Г., Изотова К. Н. Взаимосвязь освещенности, пространственного распределения живого напочвенного покрова и естественного древесного возобновления на залежах юга Московской области.....	130

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Алаева Л. А., Негрובה Е. А., Негрובה О. И. Система особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Воронежской области.....	133
Арестова Е. А. Рост и состояние <i>Quercus robur</i> L. и <i>Quercus rubra</i> L. в условиях Саратовского поволжья (на примере ООПТ «Дендрарий НИИСХ Юго-Востока»).....	136
Истомина Н. Б. Реинтродукция лобарии легочной (Красная Книга России) на территории Пушкинского заповедника.....	138
Коновалова И. А., Скоробогатая М. Н. Состав коллекции редких и охраняемых видов растений ботанического сада ВятГУ.....	140
Носова М. Б. Что мы сохраняем и восстанавливаем? Взгляд палеоэколога.....	142
Нющенко Е. А., Соляников В. В., Лысенко Т. М. Характеристика сообществ с участием <i>Ephedra distachya</i> L. в Национальном парке «Хвалынский».....	145
Фролов Д. А., Борисова С. П. Создание IT-инструмента для оценки особо-охраняемой природной территории.....	148
Сулейманова Г. Ф., Болдырев В. А. Таксономическая структура современной флоры Национального парка «Хвалынский».....	150

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ, СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Апанасова Н. В., Юдакова О. И. Использование маркированных линий кукурузы для изучения генетической детерминации партеногенеза.....	154
Борисенко Н. В., Эльконин Л. А., Сарсенова С. Х., Панин В. М. Генетическая изменчивость в потомстве мутанта сорго, несущего генетическую конструкцию для РНК-сайленсингагена гамма-кафирина.....	156
Госенова О. Л., Рязанов С. В., Воронин М. Ю. Оценка цитогенетических отклонений в периферической крови рыб водоема-охладителя Балаковской АЭС.....	159
Гуторова О. В., Шахгелдян Э. С., Зайцев С. А. Комбинационная способность новых дигамлоидных линий кукурузы.....	161
Ефименко С. Ф., Пархоменко А. С., Гребенюк Л. В., Кашин А. С., Разумова О. В. Локализация нуклеотидных последовательностей в структуре хромосом <i>Chondrilla juncea</i> (Asteraceae).....	164
Кайбелева Э. И., Апанасова Н. В., Полухин А. Р., Сони́на К. К., Уткин Д. В., Юдакова О. И. Оценка генетического полиморфизма партеногенетических линий кукурузы с использованием мультиплексного RAPD-анализа.....	167
Крицкая Т. А. Филогеографический анализ Рябчика шахматовидного (Лилейные) и его связь с эндемичными видами <i>Fritillaria</i> Северного Кавказа.....	169
Мавлютова Л. И., Колесова А. Ю., Эльконин Л. А. Анализ плоидности эндосперма у выполненных зерновок кукурузы, развивающихся в разноплоидных скрещиваниях (2n×4n) с помощью проточной цитометрии.....	172
Пархоменко А. С., Мосалев А. С., Гребенюк Л. В., Кашин А. С., Кондратьева А. О., Разумова О. В. Цитогенетическая характеристика образцов <i>Globularia bisnagarica</i>	

(Plantaginaceae) из пяти естественных популяций Саратовской области.....	175
Пархоменко А. С., Кашин А. С., Скапцов М. В. Исследование содержания днк у некоторых представителей рода <i>Chondrilla</i> методом проточной цитометрии.....	178
Тимофеева С. Н., Юдакова О. И. Факторы успешной инициации стерильных культур у некоторых древесных интродуцентов.....	181
Уткин Д. В., Нющенко Е. А., Кайбелева Э. И., Степанов М. В., Полухин А. Р., Сивакова А. В. Сравнительный молекулярно-генетический анализ растений видов рода <i>Tanacetum</i> с использованием RAPD-ПЦР.....	183

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Апатьева М. И., Вырщиков Р. Д. Получение мини-антител к опухолевым антигенам с помощью фагового дисплея.....	186
Ащеулова А. А. Использование гетероконцентрированной модели для анализа состава мицетофильных жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) в микоконсорциях ксилотрофных базидиальных грибов (Fungi: Basidiomycota) Саратовской области.....	188
Бабичева О. О., Карпунина Л. В. Изучение антимикробной активности грибных полисахаридов.....	190
Боровская М. А., Боровская Д. А., Петерсон А. М. Плесневые грибы, входящие в состав микоконсорциума плодов винограда (<i>Vitis vinifera</i> L., 1753) в Саратовской области.....	192
Величко Н. С., Федоненко Ю. П. Биодegradация органополифенолов непатогенными микроорганизмами рода <i>Herbaspirillum</i>	195
Касаткина М. А., Плешакова Е. В. Адгезивная активность высокоустойчивых к марганцу (II) микроорганизмов.....	197
Кондюрина Н. К., Сигида Е. Н., Здоровенко Э. Л., Федоненко Ю. П., Коннова С. А. Липополисахарид бактерий <i>Azospirillum soli</i> CC-LY788(T): структура и активность в отношении проростков пшеницы.....	200
Кузина М. С., Сигида Е. Н., Кокоулин М. С., Гринев В. С., Федоненко Ю. П., Коннова С. А. Структура О-специфического полисахарида галофильных бактерий <i>Halomonas fontilapidosi</i> KR26.....	203
Мартыненко А. В., Караваева О. А., Алсовэйдс А. К. М., Фомин А. С., Гулий О. И. Оптимизация технологии фагового дисплея для получения антител, специфичных к канамицину.....	205
Нестеркина Д. Д., Коробейникова А. С., Голубев Д. М., Глинская Е. В. Влияние углеводородокисляющих бактерий на морфометрические показатели проростков двудольных растений.....	207
Олейников А. С., Ханадеев В. А. Обзор противоопухолевых препаратов с заданными оптическими свойствами для использования в системах доставки лекарств.....	210
Плешакова Е. В., Гусев Ю. С. Эколого-токсикологические проблемы использования бромированных антипиренов.....	212
Позднякова Н. Н., Турковская О. В. Желтые лакказы лигнинолитических грибов.....	215
Поливанов Д. А., Уткин Д. В., Щербакова Н. Е. К вопросу о горизонтальном переносе микроорганизмов антофитной флоры медоносными пчелами.....	218
Савенкова М. С., Демышева А. Д., Плешакова Е. В. Сравнительная оценка экотоксичности декабромдифенилоксида, меламин и полифосфата аммония.....	220
Сазанова К. В., Зеленская М. С., Власов Д. Ю. Микобиота субэпидермальных биопленок на камне в антропогенно-трансформированной среде.....	223
Федоненко Ю. П., Сигида Е. Н., Гринев В. С., Здоровенко Э. Л., Коннова С. А. Гликополимеры поверхности ризобактерий <i>Azospirillum</i> spp. Структура и участие во взаимодействии с растениями.....	226

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ФЛОРЫ И ФАУНЫ

УДК 633.11:581.14

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЗАРОДЫШЕВОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Д.А. Абинова, С.А. Степанов

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

VARIETAL FEATURES OF THE GROWTH OF THE GERMINAL ROOT SYSTEM OF SPRING WHEAT

D.A. Abinova, S.A. Stepanov

Saratov State University, Saratov, Russia
hanin-hariton@yandex.ru

Аннотация. В качестве объектов исследования использовали 13 сортов и линий пшеницы, имеющих гены устойчивости к листовой ржавчине, полученных в разные годы учёными лаборатории генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока и Ершовской опытной станции: L 503, L 503 *Lr 19+26*, L 505, L 505 656/11, Прохоровка, ЮВ 2, Добрыня, Добрыня *Lr 19+37*, Белянка, Фаворит, Воевода, Лебедушка, Александрит. Определение числа зародышевых корней, длины главного и придаточных корней нижнего и верхнего яруса зародышевых корней осуществляли через 5, 7 суток после проращивания растений в чашках Петри при температуре +18° С в климатоканнере КС - 200. Возрастание длины всех типов зародышевых корней сопровождалось изменением длины зоны роста, в частности её последовательным уменьшением примерно от 8 до 2,5 мм. Как правило, большей длине зоны элонгации соответствует большая длина главного зародышевого корня. Доля главного корня у разных сортов и линий варьировала от 24 до 37%, доля корней нижнего яруса – от 49 до 57%, доля корней верхнего яруса – от 6 до 24%.

Ключевые слова: яровая пшеница, зародышевые корни, зона элонгации корня.

Лимитирующими факторами продуктивности пшеницы на Юго-Востоке России являются недостаток влаги в почве, жара и суховеи с нарастающим их напряжением уже к фазе колошения. В этих условиях селекция новых сортов позволяет повысить продуктивность от 30 до 70%. Считается, что одним из средств повышения продуктивности пшеницы, кроме агротехнического, является создание и использование засухоустойчивых и скороспелых сортов с более мощной и активно работающей корневой системой [1].

Корневая система пшеницы представлена зародышевыми и узловыми корнями, степень развития которых у разных сортов являются фактором, предопределяющим морфогенез надземных органов, содержание пигментов фотосинтеза. Для яровой пшеницы зародышевые корни, состоящие из главного, нижней и верхней пары придаточных корней, имеют исключительное значение при засухе, когда развитие узловых может не наблюдаться [2, 3].

Немногочисленные исследования сортовых особенностей морфогенеза корней свидетельствуют, что их основой, очевидно, являются различия в скорости роста [4] и динамики взаимосвязей побег/ корень в онтогенезе растения [3, 5]. При значительных различиях сортов по глубине залегания корней в почве (1–2 метра), зона роста всех корней не превышает сантиметра и представлена двумя участками – деления и растяжения клеток, выше которых располагается зона дифференциации [6]. В доступной нам литературе не выявлены сведения о генезисе зоны роста разных зародышевых корней пшеницы, что и определило цель нашей работы – установить сортовые особенности роста зародышевой корневой системы яровой мягкой пшеницы.

Объектами изучения были 13 сортов и линий, имеющие гены устойчивости к листовой ржавчине, полученные в разные годы учёными лаборатории генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока и Ершовской опытной станции: L 503, L 503 *Lr 19+26*, L 505, L 505 656/11, Прохоровка,

ЮВ 2, Добрыня, Добрыня *Lr 19+37*, Беянка, Фаворит, Воевода, Лебедушка, Александрит. Определение числа зародышевых корней, длины главного и придаточных корней нижнего и верхнего яруса зародышевых корней, осуществляли через 5, 7 суток после проращивания растений в чашках Петри при температуре +18°C в климатокамере КС-200 (при отсутствии света). Протяженность зоны роста (зон пролиферации и элонгации) главного зародышевого корня оценивали с помощью МБС -10 после проращивания семян пшеницы на фильтровальной бумаге в чашках Петри с дистиллированной водой (20 мл) в течение 3-х суток в термостате ТС-200 СПУ (Т 18°C). Окраску корня для лучшей визуализации объекта осуществляли метиленовым синим.

Как показали проведенные исследования, количество зародышевых корней при проращивании зерновок в чашках Петри обычно соответствует 5 шт., однако у некоторых сортов их может быть на 1-2 больше. К таким сортам в нашей работе относились Добрыня и Беянка. Отмечено различие в динамике роста зародышевых корней среди исследуемых сортов яровой мягкой пшеницы. Наблюдаемое возрастание длины всех типов зародышевых корней сопровождалось изменением длины зоны роста, в частности её последовательным уменьшением примерно от 8 до 2,5 мм и менее, что свидетельствует об увеличении абсолютной скорости роста корня.

В наших исследованиях длина зоны элонгации составляла от 2793 мкм (Фаворит) до 5350 мкм (ЮВ 2). Меньшие значения зоны элонгации также свойственны сорту Воевода и линии Добрыня LR 19+37. Большие значения зоны элонгации присущи сортам Александрит и Прохоровка, а также линии L 505 656/11 (рисунок). Как правило, большей длине зоны элонгации соответствует большая длина главного зародышевого корня. Коэффициент корреляции между ними составляет +0,767.

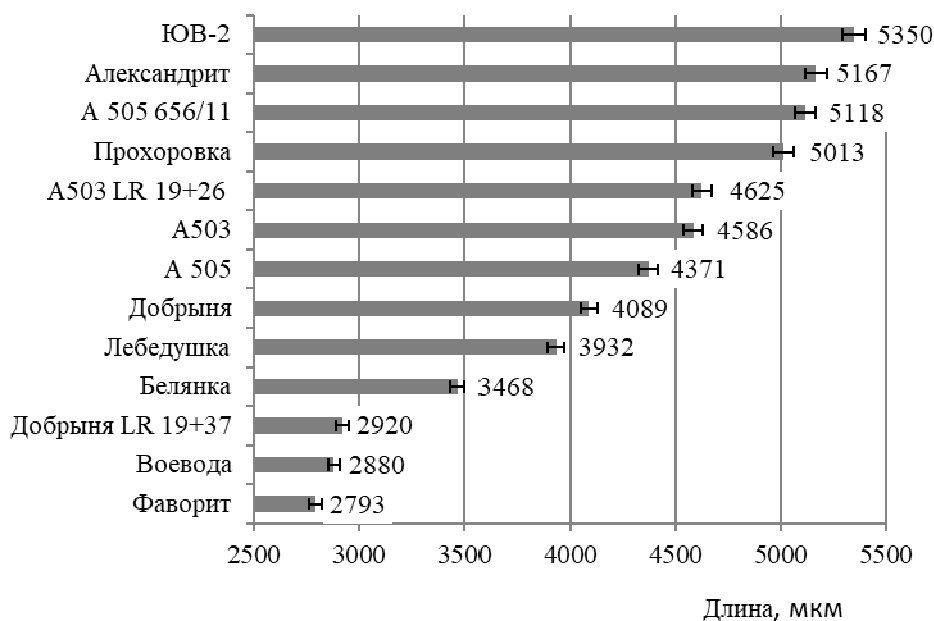


Рисунок. Длина зоны элонгации зародышевого корня пшеницы через 5 суток от начала роста проростков

По длине всех зародышевых корней исследуемых нами сортов и почти изогенных линий яровой пшеницы отмечались ещё более существенные различия. В частности, минимальные значения длины зародышевых корней выявлены у сорта Фаворит (127 мм), а максимальные значения – у сорта Лебедушка (185 мм). Как правило, наблюдается положительная корреляция между длиной главного корня и длиной зародышевых корней нижнего яруса – коэффициент корреляции +0,702, и отрицательная корреляция между длиной главного корня и длиной зародышевых корней верхнего яруса – коэффициент корреляции – 0,579.

Выявлено различие сортов по относительной доле главного зародышевого корня, корней нижнего и верхнего ярусов от их общей длины. В частности, доля главного корня у разных и

линий варьировала от 24 до 37%, доля корней нижнего яруса – от 49 до 57%, доля корней верхнего яруса – от 6 до 24% (таблица). Как следует из представленных данных, наибольшее различие между сортами и линиями пшеницы наблюдается между относительной длиной главного корня и относительной длиной зародышевых корней верхнего яруса. Наблюдаемые факты по длине разных типов зародышевых корней, их относительной доли от суммарной длины корней, позволяют говорить о более тесной зависимости между ростом главного корня и корней нижнего яруса, что связано с интеграцией проводящей системы побега и корневой системы [3]. Как известно, в примордии первого листа уже наблюдается до 12-13 проводящих пучков, связанных через эпикотиль с зародышевой корневой системой. В примордии второго листа эмбрионального побега зерновки число листьев равно 7, что определяет более тесную связь с нижним ярусом зародышевых корней проростка пшеницы корневой системой.

Таблица. Развитие зародышевых корней яровой мягкой пшеницы

Сорта	Доля зародышевых корней пшеницы от их суммарной длины, %		
	главный корень	корни нижнего яруса	корни верхнего яруса
Белянка	24	52	24
Лебедушка	28	51	21
Воевода	30	49	21
Фаворит	29	54	17
Добрыня LR 19+37	31	55	14
L 505	32	53	15
ЮВ-2	33	57	10
Александрит	34	49	17
Добрыня	35	52	13
L 503 LR 19+26	35	53	12
Прохоровка	36	54	10
L 503	37	54	9
L 505 656/11	37	57	6

На основании выявленных сортовых различий роста зародышевой корневой системы в условиях краткосрочного эксперимента следует, что оценка особенностей роста, в частности зависимости между зоной элонгации и общей длиной корня, позволяет использовать данный метод для выявления более перспективных для селекции новых линий и сортов яровой мягкой пшеницы.

Список литературы:

1. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов: Новая газета, 2001. 123 с.
2. Кумаков В.А. Физиология яровой пшеницы. М.: Колос, 1980. 207 с.
3. Степанов С.А., Страпко А.М., Касаткин М.Ю. Интеграция морфогенеза побега и корневой системы проростков пшеницы // Бюллетень Бот. сада Саратовского гос. ун-та. Саратов, 2016. Том 14. Вып.1. С. 115–121.
4. Иванов В.Б., Максимов В.Н. Изменение относительной скорости роста клеток корня на протяжении меристемы и начала зоны растяжения // Физиология растений. 1999. Т. 46. С. 87–97.
5. Обручева Н.В. Растяжение клеток как неотъемлемая составляющая роста наземных растений // Онтогенез. 2008. Т. 39. С. 15–27.
6. Иванов В.Б. Клеточные механизмы роста растений. М.: Наука, 2011. 104 с.

**ФАУНА И БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
ДОЛИНЫ Р. БЕЕНЧИМЕ, СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ**

И.Т. Алексеев, Р.Н. Сметанин, А.В. Ефремова, Е.Г. Шадрина
Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

**FAUNA AND BIOTOPIC DISTRIBUTION OF SMALL MAMMALS IN BEENCHIME RIVER
VALLEY, NORTH-WESTERN YAKUTIA**

I.T. Alekseev, R.N. Smetanin, A.V. Efremova, E.G. Shadrina
Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Yakutsk, Russia
braiser5431@gmail.com

Аннотация. В течение июля 2023 г. проводился отлов мелких млекопитающих на Северо-Западе Якутии, в северотаежной подзоне, в долине р. Беенчима, общепринятыми методами. Отработано 1050 ловушко-суток, 18 конусо-суток. Описаны фауна и биотопическое распределение мелких млекопитающих. Было выявлено обитание 8 видов. Лесных биотопах доминировала красная полевка, в луговых – полевка-экономка. Население мелких млекопитающих типично для Северо-Западной Якутии.

Ключевые слова: экология млекопитающих; Северо-западная Якутия.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) имеют высокую значимость в современном мире, поскольку играют важную роль в обеспечении стабильного и эффективного использования биологических ресурсов и сохранения биологического разнообразия на фоне усиления антропогенного воздействия и глобальных изменений климата. В условиях Севера эти аспекты природоохранной деятельности встают наиболее остро, т.к. северные биоценозы характеризуются пониженным видовым богатством. Ресурсный резерват республиканского значения «Бур» был основан в Оленекском улусе в 2020 г. для сохранения биоразнообразия, уникальных природных комплексов и естественной среды обитания коренных малочисленных народов и традиционных форм деятельности [1].

Цель нашего исследования – установление видового разнообразия и численности мелких млекопитающих на территории ресурсного резервата «Бур», на примере долины р. Беенчима.

Район исследования находится на Северо-Западе Якутии, в северотаежной подзоне, в долине р. Беенчима (правый приток р. Оленек). Отлов мелких млекопитающих производился общепринятыми методами – давилками Геро канавками с попарно установленными конусами [2, 3]. Отлов проводили в июле 2023 г., обследовано 10 биотопов, отработано 1050 ловушко-суток, 18 конусо-суток, отловлено 121 экз. мелких млекопитающих, относящихся к 8 видам.

При отлове давилками Геро отловлено 7 видов мелких млекопитающих, ловчими канавками – всего 2 вида: средняя бурозубка (*Sorex caecutiens*), не отловленная давилками, и полевка-экономка (*Alexandromys oeconomus*). Таким образом, фауна мелких млекопитающих в период наших отловов включала 8 видов (табл. 1). Помимо этого, в районе исследований не исключено обитание лесного лемминга *Myopus schisticolor* и бурой бурозубки *Sorex roboratus* [4, 5].

При отлове давилками относительная численность составила в среднем 11,24 экз./100 л.–с., а по биотопам варьировала от 0 до 19,33 экз./100 л.–с. По данным отлова ловчими канавками суммарная численность составила 16,67 экз./100 л.–с., выделить доминанта затруднительно ввиду непродолжительного периода отлова. В связи с этим в дальнейшем обсуждении мы рассматриваем структуру сообщества мелких млекопитающих по результатам отлова давилками.

Лесные биотопы представлены разными типами редкостойных лиственничников, в них абсолютным доминантам была красная полевка (*Myodes rutilus*), которая заселила все биотопы, ее попадаемость составила 36,00 экз./100 л.–с. Это типичный эвритопный вид, который почти повсеместно на территории Якутии играет роль доминанта [4]. Содоминантами были северная пищуха (*Ochotona hyperborea*), которая обитала в прирусловых лиственничниках с попадаемостью 2,50 экз./100 л.–с. и полевка Миддендорфа, относительная численность ее

составила 1,17 экз./100 л.-с. Это нетипично для таежных сообществ, т. к. *Ochotona hyperborea* обычно наиболее охотно заселяет каменистые крупнообломочные осыпи и завалы в поймах рек [1, 4], а *Alexandromys middendorffii* является типично северным видом, который способен проникать достаточно далеко в таежную зону, но обычно доминирующего положения в таежно сообществе не занимает [5]. Самым малочисленным видом лесных биотопов оказался сибирский лемминг, относительная численность которого составила 0,50 экз./ 100 л.-с., этот вид обитает, прежде всего, в тундре, а в таежной зоне, как правило, высокой численности не достигает [4, 5, 7]. В лиственничных биотопах наблюдается высокое сходство между собой, как по видовому составу, так и по численности. Немного отличается от остальных более низкой численностью рододендрово-голубичный лиственничник на склоне (табл. 2).

Таблица 1. Фауна мелких млекопитающих долины р. Беенчима

№	Вид	Отлов	
		давилки	конуса
Отряд Насекомоядные – <i>EULIPOTYPHILA</i>			
Семейство Землеройки – <i>Soricidae</i>			
1	<i>Sorex tundrensis</i> Merriam, 1900 – тундряная бурозубка	+	-
2	<i>Sorex caecutiens</i> Laxmann, 1785 (1788) – средняя бурозубка	-	+
Отряд Зайцеобразные – <i>LAGOMORPHA</i>			
Семейство Пищуховые – <i>Lagomyidae</i>			
3	<i>Ochotona hyperborea</i> Pallas, 1811 – северная пищуха	+	-
Отряд Грызуны – <i>RODENTIA</i>			
Семейство Хомяковые – <i>Cricetidae</i>			
4	<i>Myodes rutilus</i> Pallas, 1779 – красная полевка	+	-
5	<i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846 – красно-серая полевка	+	-
6	<i>Alexandromys oeconomus</i> Pallas, 1776 – полевка-экономка	+	+
7	<i>Alexandromys middendorffii</i> Poljakov, 1881 – полевка Миддендорфа	+	-
8	<i>Lemmus sibiricus</i> Kerr, 1792 – сибирский лемминг	+	-

Таблица 2. Численность мелких млекопитающих долины р. Беенчима по данным отлова давилками

Биотопы	Отловлено экз.	Отработано л.-с.	Численность на 100 л.-с.	Виды						
				<i>Sorex tundrensis</i>	<i>Ochotona hyperborea</i>	<i>Myodes rutilus</i>	<i>Craseomys rufocanus</i>	<i>Alexandromys oeconomus</i>	<i>Alexandromys middendorffii</i>	<i>Lemmus sibiricus</i>
Разнотравно-злаковый пойменный луг	28	300	9,33	0,33	0,00	0,67	0,00	8,33	0,00	0,00
Лиственничники на прирусловом валу	71	450	15,78	0,22	2,89	10,22	0,67	0,89	0,89	0,44
Рододендрово-голубичный лиственник на склоне	19	150	12,67	0,00	1,33	5,33	2,00	1,33	2,00	0,67
Каменистый склон в долине ручья	0	150	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
В целом	118	1050	11,24	0,19	1,43	5,33	0,29	2,95	0,67	0,29

На каменистом склоне не было отловлено мелких млекопитающих, но наблюдались стожки пицух, поэтому можно предположить, что в отдельные годы они заселяют данный биотоп, но, по-видимому, в период исследований их численность была низкой. Разнотравно-злаковые луга сходны по составу сообществ, хотя были пространственно удалены друг от друга, суммарная попадаемость здесь составила 7,33 и 11,33 экз./100 л.-с., что несколько ниже, чем в лесных стациях. Кластерный анализ показал высокое сходство между собой лесных биотопов,

обособленность луговых стадий и каменистой осыпи, на которой не зарегистрировано отловов.

В близком регионе северо-западной Якутии в междуречье рр. Анабар и Оленек видовое разнообразие также отмечено 8 видов мелких млекопитающих, отличие от наших сборов в отлове 2 видов: северная пищуха (*Ochotona hyperborea*) не была отловлена, а в нашем случае отсутствовал лесной лемминг (*Myopus schisticolor*) [6].

Таким образом, в целом фауна и состав сообществ мелких млекопитающих долины р. Беенчима типичны для субарктической зоны региона. В большинстве лесных биотопов доминирует красная полевка *Myodes rutilus*, в пойменных сообществах мелких млекопитающих – зеленоядный вид полевка-экономка *Alexandromys oeconomus* [4, 5, 7]. Наиболее высокая численность мелких млекопитающих была отмечена в лесных биотопах, приуроченных к прирусловому валу, что типично для долин северных рек.

Список литературы:

1. Особо охраняемые природные территории. Министерство экологии, природопользования и лесного хозяйства РС(Я). Интернет-ресурс. Код доступа: свободный. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru>. Дата обращения 03.10.2023.
2. Кучерук В. В. и др. Опыт критического анализа методики количественного учета грызунов и насекомоядных при помощи ловушко-линий // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: Изд-во АН СССР. 1963. С. 52–62.
3. Карасева Е. В., Телицына А. Ю. Методы исследования грызунов в полевых условиях. М.: Наука, 1996. 227 с.
4. Млекопитающие Якутии. Под ред. В.А. Тавровского. М.: Наука, 1971. 660 с.
5. Вольперт Я. Л., Шадрин Е. Г. Мелкие млекопитающие Северо-Востока Сибири. – Новосибирск: Наука, 2002. 246 с.
6. Вольперт Я. Л., Данилов В. А. Мелкие млекопитающие территории Томторского месторождения редкоземельных металлов (Западная Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2017. №. 4, Т. 88. С. 130–134.
7. Мордосов И. И. Млекопитающие таежной части западной Якутии. Якутск: ГУП «Полиграфист» ЯНЦ СО РАН, 1997. 235 с.

УДК 581.42

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ НА ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ ХРЕБТА МАЛЫЙ ЯМАНТУ

А.Ф. Алибаев

Южно-Уральский государственный природный заповедник»,
п. Реветь, Белорецкий район, Республики Башкортостан

VARIABILITY OF THE PROJECTIVE COVERING OF EPHYTIC LICHENS ON PERMANENT TEST AREAS OF THE MALY YAMANTAU RIDGE

A.F Alibayev

South Ural State Nature Reserve, p. Revet, Beloretsky district, Republic of Bashkortostan
azat_alibaev_93@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты учета обилия лишайников на постоянных пробных площадях 2022 г., по разным сторонам хребта Малый Ямантау, Ямаштинского лесничества, «Южно-Уральского государственного природного заповедника». Установлены особенности проективного покрытия эпифитных лишайников на разных породах деревьев.

Ключевые слова: лихенология, эпифитные лишайники, проективное покрытие (ПП), Малый Ямантау, Южно-Уральский государственный природный заповедник.

Южно-Уральский заповедник расположен в центральной и наиболее высокой зоне Южного Урала. Горнолесная (горнотаежная), подгольцовая и горнотундровая пояса его растительности определены за счет высотной поясности. Почти 90% территории заповедника покрыты лесами, преимущественно темнохвойной породы.

Климат Южно-Уральского заповедника характеризуется по А.И. Кайгородову как

умеренно-континентальный [1]. Показатель континентальности составляет 7 баллов по 10-ти балльной шкале Н.Н. Иванова. В схемах климатического районирования страны, заповедник находится на юго-восточной окраине атлантико-континентальной лесной климатической области [2]. По термическим условиям климат заповедника в целом характеризуется как умеренно холодный [3].

Измерения проводились на высоте 150 см от корневой шейки деревьев. Отбирались интересные породы деревьев исходя от местности и состава насаждения, всего по 4 пород (кроме восточной части хребта) на каждую проб. пл. и по 7 модельных деревьев на каждую породу дерева. Итого 28 модельных деревьев на одной проб. пл., всего измерено 133 модельных деревьев (таблица).

Таблица. Изменение величин ПП лишайников на различных породах деревьев 2022 г.

Проб. Площадь	№	Широколиственные			Темно-хвойные		
		Б	Ос.	Лп.	Е	П	С
ПП №1. (Север)	1	24,66	-	-	29,34	48,14	58,80
	2	23,23	-	-	32,41	56,76	29,15
	3	20,12	-	-	28,05	57,01	45,16
	4	4,48	-	-	34,21	35,56	45,72
	5	24,73	-	-	19,26	36,61	42,39
	6	21,57	-	-	25,32	32,42	21,59
	7	36,58	-	-	24,78	37,29	38,61
ПП №2. (Запад)	1	41,61	-	40,53	29,34	57,63	-
	2	29,65	-	40,55	19,12	22,25	-
	3	42,91	-	61,51	34,50	34,16	-
	4	25,64	-	44,84	37,64	43,41	-
	5	46,78	-	49,68	31,93	26,62	-
	6	26,81	-	40,88	24,12	43,29	-
	7	27,31	-	50,69	35,37	28,22	-
ПП №3. (Юг)	1	20,21	-	45,20	-	20,60	14,48
	2	8,38	-	34,18	-	16,32	5,80
	3	29,78	-	38,95	-	29,51	28,26
	4	20	-	24,78	-	18,30	16,45
	5	44,89	-	14,19	-	25,26	22,91
	6	27,66	-	13,38	-	8,72	7,15
	7	24,70	-	35,78	-	25,23	23,17
ПП №4. (Вершина)	1	39,15	50,05	-	-	23,54	78,86
	2	69,72	42,32	-	-	21,14	43,73
	3	71,23	52,40	-	-	16,20	11,40
	4	77,50	28,11	-	-	19,73	31,41
	5	58,26	61,15	-	-	7,95	30,77
	6	50,78	64,53	-	-	31,21	36,23
	7	59,38	39,33	-	-	21,33	61,12
ПП №5 (Восток).	1	42,96	-	-	20,14	17,38	-
	2	70,23	-	-	70,76	56,76	-
	3	40,83	-	-	37,43	20,15	-
	4	55,34	-	-	53,17	20	-
	5	46,40	-	-	42,09	25,87	-
	6	47,28	-	-	39,87	28,45	-
	7	39,56	-	-	47,12	31,28	-

В разных частях дерева неодинаковы освещенность и влажность, поэтому видовой состав и степень покрытия лишайников на различных участках дерева – форофита различны. Так же зависит от сторон света и пород деревьев.

По данным измерений проективного покрытия талломов эпифитных лишайников 2022 г. видно, что лишайники, приуроченные к березе повислой благоприятнее, развиваются на вершине хребта Малый Ямантау и в восточной экспозиции. Наиболее скудное покрытие для березы

является северная и южная часть хребта.

Из других широколиственных пород, к примеру, осина присутствует лишь на пробной площади №4 (вершина). Обилие лишайников приуроченные к осине здесь так же благоприятны, как и у березы, процент покрытия высок.

Присутствие липы отмечены в южной и западной части хребта, судя по измерениям высокий уровень жизни для лишайников представляет западная часть хребта, у березы в сравнение значительно меньший процент покрытия. На южной части хребта у липы степень покрытия лишайниками значительно ниже, на примере модельных деревьев №5 – 14,19%, №6 – 13,38%.

На примере темнохвойных пород деревьев, можно судить, что для пихты наибольший степень покрытия лишайниками является северная часть, так же хорошие условия показаны и на западной части хребта Малый Ямантау. Южная часть и вершина не так благополучны для лишайников, приуроченных к пихте.

Для ели сибирской на присутствующих пробных площадях, проектное покрытие лишайников выше в восточной части хребта, а для сосны обыкновенной северная часть и вершина хребта наиболее благоприятны, более низкий процент покрытия представлен на южной стороне.

Список литературы:

1. Кайгородов А.Н. Естественнo-зональная классификация климатов земного шара. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 119 с.
2. Флора и растительность Южно-Уральского государственного заповедника // Кол. авторов. Под ред. Б.М. Миркина. Уфа: Гилем, 2008. 528 с.
3. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 184 с.

УДК 574.34:502.753

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ *LONICERA CAERULEA* L.
В ОКРЕСТНОСТЯХ БАЛКАНСКОГО ВОИНСКОГО КЛАДБИЩА
(КОЛПИНСКИЙ РАЙОН, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)**

Е.М. Антонова

Российский государственный педагогический университет им. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

**THE CURRENT STATE OF THE *LONICERA CAERULEA* L. POPULATION
IN THE VICINITY OF THE BALKAN MILITARY CEMETERY
(KOLPINSKY DISTRICT, ST. PETERSBURG)**

Е.М. Antonova

Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia

ant-tona@mail.ru

Аннотация. Представлены итоги оценки состояния популяции *Lonicera caerulea* L. в Колпинском районе Санкт-Петербурга. Были выделены четыре кластера с различными условиями произрастания (на открытых участках и в условиях затенения древесным ярусом). Анализ морфометрических показателей популяции выявил заметные различия в размерной структуре и жизненном состоянии данных кластеров. Также была рассмотрена онтогенетическая структура популяции, выделены две группы в рамках данной структуры.

Ключевые слова: *Lonicera caerulea*, жимолость голубая, популяция, современное состояние.

Голубая жимолость *Lonicera caerulea* L. занесена в Красную книгу Санкт-Петербурга [1], как вид, находящийся на грани исчезновения. При сравнении разных изданий Красных книг Санкт-Петербурга 2004 [2] и 2018 [1] года соответственно было выявлено, что численность данного вида на территории города сокращается. На 2018 год были обнаружены всего 3 локальные популяции: в округе города Ломоносов около Красного пруда (Петродворцовый

район), по берегу Дудергофского озера (Красносельский район) [3] и вблизи поселка Понтонный (Колпинский район), включающие в себя единичные особи [1]. Следовательно, можно сказать, что дикорастущая голубая жимолость в административных границах Санкт-Петербурга сохранилась лишь в ничтожном количестве.

Цель настоящей работы – оценить состояние популяции *L. caerulea*, найденной в окрестностях Балканского воинского кладбища, в рамках комплексного экологического обследования участка территории долины реки Ижоры и ее притоков [4–6].

Объектом исследования является *L. caerulea* – небольшой, до 2,5 м в высоту, теневыносливый листопадный кустарник.

Популяция произрастает в небольшом сыром мелколиственном лесу с 6-ярусной структурой, где преобладающими породами являются ива, серая ольха, рябина и тополь, что оптимально для произрастания жимолости. GPS-координаты: 59,7699 с.ш., 30.5975 в.д., 16-18 м над уровнем моря. Почвенный покров представлен альфегумусовыми агроземами. Рельеф с незначительным перепадом высот – есть небольшие ямы и возвышенности. С восточной части лес ограничен водоемом, с северной и западной – дорогой, а с южной – кладбищем.

Сбор материала происходил в конце мая – начале июня 2023 года, в период активного цветения. Популяция была поделена на 4 условных участка, в зависимости от расположения по отношению к тропе и интенсивности освещения. 1 участок – опушка леса с интенсивным освещением с левой стороны от тропы, 2 участок – в тени деревьев, с левой стороны от тропы, 3 участок – с интенсивным освещением с правой стороны от тропы и 4 участок – в тени, с правой стороны от тропы. Определение численности популяции проводилось простым подсчетом. За счетную единицу принимались парциальные кусты. После подсчета численности популяции были проведены морфологические замеры: с помощью рулетки была измерена высота каждого парциального куста, было подсчитано количество стволов и с использованием штангенциркуля были измерены их диаметры. По наличию и отсутствию цветения все растения делились на генеративные и вегетативные.

На 1-ом участке – 104 куста, из которых 57% особей – вегетативные, и 43% – генеративные. В среднем один парциальный куст состоит из 5,3 стволов, средний диаметр которых 5,3 мм. Средняя высота кустов – 80 см.

На 2-ом участке – 204 куста, 92% особей вегетативные, и всего 8% – генеративные. В среднем один парциальный куст состоит из 3,3 стволов, средний диаметр которых 4,1 мм. Средняя высота кустов – 61 см.

На 3-ем участке – всего 45 кустов, из них 18% – вегетативные, 82% – генеративные. Среднее количество стволов на куст – 6,7, с средним диаметром – 7,6 мм. Средняя высота кустов – 140 см.

На 4-ом участке – всего 127 кустов, из которых 67% – вегетативные особи и 33% – генеративные. Среднее количество стволов на куст – 3,1, с средним диаметром – 9,2 мм. Средняя высота кустов – 121 см.

Анализ онтогенетических групп показал, что на 3-ем участке преобладают генеративные растения, на 1-ом участке вегетативные и генеративные кусты находятся примерно в равном соотношении, а на 2 и 4-ом участках преобладают вегетативные растения. В связи с тем, что 1 и 3 участки располагаются на более освещаемых участках леса, можно сказать, что наличие солнечного света влияет на цветение жимолости.

Анализ распределения по диаметрам показал, что на всех 4-х участках наибольшее количество стволов в парциальных кустах имеет диаметр до 10 мм. Что говорит о том, что все 4 группы растений имеют активный прирост.

Анализ распределения по среднему диаметру показал, что для 1 и 2 группы растений пик распределения приходится на величину в 2-4 мм, затем происходит снижение, в то время как в 3-ей группе также велико количество растений с средним диаметром в 5-10 мм, и только после этого начинается снижение, у 4-ой группы пик приходится на 5-10 мм. То есть мы наблюдаем, что растения с наибольшим средним диаметром ствола произрастают на 4-ом участке, а дальше показатель снижается от 3 к 2 и 1 участку, соответственно.

Анализ распределения по высоте показал, что на 3 участке произрастают наиболее высокие

растения, максимальный показатель 290 см, практически не уступает ему 3-й участок, в то время как на 1 и 2 участках количественное преимущество за растениями 40-80 см. Также следует отметить, что на 2-ом участке наблюдалось наибольшее количество небольших молодых растений, высотой до 40 см – 26,5% от общего количества.

Было проведено исследование морфометрических показателей и онтогенетических групп популяции на 4х участках. Жизненное состояние популяции на 4х участках не одинаково. На первом участке наблюдается большое количество невысоких и немногоствольных вегетативных кустов, но при этом также встречаются и высокие многоствольные генеративные особи, есть и совсем молодые низкие одноствольные растения. Можно сделать предположение, что популяция на данном участке разрастается – данный участок содержит наиболее разнообразные по морфометрическим параметрам растения. На втором участке наибольшее количество растений, но при этом большинство из них невысокие и немногоствольные вегетативные особи, с наименьшим средним диаметром, также тут наибольшее количество совсем молодых кустов, что говорит о том, что на данном участке популяция процветает и активно разрастается, вероятнее всего вегетативным путем. На третьем участке растения чувствуют себя лучше всего – наиболее высокие и многоствольные кусты, с преобладанием генеративной онтогенетической группы, но при этом на данном участке только одно молодое растение, что говорит о том, что на данный участок достиг предела своей численности. И на последнем 4-ом участке преобладают высокие и немногоствольные как вегетативные, так и генеративные растения, также встречаются вегетативные растения средних размеров, но также не многоствольные, молодых растений практически нет – следовательно, можно предположить, что рост популяции на данном участке ограничен.

Список литературы:

1. Красная книга Санкт-Петербурга // Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. Ботанический институт им. В. Л. Комарова [и др.; редакционная коллегия: Д. В. Гельтман (отв. ред.) и др.]. СПб: Дитон, 2018. 568 с.
2. Красная книга природы Санкт-Петербурга. Отв. ред. Г.А. Носков. СПб: АНО НПО «Профессионал», 2004. 416 с.
3. Сенников А. Н. Расы группы *Lonicera caerulea* lsl (Caprifoliaceae) на Северо-Западе Европейской России //Новости систематики высших растений. 2005. Т. 37. С. 167–180.
4. Результаты комплексного экологического обследования участка территории «Долина реки Ижоры и ее притоков»: Коллективная монография / Л. М. Зарина, Е. Ю. Окунева, Е. С. Кузнецова [и др.]. СПб: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2021. 280 с.
5. Зарина Л. М., Окунева Е. Ю., Кузнецова Е. С. Оценка возможности создания ООПТ на участке Колпинского района Санкт-Петербурга / [и др.] // Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие: Коллективная монография по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. СПб: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2020. С. 309–314.
6. Евдокимов, А. С. Антропогенные ландшафты как основа для создания ООПТ / А. С. Евдокимов // Куражсковские чтения: Материалы II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 18–21 мая 2023 года / Составитель А.Н. Бармин. Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева», 2023. С. 151–153.

**РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ С УЧАСТИЕМ ВИДОВ РОДА *DELPHINIUM*
(*RANUNCULACEAE*) В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

А.В. Богослов, И.В. Шилова, А.С. Кашин

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

**DIVERSITY OF COMMUNITIES INVOLVING SPECIES OF THE GENUS *DELPHINIUM*
(*RANUNCULACEAE*) IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

A.V. Bogoslov, I.V. Shilova, A.S. Kashin

Saratov State University, Saratov, Russia

dandelioncave@mail.ru

Аннотация. В период с 2013 по 2020 г. на территории 12 регионов Европейской России изучены 47 сообществ с участием 7 видов рода *Delphinium* L. (*Ranunculaceae*). Наиболее богаты видами сообщества с участием *D. pubiflorum* (в среднем 55 видов) и *D. dictyocarpum* (45 видов), наименее – сообщества с *D. puniceum* (в среднем 23 вида), *D. sergii* и *D. subcuneatum* (в среднем по 20 видов). Наибольшим разнообразием отличаются сообщества с *D. litwinowii* и *D. pubiflorum*, а также 3 сообщества с *D. puniceum*, 2 – с *D. dictyocarpum*, 1 – с *D. duhmbergii*.

Ключевые слова: доминирование, мониторинг, разнообразие, сообщество, *Delphinium*.

Delphinium L. – род преимущественно многолетних растений семейства лютиковые (*Ranunculaceae*), насчитывающий около или более 300 видов, распространённых на территории Евразии, Африки и Северной Америки.

Объектами исследования послужили 47 сообществ, связанные с 36 изученными популяциями 7 видов рода *Delphinium*, на территории 12 регионов Южного Урала, Нижнего, Среднего Поволжья и прилегающих территорий. Изучено 4 сообщества с *D. dictyocarpum* DC., 3 с *D. duhmbergii* Huth; 22 с *D. litwinowii* Sambuk; 8 с *D. pubiflorum* (DC.) Turcz. ex Huth, 6 с *D. puniceum* Pall., 2 с *D. sergii* Wissjul. и 2 с *D. subcuneatum* Tzvel. Мониторинговые исследования с 2013 по 2020 гг. проведены в сообществах с участием *D. pubiflorum* на территории Саратовской обл., остальные сообщества изучались в течение одного-двух сезонов в 2017–2020 гг. Описание сообществ проводилось в пределах ценопопуляции видов рода *Delphinium*, определялись: флористический состав, обилие видов по шкале О. Друде с рекомендациями А.А. Уранова, проективное покрытие в процентах – общее и видов. Было сделано 72 описания. Сообщества названы согласно трёхбуквенному обозначению популяций, в случае если популяция располагалась в нескольких сообществах, к обозначению добавлялся порядковый номер.

Разнообразие сообществ оценивалось с помощью непараметрических индексов: Шеннона (H), основанного на формуле энтропии и рассматриваемого как мера разнообразия, и Симпсона (D), основанного на формуле дисперсии и трактуемого как мера доминирования, чувствительная по отношению к преобладающим видам. При увеличении D возрастает доминирование одного-двух видов, а разнообразие уменьшается. Часто D используют в следующем виде: $(1-D)$ – индекс «вероятности межвидовых встреч»; $(1/D)$ – индекс полидоминантности Вильямса. Оба индекса возрастают с увеличением выравненности обилия видов в сообществе, т. е. с увеличением разнообразия [1].

В сообществах с *D. dictyocarpum* доминирование оценено как слабое – D приближается к нулю. Индексы $(1-D)$, $(1/D)$ и H свидетельствуют о большем разнообразии двух сообществ – Kuv и Per-2, более богатых видами и содержащих большее число относительно обильно произрастающих видов. Индекс D во всех сообществах с *D. duhmbergii* невелик, что говорит о низком доминировании, а разнообразие довольно высокое, особенно в наиболее богатом видами сообществе Tal-1 (таблица).

В сообществах с участием *D. litwinowii* доминирование наиболее выражено в Lsh-2, Vol и Val-2, также можно отметить: Che-1, Lsh-1, Bog-2, Nep, Val-1, в которых D колеблется от 0,34 до 0,40, в остальных сообществах D – от 0,09 до 0,28. Наибольшим разнообразием отличаются 11 сообществ из 22-х,

в них – (1-D) выше 0,80, (1/D) более 5,00, Н приближается к 2,00 или выше этого значения. Доминирование в сообществах с *D. pubiflorum* не выражено – D колеблется от 0,07 до 0,25, а разнообразие значительно – величины (1-D), (1/D) и Н высоки. Доминирование в большинстве сообществ с *D. puniceum* не выражено, кроме Elt, в котором D приближается к 0,5. Данное сообщество самое малочисленное, по числу видов его немного превосходит сообщество Bsk, в сложении которого участие видов более выровнено. Наибольшим разнообразием отличаются сообщества – Pol, Pld и Gru, особенно Pol, в котором 5 видов обильны-очень обильны и ещё 13 видов произрастают рассеянно. Несмотря на то, что в обоих сообществах с *D. sergii* в 2018 г. по сравнению с 2017 г. видовое богатство возросло, в сообществе Ras-1 возросло и доминирование, а разнообразие понизилось. В Ras-2 доминирование не выражено, а разнообразие, относительно первого сообщества, высокое, особенно в 2018 г. В обоих сообществах с участием *D. subcuneatum* доминирование не выражено, а разнообразие более или менее высокое (таблица).

Таблица. Индексы доминирования/разнообразия в сообществах с участием видов рода *Delphinium*

Вид рода <i>Delphinium</i>	Сообщество	Число видов	Индексы			
			D	(1-D)	(1/D)	H
1	2	3	4	5	6	7
<i>D. dictyocarpum</i>	Kuv	63	0,17	0,83*	5,88	2,13
	Per-1	36	0,23	0,77	4,34	1,74
	Per-2	42	0,16	0,84	6,25	2,15
	Tul	40	0,24	0,76	4,17	1,86
<i>D. duhmbergii</i>	Tal-1, 2017 г.**	45	0,11	0,89	9,09	2,49
	Tal-1, 2018 г.	32	0,15	0,85	6,67	2,04
	Tal-2	22	0,27	0,73	3,70	1,58
	Sus	30	0,21	0,79	4,76	1,65
<i>D. litwinowii</i>	Bog-1	37	0,17	0,83	5,88	1,96
	Bog-2	39	0,39	0,61	2,56	1,32
	Bog-3	27	0,21	0,79	4,76	1,74
	Bog-4	34	0,17	0,83	5,88	2,08
	Bol	34	0,49	0,51	2,04	1,22
	Che-1	35	0,34	0,66	2,94	1,40
	Che-2	26	0,16	0,84	6,25	2,06
	Kor	42	0,15	0,85	6,67	2,09
	Kot	51	0,14	0,86	7,14	2,23
	Lev	35	0,19	0,81	5,26	2,02
	Lsh-1	36	0,39	0,61	2,56	1,23
	Lsh-2	20	0,79	0,21	1,26	0,46
	Nep	28	0,40	0,60	2,50	1,25
	Orl	50	0,17	0,83	5,88	1,96
	Ost, 2017 г.	46	0,10	0,90	10,00	2,57
	Ost, 2018 г.	39	0,12	0,88	8,33	2,42
	Ppr-1	37	0,16	0,84	6,25	2,01
	Ppr-2	48	0,09	0,91	11,11	2,59
	Siu	42	0,28	0,72	3,57	1,69
	Val-1	42	0,34	0,66	2,94	1,47
	Val-2	25	0,65	0,35	1,54	0,80
	Vla	59	0,23	0,77	4,34	1,93
	Zim	33	0,17	0,83	5,88	2,13
<i>D. pubiflorum</i>	Bel, 2017 г.	77	0,12	0,88	8,33	2,51
	Bel, 2018 г.	67	0,08	0,92	12,50	2,75
	Ekp	23	0,24	0,76	4,17	1,64
	Gre, 2017 г.	46	0,17	0,83	5,88	2,05
	Gre, 2018 г.	37	0,17	0,83	5,88	1,97
	Hvl, 2015 г.	64	0,11	0,89	9,09	2,50
	Hvl, 2016 г.	71	0,07	0,93	14,28	2,88
	Hvl, 2017 г.	73	0,12	0,88	8,33	2,35
	Hvl, 2018 г.	61	0,20	0,80	5,00	2,13
	Hvl, 2019 г.	71	0,10	0,90	10,00	2,61
	Hvl, 2020 г.	69	0,09	0,91	11,11	2,66
	Krm, 2015 г.	47	0,19	0,81	5,26	2,18

	Krm, 2016 г.	48	0,19	0,81	5,26	2,20
	Krm, 2017 г.	53	0,13	0,87	7,69	2,35
	Krm, 2018 г.	53	0,25	0,75	4,00	1,77
	Krm, 2019 г.	46	0,16	0,84	6,25	2,21
<i>D. pubiflorum</i>	Krm, 2020 г.	48	0,17	0,83	5,88	2,06
	Nov-1, 2017 г.	54	0,13	0,87	7,69	2,40
	Nov-1, 2018 г.	46	0,14	0,86	7,14	2,14
	Nov-2, 2017 г.	54	0,13	0,87	7,69	2,23
	Nov-2, 2018 г.	35	0,16	0,84	6,25	2,13
	Tat, 2013 г.	59	0,21	0,79	4,76	2,25
	Tat, 2014 г.	67	0,13	0,87	7,69	2,67
	Tat, 2015 г.	57	0,12	0,88	8,33	2,42
	Tat, 2016 г.	55	0,14	0,86	7,14	2,39
	Tat, 2017 г.	55	0,11	0,89	9,09	2,48
	Tat, 2018 г.	46	0,10	0,90	10,00	2,61
	Tat, 2019 г.	56	0,11	0,89	9,09	2,54
	Tat, 2020 г.	63	0,12	0,88	8,33	2,41
<i>D. puniceum</i>	Bsk	13	0,22	0,78	4,54	1,75
	Elt	12	0,48	0,52	2,08	0,93
	Gru	38	0,20	0,80	5,00	1,92
	Okt	15	0,23	0,77	4,35	1,54
	Pld	37	0,14	0,86	7,14	2,20
	Pol	24	0,10	0,90	10,00	2,62
<i>D. sergii</i>	Ras-1, 2017 г.	14	0,53	0,47	1,89	0,85
	Ras-1, 2018 г.	20	0,66	0,34	1,52	0,77
	Ras-2, 2017 г.	19	0,32	0,68	3,12	1,44
	Ras-2, 2018 г.	29	0,24	0,76	4,17	1,59
<i>D. subcuneatum</i>	Bkm	28	0,26	0,74	3,85	1,54
	Buz	11	0,25	0,75	4,00	1,51

Примечание: * – полужирным выделены максимальные значения для сообществ с разными видами рода *Delphinium*: $D \geq 0,5$, $(1-D) \geq 0,8$, $(1/D) \geq 5,0$, $H \geq 2,0$; ** – год указан для сообществ, мониторинг которых проводился в течение нескольких лет. Условные обозначения индексов: D – Симпсона; (1-D) – вероятности межвидовых встреч; (1/D) – полидоминантности Вильямса, H – Шеннона.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18–34–00061 и № 20–34–90001.

Список литературы:

1. Чернов Т.И., Тхакахова А.К., Кутовая О.В. Оценка различных индексов разнообразия для характеристики почвенного прокариотного сообщества по данным метагеномного анализа // Почвоведение. 2015. № 4. С. 462–468. <https://doi.org/10.7868/S0032180X15040036>

РОД *ALLIUM* ВО ФЛОРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: КЛЮЧ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИДОВ

Ю.И. Буланы, Е.А. Ньющенко, В.В. Соляников

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

GENUS *ALLIUM* IN THE FLORA OF THE SARATOV REGION: KEY FOR IDENTIFICATION AND SOME FEATURES OF SPECIES DISTRIBUTION

Y.I. Bulany, E.A. Nyushchenko, V.V. Solyannikov

Saratov State University, Saratov, Russia

bul-yurij@yandex.ru

Аннотация. Составлен ключ для определения луков флоры Саратовской области и приведены данные о распространении видов на территории области на основе гербарных фондов SARP, SARAT, MOSP и литературных данных.

Ключевые слова: *Allium*, Саратовская область, флора.

Род *Allium* во флоре Саратовской области насчитывает 23 вида, в том числе широко культивируемые: *A. ascalonicum* L., *A. cepa* L., *A. fistulosum* L., *A. nutans* L., *A. porrum* L., *A. schoenoprasum* L., *A. sativum* L.

Среди видов *Allium* есть те, у которых в Саратовской области проходят восточная (*A. pazcoskianum*, *A. oleraceum*), северная (*A. sphaerocephalon*), западная (*A. delicatulum*) границы ареалов. При составлении ключа использованы литературные источники [1–3] и собственные наблюдения.

Ключ для определения видов рода *Allium* Саратовской области

1. Нити внутренних тычинок расширенные, уплощенные, сверху трехраздельные, средний зубец, несущий пыльник, обычно значительно короче нитевидных боковых, реже равен им или чуть длиннее 2

– Нити внутренних тычинок шиловидные или из расширенного основания узкотреугольные, иногда при основании короткозубчатые 6

2. Зонтик с луковичками *A. sativum* – культивируемый вид.

– Зонтик без луковичек 3

3. Листья цилиндрические, или полуцилиндрические, дудчатые, сверху желобчатые 4

– Листья плоские, линейные 5

4. Придаточные луковички соломенно-желтые, гладкие, блестящие. Средний зубец внутренних тычинок, несущий пыльник, равен или даже чуть длиннее боковых *A. sphaerocephalon* – по степям, Аткарский, Красноармейский, Краснокутский, Лысогорский р-ны.

– Придаточные луковички желтовато-бурые или бурые, матовые, средний зубец внутренних тычинок короче боковых *A. regelianum* – по галофитным лугам, по всей области.

5(3). Придаточные луковички и оболочки замещающей луковицы желтоватые или коричнево-желтоватые *A. porrum* – культивируемый вид.

– Придаточные луковички и оболочки замещающей луковицы темно-бурые или черно-фиолетовые *A. rotundum* – по лугам, по всей области.

6(1). Листья цилиндрические, дудчатые 7

– Листья плоские, линейные или полуцилиндрические, не дудчатые 8

7. Нити тычинок в 2-3 раза короче околоцветника .. *A. schoenoprasum* – культивируемый вид.

– Нити тычинок длиннее околоцветника *A. cepa* – культивируемый вид.

8(6). Луковицы по (1) 2 – несколько прикрепленные к корневищу 9

– Луковицы шаровидные, яйцевидные или продолговато-яйцевидные, лишенные корнев.. 13

9. Наружные оболочки луковиц сетчато-волокнистые 10
- Наружные оболочки луковиц цельные, разорванные или расщепленные на волокна, но не сетчатые 11
10. Листочки околоцветника тупые, нити тычинок на $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ длиннее околоцветника, внутренние при основании с каждой стороны с коротким тупым зубчиком *A. strictum* – по степям, по всей области.
- Листочки околоцветника заостренные, нити тычинок почти вдвое длиннее околоцветника, внутренние при основании с каждой стороны с 1 или 2 острыми длинными зубцами *A. lineare* – по степям, по всей области.
- 11(9). Луковицы булабовидные, с буроватыми или коричневыми, плотными, кожистыми наружными оболочками .. *A. globosum* – на выходах мелов, по всей области.
- Луковицы цилиндрические или цилиндрически-конические, с сероватыми или черноватыми, бумагообразными наружными оболочками 12
12. Листочки околоцветника желтоватые блестящие, Нити тычинок на $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ длиннее околоцветника. Листья нитевидные, 0,5–1 (1,5) мм шир. .. *A. flavescens* – по степям, по всей области.
- Листочки околоцветника темно-розовые или розово-фиолетовые. нити тычинок короче околоцветника или одной длины с ним. Листья, по крайней мере в нижней части, килеватые *A. angulosum* – по лугам, по всей области.
- 13(8). Стебель в надземной части б.м. высоко одет листовыми влагалищами. Листья цилиндрические, полуцилиндрические, нитевидные, шиловидные или плоские, узколинейные, не шире 5 мм..... 14
- Стебель одет листовыми влагалищами в подземной части. Листья плоские, линейные или линейно-ланцетные, 5–20 (25) мм шириной ... *A. tulipifolium* – по степям, по всей области.
14. Чехол, остающийся во время цветения и плодоношения, разрывающийся на две длинно заостренные части, из которых по крайней мере одна в 2–5 раз длиннее зонтика 15
- Чехол рано опадающий, кругом отрывающийся или остающийся, разрывающийся, тогда он короче зонтика или незначительно длиннее его 18
15. Зонтик с луковичками *A. oleraceum* – по лугам, только в Правобережье.
- Зонтик без луковичек 16
16. Нити тычинок на $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ длиннее околоцветника, листочки околоцветника желтовато- или грязно-розовые или грязновато-желтые, матовые, с сизым налетом *A. paczoskianum* – по степям, только в Правобережье: Лысогорский; Красноармейский; Балашовский р-ны.
- Нити тычинок короче околоцветника или равны ему. Листочки околоцветника розовые или пурпуровые 17
17. Околоцветник розовый или почти белый, колокольчатый, 4,5–5,5 мм длиной. Тычинка равны по длине листочкам околоцветника или немного короче их. Рыльце пестика в цветущем состоянии выдается из околоцветника *A. podolicum* – по степям, по всей области.
- Околоцветник розово-пурпуровый, трубчатый, 6 – 7 мм длиной. Тычинки на $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ короче околоцветника. Рыльце пестика в цветущем состоянии не выдается из околоцветника *A. praescissum* – по галофитным лугам, по всей области.
- 18(14). Листочки околоцветника сине-голубые, с более темной жилкой, 4–5 мм длиной. Нити тычинок равны или немного длиннее околоцветника *A. coeruleum* – имеется указание на Озинский р-н [1].
- Листочки околоцветника белые, розовые или фиолетово-розовые 19
19. Зонтик полушаровидный или почти шаровидный, многоцветковый, густой. Листочки околоцветника розоватые или беловатые, с фиолетово-пурпурной жилкой, 4 –6 мм длиной *A. delicatulum* – по лугам, в Левобережье: Озинский, Александрово-Гайский, Новоузенский, Балаковский, Перелюбский, Пугачевский р-ны.
- Зонтик пучковатый, рыхлый, не многоцветковый. Цветоножки очень неравные, 10–40 мм длиной. Листочки околоцветника 5–6 мм длиной. Листья ко времени плодоношения увядающие *A. inaequale* – по степям, по всей области.

Список литературы:

1. Еленевский А.Г., Буланый Ю.И., Радыгина В.И. Конспект флоры Саратовской области. Саратов: Наука, 2008. 238 с.
2. Флора европейской части СССР, том IV. Коллектив авторов. / Отв. ред. А.А. Федоров, ред. тома Ю.Д. Гусев. Л.: Наука, 1979. 355 с.
3. Флора Нижнего Поволжья. / Отв. ред. А.К. Скворцов. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. Т. 1. 435 с.

УДК 581.9

СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ, ОПИСАННЫЕ ИЗ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.М. Васюков, В.В. Бондарева

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

VASCULAR PLANTS DESCRIBED FROM THE SARATOV REGION

V.M. Vasjukov, V.V. Bondareva

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga
Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia
vvasjukov@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен перечень 36 видов сосудистых растений, впервые описанных для науки с территории Саратовской области.

Ключевые слова: locus classicus, растения, Саратовская область.

На территории Саратовской области расположены классические местонахождения (locus classicus) не менее 36 видов сосудистых растений, впервые описанных для науки [1, 2 и др.].

Asteraceae

1. *Anthemis trotzkiana* Claus ex Bunge, 1848 (1847), Index Seminum [Tartu]: 4, in obs. Тип: Саратовская обл., окр. г. Хвалынска [Unico loco in colle cretaceo prope Chwalynsk observata] (LE).

2. *Centaurea microcalathina* A. O. Tarassov, 1970, Почвы и раст. Юго-Востока: 101. Тип: Саратовская обл., Заволжье (SARAT). Примечание: таксон в синонимах *Centaurea diffusa* Lam.

3. *Centaurea pseudophrygia* C. A. Mey. 1845, Beitr. Pflanzenk. Russ. Reich. 4: 82. Тип: Саратовская обл. [versus prov. Saratov] (LE).

4. *Galatella* × *subtatarica* Tzvelev, 1994, Фл. европ. части СССР, 7: 193. = *G. tatarica* (Less.) Novopokr. × *G. villosa* Rchb. f. Тип: окр. г. Саратова [In viciniis urb. Saratov, 9.VI.1913, D. Janischevsky] (LE).

5. *Jurinea arachnoidea* Bunge, 1841, Flora (Regensb.), 24, 1: 157. Тип: Саратовская обл., р. Волга, ниже г. Саратова [ad Wolgam infra Saratow] (LE).

6. *Jurinea cretica* Iljin, 1962, Фл. СССР, 27: 717, 555. Тип: Саратовская обл., Хвалынский р-н, с. Сосновая Маза [in vicinitate Chwalynsk, arenae cretarum Pesczanaja Gora, prope Sosnovaja Myza, 25.V.1926, №1044, K. Grosset] (LE).

7. *Serratula isophylla* Claus, 1851, Beitr. Pflanzenk. Russ. Reich. 8: 118, 301. Тип: окр. Сергиевска и Саратова (ignotus). Примечание: таксон в синонимах *Serratula gmelinii* Tausch [*Klasea gmelinii* (Tausch) Holub].

8. *Scorzonera pratorum* (Krasch.) Stankov, 1949, в Станков и Талиев, Опред. высш. раст. европ. части СССР: 687. ≡ *S. austriaca* Willd. var. *pratorum* Krasch. 1935, в Липш. Фрагм. моногр. *Scorzonera*, 1: 116. Тип: Саратовская обл., от пос. Александров-Гай до пос. Озинки, лиман близ с. Николаевка (LE).

9. *Tanacetum sclerophyllum* (Krasch.) Tzvelev, 1961, Фл. СССР, 26: 347. ≡ *Pyrethrum sclerophyllum* Krasch. 1946, Бот. мат. (Ленинград), 9: 164. Тип: Саратовская обл., окр. г. Хвалынска, южные склоны меловых обнажений горы Каланча [Prov. Saratov, prope oppid. Chwalynsk, in decliviis cretaceis, 7.VII.1926, K. Gross] (LE).

10. *Tragopogon cretaceus* S.A. Nikitin, 1938, Бот. мат (Ленинград), 7, 12: 264. Тип: Саратовская обл., окр. г. Вольск [in declivibus cretaceis prope p. Volsk, 5.V.1929, Czegurajeva] (LE).
Boraginaceae
11. *Onosma volgensis* Dobrocz. 1977 (1976), Новости сист. низш. высш. раст. (Киев): 114. Тип: Саратовская губ., окр. г. Хвалынска, меловые холмы, VIII.1914, Д. Янишевский (LE).
Brassicaceae
12. *Crambe litwinowii* K. Gross, 1927, Feddes Repert. 23: 397. Тип: Саратовская обл., окр. г. Хвалынска [in declivibus australibus montium cretaceorum prope urbem Chwalinsk ad inferiorem Wolgam medium] (SARAT; синтип LE).
13. *Rorippa wolgensis* Fursajv ex Laktionov et Mavrodiev, 2013, Бот. журн. 98, 6: 765. Тип: Саратовская обл., окр. с. Терсы у г. Вольска, свежие иловато-песчаные наносы (SARAT).
Cannabaceae
14. *Cannabis ruderalis* Janisch. 1924, Учен. зап. Саратов. унив. 2, 2: 14. Тип: Саратов [per partem majorem Russia austro-orientalis] (LE).
Caryophyllaceae
15. *Eremogone longifolia* (M. Bieb) Fenzl, 1833, Verbreit. Alsin.: 37. ≡ *Arenaria longifolia* M. Bieb. 1808, Fl. Taur.-Caucas. 1: 345. Тип: окр. Саратова и Волгограда [ad Wolgam inferiorem, circa Saratov et coloniam Sareptum] (LE; синтип MW).
Cistaceae
16. *Helianthemum cretaceum* (Rupr.) Juz. 1949, Фл. СССР, 15: 343, 680. ≡ *H. italicum* (L.) Pers. var. *cretaceum* Rupr. 1869, Med. Acad. Sci. Petersb., ser. 7, 15, 2: 140 (Fl. Cauc.). Тип: б. Курская губ. и окр. Хвалынска [hoe substrato calcareo fomatationis cretaceae gub. Kursk... et pr. Chwalinsk]; лектотип: окр. Хвалынска [Chwalinsk] (LE).
Cyperaceae
17. *Dichostylis wolgensis* A.O. Tarasov, 1970, Почвы и раст. Юго-Востока: 93. Тип: Саратовская обл., окр. г. Энгельса (SARAT). Примечание: таксон в синонимах *Cyperus michelianus* (L.) Delile.
Euphorbiaceae
18. *Euphorbia borszczowii* Prokh. 1949, Фл. СССР, 14: 742. ≡ *Tithymalus borszczowii* Prokh. 1949, Фл. СССР, 14: 425, nom. altern. Тип: Саратовская обл., окр. г. Новоузенска [distr. Novousensk] (LE).
Hyacinthaceae
19. *Ornithogalum fischerianum* Krasch. 1935, Фл. СССР, 4. 392. Тип: Саратовская обл. [in Russia ausrnalis pr. Saratow] (LE).
Juncaceae
20. *Juncus intermedius* A. O. Tarasov, 1970, Почвы и раст. Юго-Востока: 94, nom. illeg. Тип: Саратовская обл., Заволжье, Ершовский р-н, окр. с. Мироновка (SARAT). Примечание: таксон в синонимах *J. gerardii* Loisel.
Lamiaceae
21. *Stachys wolgensis* Wilensky, 1926, Сб. мат. Госплана, 1: 38. Тип: Саратовская губ., пойма р. Бол. Иргиза (SARAT).
22. *Thymus dubjanskyi* Klovov et Des.-Shost. 1932 (1931), Изв. Бот. сада АН СССР, 3-4, 30: 544, 545. Тип: Саратовская губ., Хвалынский у., окр. г. Хвалынска, южный щебнистый склон горы Каланча, 8.VII.1927, В. Смирнов (LE; синтипы РКМ).
23. *Thymus tzvelevii* Vasjukov, 2015, Новости сист. высш. раст. 46: 186. Тип: Саратовская обл., бл. г. Вольска, степные склоны, 6.VII.1968, Ю. Меницкий (LE).
Liliaceae
24. *Gagea kuprijanovii* Kireev, 1993, Вопросы бот. Нижн. Поволжья, 7: 77, nom. inval. Тип: Саратовская обл., Новобурасский р-н, заказник Моховое болото, зап. окр. хут. Ивановского, в верховьях оврага Крутец, у края леса (ignotus).
Limoniaceae
25. *Limonium bungei* (Claus) Gamajun. 1944, Бот. мат. Герб. АН Казахст. ССР, 1: 10. ≡ *Statice*

bunnei Claus, 1851, Beitr. Pflanzenk. Russ. Reiches, 8: 308. Тип: Поволжье, между Саратовым и Камышином [A Saratov Kamyschin usque hic illic obvia] (LE).

Росaceae

26. *Stipa zalesskyi* Wilensky, 1921, Дневн. I Всерос. съезда РБО: 41. Лектотип: окр. Саратова, на южн. склоне в районе дач Калюбанова, 5.VI.1918, Д. Залесский (LE).

Ranunculaceae

27. *Delphinium cuneatum* Steven ex DC. 1817, Reg. Veg. Syst. Nat. 1 : 359, s. str. Тип: Саратовская обл., ? Лесной Карамыш [Saratof] (G).

28. *Delphinium pubiflorum* (DC.) Turcz. ex Huth, 1895, Bot. Jahrb. 20: 417, s. str. $\equiv$ *D. cuneatum* Steven ex DC. var. *pubiflorum* DC. 1824, Prodr. 1: 55. Тип: Саратовская обл. [prope Saratov].

Rosaceae

29. *Crataegus volgensis* Pojark. 1939, Фл. СССР, 9: 444, 502. Тип: окр. Саратова [distr. Saratov, prope pag. Polivanovka, in silva frondosa, 1.VI.1927, В. Fedtschenko, Е. Bobrov] (LE).

30. *Potentilla vulgarica* Juz. 1949, Список раст. Герб. фл. СССР, 11: 117. Тип: Саратовская обл., окр. г. Хвалынский, близ с. Сосновая Маза (LE; изотип MW).

Rubiaceae

31. *Asperula exasperata* V. I. Krecz. ex Klokov, 1958, Фл. СССР, 23: 695. Тип: Саратовская обл., окр. г. Хвалынская, гора Богданиха [Vicinia opp. Chvalynsk prov. Saratoviensis, steppa petrosa in monte Bogdanicha] (LE).

32. *Galium volgense* Pobed. 1958, Фл. СССР, 23: 715. Тип: Саратовская обл., с. Узморье (LE).
Примечание: таксон в синонимах *G. physocarpum* Ledeb.

Scrophulariaceae

33. *Linaria menisperma* Klokov, 1949, Бот. журн. 34: 70. Тип: Саратовская обл., Озинский р-н, окр. с. Меловое (LE). Примечание: таксон в синонимах *L. cretacea* Fisch. ex Spreng.

34. *Melampyrum argyrocomum* Fisch. ex Steud. 1841, Nomencl. Bot., 2: 113. Тип: окр. Саратова [Saratov] (LE).

35. *Scrophularia sareptana* Kleop. ex Ivanina, 1972, Новости сист. высш. раст. 9: 253. Тип: Саратовская обл., окр. с. Сосновка [ad Wolgam infra Sarepta, colon. Schiling, auf Kreide] (LE).

Valerianaceae

36. *Valeriana wolgensis* Kazak. 1922, Журн. опытно-агроном. Юго-Востока, 1–2: 61. Тип: юго-восток Европейской России [Самарская, Саратовская, Царицынская и Астраханская губ.] (? SARAT).

Источники финансирования работы:

Исследования выполнены по государственному заданию ИЭВБ РАН 1021060107217-0-1.6.19.

Список литературы:

1. Васюков В.М., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Эндемичные растения бассейна Волги // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2015. Т. 9, № 3. С. 27–43.
2. Саксонов С.В. Теоретические основы регионального флористического мониторинга / послесловие С. А. Сенатор, Н. В. Конева. Тольятти: Кассандра, 2017. 532 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ
ВДОЛЬ ГРАДИЕНТА ВЫСОТЫ НА ГОРЕ БОЛЬШОЙ ШАТАК**

Д.Т. Габбасова, П.С. Широких, И.Г. Бикбаев, Н.И. Федоров

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
Уфа, Россия

**TEMPERATURE AND MOISTURE CHANGES IN FOREST COMMUNITIES ALONG THE
ELEVATION GRADIENT ON BOLSHOI SHATAK MOUNTAIN**

D.T. Gabbasova, P.S. Shirokikh, I.G. Bikbaev, N.I. Fedorov

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russia

dilara.gt@yandex.ru

Аннотация. Целью настоящей работы являлось изучение изменения температуры и влажности вдоль высотного градиента на горном хребте Большой Шатак от подножия горы до верхней границы распространения леса. Сбор данных по температуре и относительной влажности проводился использованием логгеров DS1923-F5. Обнаружено, что факторами, влияющими на распределение широколиственных видов, в настоящее время могут быть режим увлажнения и более короткий безморозный период выше границы их современного распространения.

Ключевые слова: дата-логгеры температуры и влажности, Южный Урал, сосново-широколиственные леса.

Широколиственные леса – достаточно типичный тип растительности на Русской равнине и в Предуралье [3]. Их граница проходит по Южному Уралу [2] и хребет Большой Шатак стал естественной физико-географической границей распространения многих видов неморального комплекса. На стыке широколиственных и березово-сосновых лесов встречаются экотонные лесные сообщества подсоюза *Tilio-Pinenion*, в состав которых входят кроме сосны еще и широколиственные древесные виды *Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Ulmus laevis* (преимущественно во втором ярусе) [3]. Сосново-широколиственные леса являются достаточно редким типом растительных сообществ, в связи с чем необходимо изучение связи распространения этих экотонных экосистем с характеристиками среды местообитания, для чего представляет интерес использование прямых измерений температуры и влажности с использованием логгеров [1, 4]. Логгеры широко используются при изучении неоднородности микроклимата, для оценки климатических ниш многих организмов и их реакции на происходящее изменение климата [6]. В каждом типе сообществ с 15.03.2021 по 24.09.2022 гг. проводился сбор данных по параметрам микроклимата окружающей среды с использованием логгеров температуры и относительной влажности DS1923-F5 (Maxim Integrated Products, Inc., USA). Регистрация показателей температуры и влажности проводилась 2 раза в сутки — в наиболее теплый (15 часов дня) и холодный (3 часа ночи) периоды. Датчики устанавливались на высоте 120 см на северной стороне стволов деревьев. Характеристика участков, на которых установлены логгеры приведено в таблице 1. Одной из важных температурных характеристик местообитаний является дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C. Климатические изменения на пробных площадях под пологом леса в период с 15.03.21 по 28.02.22. гг. приведены в таблице 2.

До середины июня 2021 г. влажность на исследуемых участках леса практически не различалась. Далее до 15 октября на пробной площади в сосново-широколиственном лесу отмечаются более высокие значения влажности по сравнению с пробными площадями в березово-сосновом и лиственничном лесах. В летний период 2021 г. влажность в березово-сосновом и лиственничном лесах практически не различалась, а в зимний период она была ниже в лиственничных лесах. В целом, эта же тенденция сохранялась в течение 2022 г.

Таблица 1. Характеристика модельных участков, на которых были установлены логгеры

№	Растительные сообщества	Старт наблюдений	Географические координаты в системе WGS-84, Координаты	Высота над уровнем моря, м	Рельеф: уклон (в градусах), крутизна
1.	Сосново-широколиственный лес	15.03.21	53°31'9" с.ш. 57°28'21" в.д.	631,00	7,21°
2.	Березово-сосновый лес	15.03.21	53°35'41" с.ш. 57°33'59" в.д.	831,00	11,76°
3.	Лиственничный лес	15.03.21	53°38'59" с.ш. 57°36'20" в.д.	966,46	5

В период проведения исследования аномальных зимних температур не наблюдалось и зимние температуры не являлись лимитирующим фактором распространения широколиственных древесных видов начиная с конца 20 века. Летом 2021 г. температура была выше, чем в 2022 г. и наблюдалась летняя засуха, влияние которой отразилась на показаниях влажности даже под пологом леса. В летний период 2021 г. она проявлялась в равной степени на пробных площадях в березово-сосновом и лиственничном лесах и в меньшей степени в сосново-широколиственном лесу. В нормальный по количеству осадков 2022 год влажность в березово-сосновом лесу была существенно выше, чем в лиственничном. Таким образом, факторами, влияющими на распределение широколиственных видов в настоящее время могут быть режим увлажнения и более короткий безморозный период выше границы их современного распространения. Двух лет наблюдений оказалось недостаточным для выявления температурных различий в растительных сообществах. Однако, исходя из снижения температуры вверх по склону можно предположить, что выше границы распространения широколиственных видов весенние заморозки будут более выраженными. Кроме того, одним из ведущих факторов в конце двадцатого века были экстремальные зимние температуры, после прекращения которых широколиственные виды еще не успели подняться вверх по склону, т.к. основное распространение семян широколиственных видов ветром и талыми водами происходит вниз по склону. Для окончательного вывода о вкладах отдельных факторов в современное распространение широколиственных видов необходимо продолжить мониторинг температуры и влажности с одновременной оценкой состояния этих видов.

Таблица 2. Климатические показатели на пробных площадях под пологом леса в период с 15.03.21 по 28.02.22. гг.

№	Тип леса, в котором проводились измерения температуры	Продолжительность безморозного периода	Средняя максимальная температура в июле, °С	Средняя минимальная температура в январе, °С *	Даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°С	
					весна	осень
1.	Сосново-широколиственный лес	157	32	-	25.03.21	03.11.21
2.	Березово-сосновый лес	151	30,25	-17,5	02.04.21	26.10.21
3.	Лиственничный лес	143	29	-18,5	07.04.21	26.10.21

*Средняя минимальная температура в январе для пробных площадей в березово-сосновом и лиственничном лесах рассчитывалась по 2021 и 2022 гг., а для сосново-широколиственного леса — только по 2021.

В целом, можно сделать выводы, что текущие климатические изменения предполагают увеличение температуры воздуха и количества зимних осадков при снижении летних осадков [5].

Это позволяет предположить дальнейшее распространение широколиственных видов в центральной части Южного Урала. Растущая аридизация климата может препятствовать поднятию границы распространения широколиственных древесных видов на высоких хребтах, таких как Большой Шатак. При этом наблюдаемое увеличение распространения хвойных видов на высотном градиенте будет усиливаться.

Источники финансирования работы:

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (№ 22-14-00003).

Список литературы:

1. Аненхонов О.А., Лю Х., Ху Г., Бадмаева Н.К. Мониторинг гидротермических условий в экспозиционной лесостепи Западного Забайкалья // Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. 2014. №3. С. 255–263.
2. Горчаковский П.Л. Растения европейских широколиственных лесов на Восточном пределе их ареала. Свердловск: Акад. наук СССР. Уральский филиал. Труды института экологии растений и животных, 1968. 207 с.
3. Широких П.С., Мартыненко В.Б., Баишева Э.З., Федоров Н.И., Мулдашев А.А., Наумова Л.Г. Разнообразие широколиственных и сосново-широколиственных лесов на восточной границе их распространения // Растительность России. 2021. №. 42. С. 63–117.
4. Moiseev P.A., Hagedorn F., Balakin D.S., Bubnov M.O., Devi N.M., Kukarskih V.V., Grigoriev A.A. Stand biomass at treeline ecotone in Russian Subarctic Mountains is primarily related to species composition but its dynamics driven by improvement of climatic conditions // Forests. 2022. V. 13, №. 2. P. 254.
5. The Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences on the territory of the Russian Federation, Moscow: Rosgidromet, 2022.
6. Wild J., Kopecky M., Macek M., Sanda M., Jankovec J., Haase T. Climate at ecologically relevant scales: A new temperature and soil moisture logger for long-term microclimate measurement // Agricultural and Forest Meteorology. 2019. V. 268. P. 40–47.

УДК 633.11:581.8

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КСИЛЕМЫ ЭПИКОТИЛЯ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

А.Е. Гаранжа, М.Ю. Касаткин

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

STRUCTURE FEATURES OF WHEAT EPICOTYL XYLEM OF DIFFERENT VARIETIES

A.E. Garanzha, M.Y. Kasatkin

Saratov State University, Saratov, Russia
anastasiagaranza39@gmail.com

Аннотация. Методом количественной гистологии изучались морфометрические параметры проводящей системы эпикотили различных по засухоустойчивости сортов мягкой пшеницы. Обнаружено, что процентное отношение суммы площадей люменов сосудов ксилемы к площади проводящего пучка больше у высокозасухоустойчивых сортов. Предлагается в качестве дополнительного критерия оценки потенциальной засухоустойчивости сорта яровой пшеницы использовать отношение суммарной площади просветов сосудов ксилемы к площади всего проводящего пучка.

Ключевые слова: метод количественной гистологии, эпикотиль пшеницы, ксилема, засухоустойчивые сорта.

В степи Поволжья, где засухи бывают разной интенсивности, их воздействие сильно влияет на объем и качество урожая яровой пшеницы. Один из ключевых факторов, обеспечивающих устойчивость пшеницы к засухам, – это развитие корневой системы [1]. Особенно важной в условиях сильной засухи является роль эпикотили – структуры, связывающей подземную

корневую систему с надземной частью растения. Имеются данные [2], указывающие на возможную связь между длиной эпикотилия, формированием глубокой корневой системы и способностью растений пшеницы переживать засухи. В связи с этим целью данного исследования было изучение особенностей анатомической структуры эпикотилия у сортов яровой пшеницы с разным уровнем засухоустойчивости.

Исследования проводились на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского. Объектом изучения являлись и сорта яровой пшеницы *Triticum aestivum* L.: Полтавка, Прохоровка, Саратовская 29, Саратовская 42, Саратовская 55, Саратовская 66, Саратовская 70, ЮВ-2. Все сорта пшеницы были получены из лаборатории селекции пшеницы НИИСХ Юго-Востока (Саратов).

Для изучения анатомической структуры эпикотилия использовался метод срезов на ручном микротоме с последующим заключением в глицерин-желатиновую среду по общепринятой методике. Морфометрические параметры анатомических структур на постоянных препаратах оценивались по их оцифрованным изображениям в программе ImageJ 1.54 для Windows согласно методике [3] количественной гистологии (Quantitative Histology). Данный подход сочетает в себе классический гистологический метод получения поперечных срезов с последующим анализом изображений для извлечения данных и автоматизации идентификации типа клеток. Предварительно количество точек растра фотографии препарата, снятом при определённом разрешении, сопоставлялось с истинными размерами объект-микрометра.

Объём выборки для статистических исследований n составляет 15–20 растений. Результаты исследований подвергались статистической обработке по Б.А. Доспехову [4] в пакете прикладных математических программ Scilab 6.1.0.

Особенности проводящей системы эпикотилей пшеницы представлены в таблице. Данная таблица представляет собой сравнительные данные по различным сортам мягкой пшеницы в отношении засухоустойчивости, характеристик проводящих пучков, площади пучков, площади просвета сосудов (люмена) ксилемы пучка, а также связанных параметров. Из данных видно, что сорт Саратовская 42 обладает наивысшей засухоустойчивостью и наибольшей суммарной площадью сосудов ксилемы. Сорт Прохоровка имеет наименьший процент площади люмена к площади проводящего пучка, а сорт Саратовская 70 демонстрирует низкую засухоустойчивость при сравнительно высоких значениях площади пучка.

Таблица. Особенности проводящей системы эпикотилия пшеницы

Сорт	Засухоустойчивость (баллы)	Число проводящих пучков	Площадь пучка, мкм ²	Сумма площадей люмена сосудов ксилемы пучка, мкм ²	Процент суммы площадей люмена сосудов от площади проводящего пучка
Саратовская 42	5	10,0	12 193 ± 443	4 131 ± 164	33,9
Саратовская 29	4	10,0	10 601 ± 314	3 068 ± 108	28,9
ЮВ-2	4	12,0	13 066 ± 477	3 815 ± 132	29,2
Прохоровка	4	10,0	14 313 ± 588	2 508 ± 116	17,5
Полтавка	3	10,0	13 094 ± 414	3 068 ± 108	23,4
Саратовская 55	3	9,0	13 573 ± 504	3 420 ± 144	25,2
Саратовская 66	3	8,0	11 196 ± 492	2 199 ± 150	19,6
Саратовская 70	3	10,0	13 512 ± 370	2 969 ± 141	22,0

Примечания:

- Засухоустойчивость оценена в баллах: 5 – высокая засухоустойчивость, 4 – средняя засухоустойчивость, 3 – низкая засухоустойчивость.

- Площади указаны в квадратных микрометрах (мкм²).

- Процент площади люмена к площади проводящего пучка вычислен как отношение суммы площадей люмена сосудов ксилемы к площади пучка, умноженное на 100%.

Для справки: 1 миллиметр (мм) равен 1200 пикселям (px), полученным по фото при увеличении 8x10; 1 мм равен 1000 микрометрам (мкм); и, таким образом, 1 пиксель (px) равен 1,2 микрометрам (мкм).

Согласно закону Пуазейля, проводимость воды по сосудам (объём протекающей жидкости) пропорциональна четвертой степени их радиуса [5]. Таким образом, чем больше размеры

люменов и число клеток ксилемы, тем выше проводящая способность стебля. Данный закон применяется, в первую очередь, для оценки параметров водопроведения ксилемы древесных растений. Однако, наши данные показывают, что данный принцип можно использовать и при анализе особенностей строения проводящей системы травянистых растений. Действительно, сорта с засухоустойчивостью выше средней имеют, как правило, большее количество проводящих пучков эпикотилия. Площадь пучка при этом не является определяющей и не связана со степенью засухоустойчивости сорта.

Наиболее характерным признаком для оценки потенциальной засухоустойчивости сорта, по нашему мнению, следует считать процент суммы площадей люмена сосудов от площади всего проводящего пучка. В этом случае, 29% и выше свидетельствуют о сильной засухоустойчивости сорта (Саратовская 42, Саратовская 29 и ЮВ-2). Сорт Прохоровка, который обнаруживает меньшие значения вышеуказанного параметра (17,5%) при средней засухоустойчивости и, уступающий сортам с низкой засухоустойчивостью по данному значению (19,6-23,4%), свидетельствует о том, что засухоустойчивость является комплексным показателем.

Тем не менее, литературные данные свидетельствуют о большом вкладе эпикотилия в общую продуктивность растения пшеницы, который становится особенно значительным при морфогенезе в условиях недостаточного увлажнения, при котором складывающиеся условия внешней среды накладывают ограничения на формирование и физиологическую деятельность узловых корней [1, 6]. В этом случае, формирование генеративной сферы побега целиком определяется состоянием зародышевой корневой системы.

Таким образом, можно предложить в качестве дополнительного критерия оценки потенциальной засухоустойчивости сорта яровой пшеницы использование отношения суммарной площади просветов сосудов ксилемы к площади всего проводящего пучка.

Список литературы:

1. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М.: Агропромиздат, 1985. 270 с.
2. Сергеева С.И., Чекуров В.М. Взаимосвязь между размерами эпикотилия, корневой системы и засухоустойчивостью растений пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 1994. № 3. С. 115–119.
3. De Lucas M., Etchells J.P. Xylem: Methods and Protocols, Humana Press, 2017. 257 p.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропроиздат, 1985. 333 с.
5. Шипицына Е.Ю., Сви́дерская И.В., Суховольский В.Г. Формирование структуры годичного кольца хвойных: оптимизационное математическое моделирование // Матем. биол. и биоинформатика. 2007. Т. 2, № 2, С. 319–326.
6. Касаткин М.Ю. Физиология фоторегуляции морфогенеза пшеницы. Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2017. 130 с.

УДК 581.52:

О КОНЦЕПЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ (РАЙОН ШИРОКОЛИСТВЕННО-ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО УРАЛА)

Ю.П. Горичев

Южно-Уральский государственный природный заповедник,
Республика Башкортостан, д. Реветь, Россия

ON THE CONCEPT OF THE REGIONAL ECOLOGICAL MESOCLIMATIC SCALE (THE AREA OF BROAD-LEAVED DARK CONIFEROUS FORESTS OF THE SOUTHERN URALS)

Yu.P Gorichev

South Ural State Nature Reserve, Republic of Bashkortostan, Revet village, Russia
gorichev-1997@mail.ru

Аннотация. Представлена концепция региональной экологической мезоклиматической шкалы для района широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала. Шкала включает 2 амплитудные шкалы – теплообеспеченности и контрастности термического режима.

Экологические ряды на градиентах теплообеспеченности и контрастности мезоклимата построены на основе системы климатопов, выделенных в данном регионе. Представленный вариант региональной мезоклиматической шкалы отражает высотную дифференциацию видов, что крайне важно для горных областей.

Ключевые слова: региональная мезоклиматическая шкала, Южный Урал.

Известные и широко используемые экологические шкалы, характеризующие климатические условия, часто, не вполне адекватно отражают региональные особенности пространственного, в т. ч. высотного распространения видов. Актуальным является создание региональных экологических шкал, задачей которых является выявление реальных диапазонов экологических факторов в регионах [1].

В данной статье представлена концепция региональной экологической мезоклиматической шкалы для района широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала. Экологические ряды режима тепла, а также контрастности мезоклиматов построены на основе системы экотопов-климатопов, выделенных в данном регионе [2].

Выделенные 4 группы климатопов получили условные наименования: «холодные», «контрастно-холодные», «прохладные» и «теплые» [2]. Климатопы различаются параметрами теплообеспеченности и контрастностью термического режима. Инструментальными 4-летними (2013-2016 гг.) наблюдениями установлены мезоклиматические параметры климатопов (табл. 1). Контрастно-холодные климатопы, занимающие днища горных долин, расположенных на высоте от 200 до 300 м н.у.м., характеризуются контрастным термическим режимом с максимальными амплитудами температур, частыми весенними и осенними заморозками, а также низкими параметрами теплообеспеченности. Имеющие наибольшее распространение прохладные климатопы, занимающие горные склоны на высотах от 350 до 700 м н.у.м., характеризуются более низкими показателями теплообеспеченности и смягченным термическим режимом. В пределах высотного пространства, занимаемого прохладными климатопами, локально, по вершинам невысоких гор и гребням увалов на высотах от 400 до 600 м н.у.м. распространены теплые климатопы, характеризующиеся наиболее высокими показателями теплообеспеченности и среднеконтрастным термическим режимом. Холодные климатопы, занимающие вершины и гребни высоких хребтов на высотах от 750 до 900 м н.у.м. характеризуются низкими параметрами теплообеспеченности и наименее контрастным термическим режимом. Перечисленные климатопы отражают высотную дифференциацию мезоклиматов, образуя специфический высотный спектр, снизу вверх: контрастно-холодные – прохладные – теплые – прохладные – холодные. Спектр обусловлен воздействием температурных инверсий. Кроме упомянутых групп климатопов, в регионе локально распространены климатопы, условно названные «жаркими». Они занимают инсолируемые крутые склоны на всем высотном пространстве. Их количественные параметры не установлены, но по оценочным данным они имеют наиболее высокие показатели теплообеспеченности (сумма температур за вегетационный период свыше 2500°C) и характеризуются контрастным термическим режимом.

Таблица 1. Мезоклиматические параметры климатопов (средние значения за 2013–2016 гг.)

Показатели	Климатопы			
	контрастно-холодные	холодные	прохладные	теплые
Среднегодовая температура воздуха, °C	1,8	2,0	3,2	4,6
Среднемесячная температура самого холодного месяца, °C	–14,9	–13,8	–13,2	–12,9
Среднемесячная температура самого теплого месяца, °C	16,7	17,8	18,7	20,7
Суточная амплитуда температуры, °C	9,9	6,1	7,9	8,9
Месячная амплитуда температуры, °C	29,4	22,5	25,2	27,3
Продолжительность вегетационного периода, дни	115	121	125	143
Сумма температур за вегетационный период, °C	1718	1743	1976	2394
Продолжительность безморозного периода, дни	90	136	145	147

С каждой из групп климатопов связано распространение определенной лесной формации. Холодные и контрастно-холодные климатопы занимают ассоциации темнохвойных лесов, теплые климатопы – ассоциации широколиственных лесов, прохладные климатопы – ассоциации широколиственно-темнохвойных лесов, жаркие климатопы занимают сосновые насаждения и кустарниковые сообщества.

Климатопы образуют экологические ряды на градиентах теплообеспеченности и контрастности (континентальности) мезоклимата. Это предопределяет возможность их использования в качестве градаций (ступеней) в мезоклиматической шкале. Положение климатопов на шкале континентальности осуществляется на основе параметров контрастности термического режима – суточной и месячной амплитуд температур.

Границы региона очерчиваются географическими границами ареалов лесообразующих видов: северная и восточная границы – восточной границей ареалов дуба черешчатого и клёна остролистного, южная и западная границы – западной границей ареалов пихты сибирской и ели сибирской.

По шкалам Д.Н. Цыганова [3] определены региональные диапазоны климатических режимов. Диапазон по термоклиматической шкале (Тм) – от мезобореального (северный предел распространения дуба и клёна остролистного) до северонеморального (южный предел распространения пихты и ели сибирской). Кроме того в регионе распространены экотопы, характеризующиеся южнонеморальным терморезимом. Таким образом региональный диапазон охватывает 5 терморезимов с балловым диапазоном от 6 до 10. Региональный диапазон по шкале континентальности климата (Кп) включает 3 режима с балловым диапазоном от 10 до 12: от полуконтинентального (западный предел распространения пихты сибирской) до мезоконтинентального (восточный предел распространения дуба и клёна).

Исходя из региональных климатических диапазонов определены положения климатопов на градиентах теплообеспеченности (табл. 2) и континентальности климата (табл. 3). Центральное положение в регионе занимают прохладные климатопы, занятые ассоциациями широколиственно-темнохвойных лесов. Их мезоклиматы отражают зональный бореонеморальный термическим режим и субконтинентальный режим континентальности климата. Холодные и контрастно-холодные климатопы, занятые ассоциациями темнохвойных лесов отражают криофильные термические режимы - соответственно мезобореальный полуконтинентальный и суббореальный мезоконтинентальный. Теплые климатопы, занятые ассоциациями широколиственных лесов, отражают условия термофильного северонеморального субконтинентального термического режима, жаркие климатопы отражают условия южнонеморального мезоконтинентального термического режима.

Таблица 2. Режимы климатопов по термоклиматической шкале Д.Н. Цыганова

Режим тепла	Баллы	Климатопы
Мезобореальный (+b)	6	Холодные
Суббореальный (b)	7	Контрастно-холодные
Бореонеморальный (b+N)	8	Прохладные
Северонеморальный (N)	9	Теплые
Южнонеморальный (N+m)	10	Жаркие

Таблица 3. Режимы климатопов по шкале континентальности климата Д.Н. Цыганова

Режим континентальности	Баллы	Климатопы
Полуконтинентальный (M+k)	10	Холодные
Субконтинентальный (k)	11	Прохладные, теплые
Мезоконтинентальный (k+K)	12	Контрастно-холодные, жаркие

Ниже в табл. 4 приведены региональные экологические амплитуды основных лесообразующих видов.

Таблица 4. Экологические амплитуды лесообразующих видов в баллах

Вид	по фактору теплообеспеченности		по фактору континентальности климата	
	шкала Цыганова Тм	регион. шкала	шкала Цыганова Кп	регион. шкала
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	4-8	6-8	9-14	10-12
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	4-8	6-7	5-15	10-12
<i>Quercus robur</i> L.	6-12	8-10	4-12	10-11
<i>Acer platanoides</i> L.	6-11	8-9	5-12	10-11
<i>Tilia cordata</i> Mill.	6-12	8-9	3-11	10-11
<i>Populus tremula</i> L.	4-12	6-10	3-15	10-12
<i>Betula pendula</i> Roth	4-12	6-10	3-14	10-12
<i>Pinus sylvestris</i> L.	4-13	6-10	4-15	10-12

В заключении следует заметить, что термоклиматическая шкала Д.Н. Цыганова не отражает закономерности высотной дифференциации видов в горных областях, как это имеет место в шкалах Э. Ландольта [4]. Результаты исследований, проведенных в Южно-Уральском регионе, показали более высокую эффективность шкал Э. Ландольта [5]. Использование системы климатопов в региональной шкале позволит повысить информативность, а также объективность в оценке экологических режимов.

Список литературы:

1. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола: Марийский гос. университет, 2010. 368 с.
2. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Алибаев Ф.Х., Кулагин А.Ю. Широколиственно-темнохвойные леса Южного Урала: пространственная дифференциация, фитоценотические особенности и естественное возобновление. Уфа: Гилем, 2012. 176 с.
3. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.
4. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. N. 64. S. 1–208.
5. Миркин Б.М., Мартыненко В.Б., Широких П.С., Наумова Л.Г. Анализ факторов, определяющих видовое богатство сообществ лесов Южного Урала // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71, № 2. С.131–143.

УДК 581.8

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС ПРОДУКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

А.А. Гребенкина, В.В. Коробко

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

MORPHOGENETIC PRODUCTIVITY INDEX OF SOME DURUM WHEAT VARIETIES OF SARATOV BREEDING

A.A. Grebenkina, V.V. Korobko

Saratov State University, Saratov, Russia
griebionkina02@mail.ru

Аннотация. Объектом исследования служили три сорта твердой пшеницы саратовской селекции, которые в условиях 2020 г. (сорт Луч 25) и 2021 г. (Золотая волна, Николаша) являлись сбалансированными по элементам продуктивности колоса. В работе приведены морфометрические данные растений сортов Луч 25, Золотая волна, Николаша в условиях 2023 года: длина побега и колоса, масса зерновки, количество зерновок в колосе. Расчитаны показатели морфогенетического индекса продуктивности и проведен анализ изменения данного показателя у растений изученных сортов в период 2020-2023 гг.

Ключевые слова: *Triticum durum* Desf., морфогенетический индекс продуктивности.

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 [1-3]. При оценке продуктивности во взаимосвязи «генотип-среда» часто применяются селекционные индексы [4-6], в том числе морфогенетический индекс продуктивности [6, 7], информативность которого подтверждается высоким коэффициентом корреляции между ним и урожайностью сорта.

Объекты изучения – растения трех сортов яровой твердой пшеницы *Triticum durum* Desf. – Луч 25, Золотая волна, Николаша, созданные сотрудниками лаборатории твердой пшеницы ФГБУ «ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА»; сорт Николаша – совместно с ГНУ Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Культивирование растений осуществлялось в полевых условиях. Исследования проводились на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского.

Отбор проб проводили в конце вегетационного периода (n=30). Измеряли высоту растения, длину побега, длину колоса, количество колосков в колосе, количество озерненных и неозерненных колосков, массу зерновки. По полученным данным определяли морфогенетический индекс продуктивности (МИП) по формуле: $МИП = (n1 \times k1 + n2 \times k2 + \dots + n6 \times k6) / n1 + n2 + \dots + n6$, где n – число растений соответствующего класса вариационного ряда элемента продуктивности побега, k – класс вариационного ряда [7, 8].

В условиях 2023 года высота растений изученных сортов достигала $91,4 \pm 1,9$ см (сорт Луч 25) – $102,3 \pm 3,1$ см (сорт Золотая волна); при этом длина колоса составила от $7,0 \pm 0,5\%$ длины растения у сорта Золотая волна до $8,6 \pm 0,5\%$ от длины растения у сорта Луч 25 (рисунок).

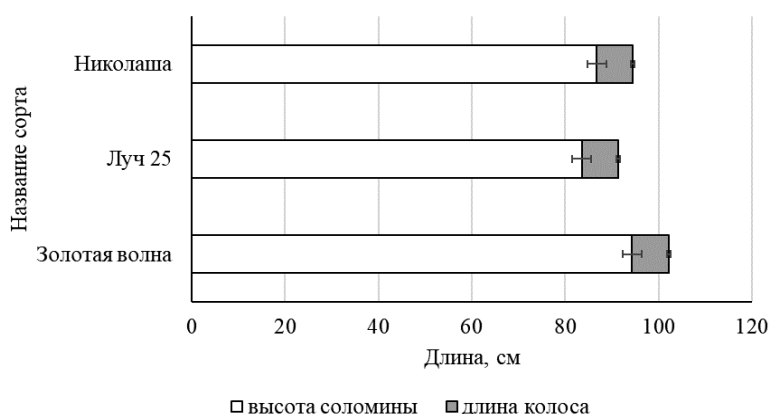


Рисунок. Высота растений твердой пшеницы (2023 г.)

МИП по длине побега у растений сортов Николаша и Луч 25 в условиях 2023 года имеет минимальное значение за период исследования, тогда как у сорта Золотая волна данный индекс продуктивности превышает значения 2020 и 2021 гг. (табл. 1.). Морфогенетический индекс продуктивности по длине колоса в 2023 г. у изученных сортов составил 2,7-3,0, что ниже показателей 2020 и 2021 гг.

Таблица 1. Значения морфогенетического индекса продуктивности сортов по элементам продуктивности

Элемент продуктивности	Золотая волна			Николаша			Луч 25		
	2020	2021	2023	2020	2021	2023	2020	2021	2023
Количество колосков	3,0	4,4	3,4	3,4	4,4	3,5	4,0	2,8	3,2
Количество зерновок	3,2	3,3	2,5	4,5	4,1	3,7	3,2	3,6	3,1
Масса зерновок	4,0	2,9	4,0	4,3	4,4	4,3	3,2	3,0	4,4
Длина побега	3,8	2,4	4,1	4,2	5,3	2,9	3,5	4,7	2,8
Длина колоса	3,0	3,7	2,7	3,7	3,6	3	3,5	3,5	2,8

Сравнение результатов исследования 2020, 2021 и 2023 гг. показало, что значение МИП по длине побега у трех исследуемых сортов варьирует значительно (коэффициент варьирования составил 26-29%); тогда как варьирование показателя МИП по длине колоса среднее (коэффициент варьирования 11-16%).

В 2023 году количество колосков в колосе составило от $32 \pm 2,7$ (сорт Золотая волна) до $35 \pm 1,1$ (сорт Николаша) шт., при этом количество неозерненных колосков не превышает 2 шт. (таблица 2). Минимальным количеством зерновок в колосе характеризуются растения сорта Луч 25 ($45 \pm 4,1$ шт.), максимальным – сорта Николаша ($49 \pm 3,8$ шт.). Сорт Николаша также свойственна наибольшая масса зерна в колосе ($2,3 \pm 0,3$ г.). Наибольшим значением МИП по количеству колосков, зерновок характеризуются растения сорта Николаша; по массе зерновки – Луч 25.

Таблица 2. Развитие структурных элементов продуктивности колоса (2023 г.)

Сорт	Количество неозерненных колосков, шт.	Количество озерненных колосков, шт.	Количество зерновок в колосе, шт.	Масса зерновок одного колоса, г	Масса зерновки, г
Золотая волна	$1,4 \pm 0,4$	$30,5 \pm 2,6$	$46,1 \pm 5,3$	$2,1 \pm 0,3$	$0,044 \pm 0,003$
Николаша	$1,6 \pm 0,5$	$33,3 \pm 2,1$	$49,0 \pm 3,8$	$2,3 \pm 0,3$	$0,047 \pm 0,003$
Луч 25	$2,1 \pm 0,6$	$32,3 \pm 2,0$	$45,1 \pm 4,1$	$2,18 \pm 0,3$	$0,048 \pm 0,004$

Анализ динамики МИП по структурным элементам колоса позволил выявить сорта, данный показатель по числу колосков у которых продемонстрировал в 2020, 2021, 2023 гг. наибольшую стабильность значения – это сорта Николаша и Луч 25 (коэффициент варьирования 9%); среднее варьирование показателя отмечено у растений сорта Золотая волна (коэффициент варьирования 14%). Варьирование показателя МИП по количеству колосков в колосе среднее у растений сортов Луч 25 и Николаша (коэффициент варьирования 15-18%) и значительное у сорта Золотая волна (коэффициент варьирования 21%).

Изученные сорта существенно отличались по динамике изменения показателя морфогенетического индекса продуктивности в период проведения исследования (2020-2023 гг.) по массе зерновки: растениям сорта Николаша характерна слабая изменчивость показателя в период исследования (коэффициент варьирования 1%), растениям сорта Золотая волна – среднее варьирование (коэффициент варьирования 18%), а растениям сорта Луч 25 – значительное (коэффициент варьирования 22%; при этом максимальное значение данного показателя отмечается в 2023 г.)

Для выявления сортов, характеризующихся сбалансированным типом морфогенетических систем, на основе полученных показателей МИП и в соответствии с существующей методикой [7], построены вариационные кривые, отражающие формирование элементов продуктивности колоса каждого сорта в условиях 2023 г. На распределение растений в агропопуляции по классам вариации элементов продуктивности колоса существенно влияют условия вегетации: в благоприятных условиях доля растений более высокого класса вариации увеличивается [8, 9]. Ранее проведенные исследования 14 сортов твердой пшеницы показали, что сорт Луч 25 характеризуется как сбалансированный по элементам продуктивности колоса в условиях 2020 г, а в 2021 году к сортам со сбалансированным типом морфогенетических систем по элементам продуктивности колоса относились сорта Николаша и Золотая волна [10]. В условиях 2023 года вегетации сорта Луч 25, Николаша, Золотая волна сбалансированными по элементам продуктивности колоса – количеству колосков, зерновок, массе зерновок – не являются.

Список литературы:

1. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М.: Агропромиздат, 1985. 270 с.
2. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г., Грошева Т. Д. Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы и составляющие ее элементы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3, Т. 43. С. 64–71.
3. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 123 с.

4. Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и теория селекционных индексов // Экологическая генетика культурных растений: сб. докладов на Школе молодых ученых по экологической генетике. Краснодар: ВНИИ риса/ 2012. С. 31–50.
5. Ивлева М.В. Структура элементов продуктивности озимой пшеницы сортов саратовской селекции: специальность 03.02.01 "Ботаника": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Саратов, 2013. 20 с.
6. Prokhorova T.M., Kharitonova M.V., Stepanov S.A., Kasatkin M. Yu., Korobko V.V. Morphogenetic productivity index of winter soft wheat // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2022. № 979. 012066.
7. Степанов С.А., Сигнаевский В. Д., Касаткин М. Ю., Ивлева М. В. Формирование элементов продуктивности колоса яровой мягкой пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2013. Вып.1. Т. 13. С. 65–70.
8. Морозова З.А. Морфогенетический анализ в селекции пшеницы. М.: МГУ, 1983. 77 с.
9. Горюнов, А.А., Ивлева М.В., Степанов С.А. Особенности распределения растений в агропопуляции пшеницы по классам вариации элементов продуктивности колоса // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2012. № 10. С. 213–224.
10. Хачатуров Э.Г., Козлов А.А., Коробко В.В. Оценка яровой твердой пшеницы сортов саратовской селекции по морфогенетическому индексу продуктивности / Исследования молодых ученых в биологии и экологии - 2022: сборник научных статей. Саратов: Амирит, 2022. С. 111–112.

УДК 574.583:574.21:574.633

ВЕСЕННИЙ ФИТОПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОДЫ ЧУДСКО-ПСКОВСКОГО ОЗЕРА

Т.В. Дрозденко

Псковский государственный университет, Псков, Россия

SPRING PHYTOPLANKTON AND WATER QUALITY OF PEIPSI-PSKOV LAKE

T.V. Drozdenko

Pskov State University, Pskov, Russia

tboichuk@mail.ru

Аннотация. Цель работы заключалась в исследовании фитопланктона и качества воды Чудско-Псковского озера в мае 2022 года. Обнаружено 168 видовых таксонов водорослей из 8 отделов. Флористический комплекс альгофлоры характеризовался как диатомово-хлорофитово-цианобактериальный. Степень общности видового состава фитопланктонных сообществ Псковского и Чудского озер была высокой (73,2%). Средняя численность фитопланктона в акватории составила 14,4 млн. кл./л, биомасса – 1,7 г/м³. Индекс сапробности (1,88) свидетельствовал об умеренном загрязнении озера (III класс качества).

Ключевые слова: фитопланктон, мониторинг, качество воды, Чудско-Псковское озеро.

Для оценки экологического состояния водоемов широко используют качественные и количественные характеристики развития фитопланктона. Планктонные водоросли чутко реагируют на малейшие изменения водной среды и служат индикаторами качества всей водной экосистемы [1].

Цель настоящей работы состояла в исследовании показателей развития фитопланктона и качества воды Чудско-Псковского озера в весенний период 2022 года.

Материалом для работы послужили интегрированные пробы фитопланктона, отобранные батометром Паталаса в мае 2022 года с 11 постоянных станций Чудско-Псковского озера (рис. 1). Камеральная обработка проб осуществлялась общепринятым способом [2]. Количественный учет и идентификация микроводорослей проводились в камере Нажотта (0,05 мл). При выделении видовых таксонов водорослей придерживались системы международного сайта AlgaeBase [3]. Биомасса фитопланктона определялась методом подбора геометрических фигур [2]. Анализ сходства видового состава фитопланктонных сообществ проводился с использованием индекса Сьеренсена [4]. Для сапробиологического анализа применялись метод Пантле-Букк [5] и данные монографий [6, 7]. Класс качества вод устанавливался, основываясь на эколого-санитарной

классификации [8].

В мае 2022 г. в акватории Чудско-Псковского озера было зарегистрировано 168 таксонов микроводорослей рангом ниже рода (в Псковском озере – 128, в Чудском – 137) из 8 отделов. В зависимости от станции исследования количество видовых таксонов изменялось от 69 до 88 в Псковском озере и от 51 до 80 – в Чудском. Согласно индексу Сьеренсена степень общности видового состава планктонных альгофлор Псковского и Чудского озер была достаточно высокой и составляла 73,2%. Общими для обеих акваторий являлись 97 видов фитопланктона. Флористический комплекс альгофлоры составляли отделы Bacillariophyta, содержащий 61 видовой таксон (36,3% от общего числа видов), Chlorophyta – 49 видов (29,2%) и Cyanobacteria – 30 видов (17,9%). Наиболее представительными родами диатомовых водорослей были *Aulacoseira* (7 видов), *Fragilaria* (6), *Navicula* (5) и *Nitzschia* (4), зеленых – род *Desmodesmus* (7), цианобактерий – *Aphanocapsa* (4) и *Microcystis* (5). На охрофитовые водоросли приходилось 8,3% от общего числа видовых таксонов. Микроводоросли остальных отделов заметный вклад в видовое разнообразие альгофлоры не вносили. Таким образом, весенняя планктонная альгофлора Чудско-Псковского озера характеризовалась как диатомово-хлорофитово-цианобактериальная, как и весной 2020-2021 гг. [1, 9].

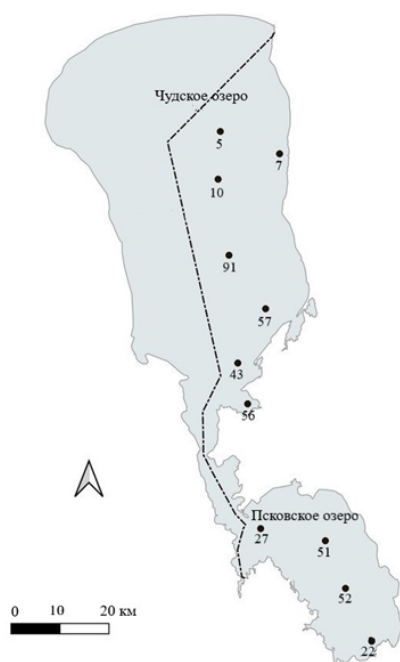


Рисунок 1. Станции отбора проб фитопланктона

Численность весеннего фитопланктона изменялась от 723,3 тыс. кл./л на ст. 7 до 39,6 млн. кл./л на ст. 22 (таблица), составляя в среднем по Псковскому озеру 25,6 млн. кл./л, Чудскому – 7,9 млн. кл./л.

Средняя численность фитопланктона по всей акватории достигала 14,4 млн. кл./л, что в 6,8 раз превышает значения, полученные в мае 2020 и 2021 гг. [1, 9].

Наибольший вклад в численность вносили цианобактерии. Их доля изменялась от 69,4 % от общей численности на ст. 5 до 91,6 % на ст. 22. В среднем по всем станциям численность цианобактерий составляла 85,1 % от

общей. Среди доминант в зависимости от станций отмечались представители родов *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Woronichinia*, *Microcystis*, *Snowella*. Вклад в численность представителей отдела Bacillariophyta составил в среднем 5,4 %, Chlorophyta – 6,5 % (таблица). Остальные отделы ощутимую роль в численности альгофлоры озера не играли.

Биомасса фитопланктона варьировала от 164,8 мг/м³ на ст. 7 до 3,7 г/м³ на ст. 22, составляя в среднем 1,7 г/м³ (в Псковском озере – 2,9 г/м³, в Чудском – 923,4 мг/м³) (таблица). В мае 2021 г. значение средней биомассы фитопланктона по акватории было в 1,4 раза меньше и составляло 1,2 г/м³ (в Псковском озере – 1,2 г/м³ (в 2,4 раза меньше, чем в 2022 г.), в Чудском – 1,2 г/м³ (в 1,3 раза больше, чем в 2022 г.)) [9].

Наибольший вклад в биомассу вносили диатомовые водоросли: от 42,9% на ст. 56 до 79,7% на ст. 51. Средняя биомасса диатомей по всей акватории составила 63,6% от общей (таблица). Преобладали виды родов: *Aulacoseira*, *Cyclotella*. Биомасса представителей отдела Chlorophyta в весенней альгофлоре варьировала от 5,7% на ст. 51 до 38,3% на ст. 57. Лидирующие по численности цианобактерии в весенний период в биомассу фитопланктона вносили 1,3-11,6%.

Согласно проведенному сапробиологическому анализу, большинство водорослей являлись бета-мезосапробионтами. Значения индексов сапробности по Пантле-Букк варьировали от 1,63 на ст. 57 до 2,06 на ст. 56. Среднее значение индекса сапробности в Псковском озере составило $1,90 \pm 0,07$, в Чудском – $1,87 \pm 0,13$ (среднее по акватории – $1,88 \pm 0,12$), что позволило отнести воды озера к бета-мезосапробной зоне самоочищения, III классу качества чистоты вод.

Таблица. Численность (тыс. кл./л) и биомасса (мг/м³) фитопланктона Чудско-Псковского озера («итого» с учетом неидентифицированных жгутиковых), май 2022 г.

№ стан-ции	Отделы водорослей								итого
	Cyanobacteria	Euglenozoa	Ochrophyta	Charophyta	Bacillariophyta	Miozoa	Cryptophyta	Chlorophyta	
22	<u>36257,8</u> 426,2	<u>17,8</u> 31,3	<u>44,4</u> <u>15,6</u>	:- -	<u>960,0</u> 2113,8	<u>8,9</u> 7,1	<u>568,9</u> 792,9	<u>1697,8</u> 275,2	<u>39591,1</u> 3664,9
52	<u>14286,7</u> 47,7	<u>13,3</u> 23,5	<u>53,3</u> 10,1	<u>13,3</u> 1,4	<u>866,7</u> 1141,9	<u>6,7</u> 13,3	<u>113,3</u> 115,5	<u>853,3</u> 177,4	<u>16286,7</u> 1548,4
51	<u>17760,0</u> 247,1	<u>13,3</u> 23,5	<u>160,0</u> 29,2	:- -	<u>2506,7</u> 2534,6	:- -	<u>106,7</u> 162,0	<u>1253,3</u> 180,0	<u>21933,3</u> 3181,6
27	<u>20133,3</u> 170,8	:- -	<u>160,0</u> 14,7	<u>13,3</u> 60,0	<u>1386,7</u> 2208,3	<u>13,3</u> 26,7	<u>306,7</u> 404,7	<u>2666,7</u> 417,5	<u>24680,0</u> 3302,5
56	<u>25360,0</u> 97,6	:- -	<u>586,7</u> 53,1	<u>13,3</u> 60,0	<u>826,7</u> 1090,4	:- -	<u>146,7</u> 224,7	<u>973,3</u> 579,9	<u>29306,7</u> 2599,1
43	<u>6648,9</u> 58,5	:- -	<u>160,0</u> 33,7	:- -	<u>791,1</u> 924,8	:- -	<u>53,3</u> 60,0	<u>862,2</u> 413,2	<u>8595,6</u> 1493,4
57	<u>6991,1</u> 30,6	:- -	<u>44,4</u> 4,3	<u>4,4</u> 20,0	<u>391,1</u> 450,9	:- -	<u>40,0</u> 10,4	<u>848,9</u> 321,2	<u>8146,7</u> 838,5
91	<u>3257,8</u> 38,7	:- -	<u>53,3</u> 9,9	:- -	<u>360,0</u> 544,6	<u>4,4</u> 8,7	<u>48,9</u> 2,4	<u>542,2</u> 201,8	<u>4306,7</u> 807,8
10	<u>2133,3</u> 19,8	:- -	<u>53,3</u> 10,7	:- -	<u>257,8</u> 251,7	:- -	<u>13,3</u> 8,7	<u>240,0</u> 35,8	<u>2777,8</u> 329,8
5	<u>1073,3</u> 9,37	<u>2,2</u> 2,7	<u>24,4</u> 2,1	:- -	<u>195,6</u> 170,5	:- -	<u>22,2</u> 10,2	<u>215,6</u> 34,7	<u>1546,7</u> 230,1
7	<u>515,6</u> 2,2	:- -	<u>12,2</u> 1,9	:- -	<u>62,2</u> 122,2	:- -	<u>34,4</u> 5,3	<u>84,4</u> 32,6	<u>723,3</u> 164,8
Сред-нее	12219,8± <u>11077,2</u> 104,4± 124,3	<u>4,2±6,6</u> 7,4± 11,7	122,9± <u>156,1</u> 16,8± 15,0	<u>4,0±5,8</u> 12,9± 22,9	<u>782,3±663,9</u> 1050,3± 830,6	<u>3,0±4,5</u> 5,1±8,2	132,2± <u>159,5</u> 163,3± 232,2	930,7± <u>712,3</u> 242,7± 170,7	14354,1± <u>12375,8</u> 1651,0± 1257,9

Примечание. В числителе указаны значения численности, в знаменателе – значения биомассы

Источники финансирования работы:

Исследование частично выполнено за счет гранта Псковского государственного университета (проект «Экологический мониторинг дельты реки Великой по структуре и физиологической активности фитопланктона и показателям качества воды»).

Список литературы:

1. Дрозденко Т.В., Александрова С.М., Антал Т.К. Фитопланктон и экологическое состояние Чудско-Псковского озера // Экосистемы. 2023. № 34. С. 36–43.
2. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Изд-во «Университет и школа», 2003. 157 с.
3. AlgaeBase. 2020. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Accessed at: <http://www.algaebase.org>.
4. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л., 1980. 176 с.
5. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // Gas und Wasserbach. 1955. Bd. 96, № 18. P. 604.
6. Судницына Д.Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков: ООО «ЛОГОС Плюс», 2012. 224 с.
7. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть III. Методы биологического анализа вод. Атлас сапробных организмов. М., 1977. 227 с.
8. Оксюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
9. Drozdenko T., Fedorov S., Kek I. Seasonal dynamics of phytoplankton and some hydrochemical indicators of the Peipsi-Pskov Lake / Environment. Technology. Resources: Proceeding of the 13th International Scientific and Practical Conference. June 17-18, 2021. Vol. 1. Rezekne: Rezekne Academy of Technologies, 2021. P. 50–54. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2021vol1.6557>

ДИНАМИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ СТЕПНОГО СУРКА НА ТЕРРИТОРИИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Дудников, С.В. Титов

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

DYNAMICS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF STEPPE MARMOT SETTLEMENTS IN THE SAMARA REGION

A.A. Dudnikov, S.V. Titov

Penza State University, Penza, Russia

dudnikov1511@yandex.ru

Аннотация. Байбак является видом-эдификатором для степных экосистем Среднего Поволжья, которые сильно подвержены преобразующему антропогенному влиянию, также степной сурок является участником ряда биоценотических связей с другими животными степей. В поселениях сурков в отличие от прилегающих фитоценозов флора часто богаче и разнообразнее [1, 2]. Учитывая это, изучение состояния поселений байбака является важной научной и природоохранной задачей. Со второй половины 70х годов 20 века началась масштабная реакклиматизация степного сурка в том числе и на территории современной Самарской области, где в этот период было выпущено 929 особей в 29 точек 12 районов [3]. По имеющимся у охотников данным, до 2000 г. в Самарскую область было заселено 1620 особей байбака [4].

Ключевые слова: степной сурок, поселение, распространение, Самарская область.

Целью работы было получение актуальных данных по распространению сурка на территории Самарской области и сравнения их с результатами исследований 2012 года. Исследования по распространению байбака в Самарской области были проведены в весенне-летний период 2023 года методом маршрутно-площадочного учета семей в 12 районах, в которых обитает степной сурок. Изучено современное состояние ареала степного сурка в Самарской области. В окрестностях 65 географических точек обнаружены поселения байбака. Среднее число зверьков в семье было вычислено по данным учета сурков в Самарской области 2009 года, этот показатель составил 3.9 особей на семью. Общее количество учтенных семейных участков составило 1991 при общей оценочной численности 7764 особей. В работе приведена краткая таблица поселений степного сурка в Самарской области (таблица).

Таблица. Сравнительная численность поселений сурка Самарской области в 2012-23 гг.

N п/п	Адрес	Число сем.уч., шт. (2012 г.)	Оценка числ-ти, ос. (2012 г.)	Число сем. уч., шт. (2023 г.)	Оценка числ-ти, ос., (2023 г.)	Характеристика биотопов на территории поселений*
Алексеевский район (n=10/ 10 сем. уч.)						
1	Окр. пос. Гавриловский	10	39	10	39	ОПУ
Большеглушицкий район (n=6/ 83** сем. уч.)						
2	Окр-ти пос.Каменнодольск	6	23	83**	324	ОСКЛ
3	Окр. с. Таш-Кустяново	-	3***	0	0	ОСКЛ
Большечерниговский район (n=103/ 139 сем. уч.)						
4	Окр. пос. Поляков	36	143***	32	125	ОСКЛ, СПП
5	Окр. пос. Алексеевский	17	70***	17	66	СПП, ОПУ, СЗиН
6	Окр. пос. Восточный	11	43	51	199	ОПУ, СЗиН
7	Окр. пос. Верх. Росташи	39	145***	39	152	СПП, ОСКЛ, СЗиН
Иса克林ский район (n=74/ 67 сем. уч.)						
8	Окр. с. Исаклы	32	125	18	60	СБС
9	Окр. с. Смольково	7	27	6	23	ОСКЛ
10	Окр. с. Бол. Микушино	35	27	35	27	ОСКЛ
11	Окр. пос. Зеленовский	-	-	3	12	ОСКЛ
12	Окр.с. Багряш	-	-	5	20	МОСКЛ

Камышлинский район (n=241/ 227 сем. уч.)						
13	Окр. с. Степановка	3	12	2	8	ОСКЛ
14	Окр. с. Старая Балыкла	99	386	99	386	МОСКЛ
15	Окр. пос. Чулпан	79	308	74	289	МОСКЛ
16	Окр. с. Камышла	60	234	52	203	МОСКЛ
Кинельский район (n=2/ 0**сем. уч.)						
17	Окр. с. Алакаевка	2	8	0**	0**	МОСКЛ
Клявлинский район (n=192/ 219 сем. уч.)						
18	Окр. с. Старые Сосны- с. Красная Елга	5	20	20	78	МОСКЛ
19	Окр. с. Стар. Маклауш	12	47	12	47	МОСКЛ
20	Окр. с. Петровка	20	78	20	78	МОСКЛ
21	Окр. с. Елизаветинка-с. Назаровка	50	195	58	226	МОСКЛ
22	Окр. ст. Клявлино	68	266	68	266	МОСКЛ, ОСКЛ
23	Окр. с. Борискино- Игар	37	145	34	137	МОСКЛ, ОСКЛ
24	Окр. с. Стар. Резяпкино	-	-	7	27	ОСКЛ, поле
Пестравский район (n=510/ 215** сем. уч.)						
25	Окр. с. Пестровка	20	79**	35	136	СХД
26	Окр. Овр. Любимый	-	-	18	70	СХД
27	Окр. с. Михайло- Овсянка	490	1950	162**	631	СХД
Похвистневский район (n=101/ 94 сем. уч.)						
28	Окр. с. Султангулово	19	74	19	74	МОСКЛ
29	Окр. с. Староганькино	10	39	10	39	МОСКЛ
30	Окр. ур. Мазгут	22	86	18	70	МОСКЛ
31	Окр. с. Исаково	30	117	42	164	МОСКЛ
32	Окр. с. Кротково	20	79			
33	Окр. с. Алешкино	-	-	5	20	МОСКЛ
Сызранский район (n=146/ 140 сем. уч.)						
34	Окр. пос. Новокашпирский	35	137	35	137	МОСКЛ
35	Окр. с. Нов. Рачейка	37	144	37	144	СХД
36	Окр. с. Губино	10	40	16	62	ОСКЛ
37	Окр. пос. Новогубинск	43	168	40	156	ОСКЛ, МОСКЛ
38	Окр. с. Троицкое	10	39	10	39	МОСКЛ
39	Окр. с. Жемковка	5	20	1	4	ОСКЛ
40	Окр. с. Трубетчино	6	23	1	4	ОСКЛ
Шенталинский район (n=87/ 89** сем. уч.)						
41	Окр. с. Ойкино	30	117	30	117	ОСКЛ
42	Окр. с. Нов. Кувак	33	129	33	129	ОСКЛ
43	Окр. пос. Черемшанка	-	-	6	23	МОСКЛ
44	Окр. д. Карабикулово	-	-	16	62	МОСКЛ, ОСКЛ
45	Окр. д. Васильевка	15	59	0	0	ОСКЛ
46	Окр. с. Васильевка	4	16	4	16	ОСКЛ
47	Окр. с. Борисовка	5	20	0**	0**	ОСКЛ
Шигонский район (n=524/ 708 сем. уч.)						
48	Окр. д. Ольгино	4	16	4	16	МОСКЛ
49	Окр. д. Левашовка	120	468	129	503	МОСКЛ
50	Окр. с. Маза	18	70	22	86	МОСКЛ
51	Окр. с. Новодевичье	9	35	9	35	МОСКЛ
52	Окр. с. Подвалье	231	767	246	959	МОСКЛ
53	Окр. д. Биринск	14	39	8	31	ОСКЛ, ПД
54	Окр. с. Камышенка	8	31	10	39	ОСКЛ
55	Окр. с. Нов.Тукшум/ с.Епифановка)	3	12	4	16	ОСКЛ
56	Окр. ст. Гремячий Ключ	7	27	13	51	МОСКЛ
57	Окр. с. Стар. Тукшум	80	312	112	437	МОСКЛ
58	Окр. ур.. Горбуновка	30	117	38	148	МОСКЛ
59	Окр. ЖД Бичевная	-	-	21	82	МОСКЛ
60	Окр. пос. Золотой	-	-	14	55	МОСКЛ
61	Окр. пос. Золотой- пос.	-	-	55	214	МОСКЛ

	Гривенский					
62	Окр. пос. Береговой	-	-	8	31	МОСКЛ
63	Окр. пос. Красный Ключ	-	-	8	31	МОСКЛ
64	Окр. пос. Новое Белоключье	-	-	3	12	МОСКЛ
65	Окр. с. Белоключье	-	-	4	16	МОСКЛ
	Всего по области	2026	7806	1991	7764	

* Принятые обозначения:

ОПУ - остепненные плакорные участки,

ОСКЛ - остепненные склоны,

СПП - скотопрогонные полосы и сбой,

ПД - придорожные полосы,

МОСКЛ - меловые остепненные склоны,

СБС - степные балочные системы,

СЗиН - степные залежи и неудобья,

СХД - суходолы и суходольные степные балки

** Численность указана с учетом результатов учетов байбака в Самарской области 2022-2023гг.

*** Численность указана с учетом одиночно обитающих зверьков

В Шигонском районе на меловых остепненных склонах обнаружены 7 новых поселений сурка, суммарно включающих в себя 113 семейных участков, что, вероятно, связано с расселением байбака. В некоторых поселениях на территории области произошло сокращение численности сурка по причине перехода на загонную систему выпаса. В результате местность в отсутствии скота зарастает солодкой и крушиной, что, в частности, отмечено в балке Мурашиха Большечерниговского района. Также отмечена распашка в нескольких поселениях сурка, например, в окрестностях села Михайло-Овсянка, это вызвало сокращение численности байбака по сравнению с 2012 г. В целом по области численность степного сурка остаётся стабильной в поселениях, не подверженных негативному воздействию вышеперечисленных факторов.

Список литературы:

1. Наумов Р.В., Кузьмин А.А., Титов С.В. Кадастр современных точек находок поселений степного сурка (*Marmota bobak* Müller, 1776) в Самарской области // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. № 01, Т. 17. С. 27–32.
2. Наумов Р.В. Современное состояние степного сурка (*Marmota bobak* Müll.) в Среднем Поволжье: метапопуляционная структура ареала, экологические, популяционные и генетические особенности поселений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пенза: Изд-во ПГУ, 2019. 22 с.
3. Машкин В.И. Европейский байбак: экология, сохранение и использование. Киров: ВНИОЗ, 1997. 160 с.
4. Материалы обоснования лимита и квот отстрела степного сурка в сезон охоты 2008, 2010 года. – Самара.

УДК 574.42:574.472

СТРУКТУРА ПОЧВЕННЫХ БАНКОВ СЕМЯН СОСНЯКОВ ВОЛЬСКОГО РАЙОНА

Д.И. Ефимова, О.Н. Торгашкова, Е.Е. Селютина, Я.И. Белоусов

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

THE SOIL SEED BANKS STRUCTURE OF PINE FORESTS IN THE VOLSKY DISTRICT

D.I. Efimova, O.N. Torgashkova, E.E. Selyutina, A.I. Belousov

Saratov State University, Saratov, Russia

darya-efimova99@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются особенности структуры почвенного банка семян некоторых сосняков Вольского района Саратовской области. Приведен краткий обзор флористического разнообразия банка семян. Проанализировано структурное разнообразие семенных банков в сосняках на карбонатных и некарбонатных почвах по качественному и количественному

составам, составу жизненных форм, экоценотических групп, географических групп, а также по характеру и длительности покоя семян.

Ключевые слова: банк семян, покой семян, жизнеспособность семян.

Исследование почвенного запаса жизнеспособных семян является одним из перспективных подходов к оценке состояния лесных экосистем, так как позволяет получить наиболее полные данные о структуре и функционировании лесных сообществ. Особенности структуры семенного банка позволяют дополнить представления об истории и путях формирования изучаемых фитоценозов, оценить способность сообществ к самоподдержанию и самовосстановлению и определить тенденции формирования структуры сообществ [1, 2].

Исследование банка семян проводилось в сосняках в окрестностях поселка Шиханы и села Тепловка Вольского района Саратовской области. В лесных сообществах, отличающихся друг от друга структурой и условиями местообитания было отобрано 197 образцов почв. Изучение качественного и количественного состава банка семян проводилось методом лабораторного проращивания [3]. Номенклатура видов приведена по сводке П.Ф. Маевского [4]. Анализ жизненных форм проводился по И.Г. Серебрякову [5]. Распределение видов по ценоморфам и экоморфам и ботанико-географический анализ флоры приводится по сводке Н.М. Матвеева [6].

Количественный состав банка семян сосняков на некарбонатных и карбонатных почвах неодинаков. Наибольшее число семян обнаружено в сосняках на карбонатных почвах (24950 шт./м²), при этом количество семян в сообществах колеблется от 2000 до 6400 шт./м². В сосняках на некарбонатных почвах содержится меньшее число семян (11400 шт./м²), количество семян в сообществах колеблется от 1500 до 5950 шт./м².

Исследованные лесные сообщества характеризуются незначительным видовым разнообразием. В почвенном банке семян изученных лесных фитоценозов зарегистрированы 28 видов растений. Флористическое разнообразие почвенного банка семян сосняков на карбонатных почвах составляют жизнеспособные семена 21 вида, а на бескарбонатных почвах – семена 13 видов. Преобладающими по числу выявленных видов в банке семян на карбонатных почвах являются семейства Lamiaceae (14%), Asteraceae (14%) и Caryophyllaceae (14%). Банк семян на некарбонатных почвах характеризуется преобладанием семян из семейства Caryophyllaceae (15%) и Asteraceae (15%).

Максимальным числом семян в почвенном запасе сообществ на карбонатных почвах характеризуются реликтовые семена *Stellaria holostea*. В меньшем количестве обнаружены реликтовые семена *Ficaria verna*, *Chenopodium album*, *Lamium amplexicaule* и *Erigeron canadensis*. Споры *Pteridium aquilinum*, семена *Thlapsi arvense* и *Hieracium pilosella* имеют заносное происхождение. Число семян автохтонных видов *Genistum tinctoria*, *Hyssopus cretaceum*, *Convallaria majalis* и *Poa nemoralis* незначительно.

Наибольшее число семян в сосняках на некарбонатных почвах обнаружено в нижних слоях почвы, при этом максимальным числом семян характеризуется споры *Tortula muralis* (до 60000 шт./м²). Практически все виды, обнаруженные с семенном банке являются реликтовыми: *Chenopodium album*, *Dianthus deltoides*, *Galium aparine*, *Oxalis acetosella*, *Silene nutans*, *Thlapsi arvense*, *Pteridium aquilinum* и другие.

Семенные банки лесных сообществ на карбонатных и некарбонатных почвах содержат в своем составе неодинаковые наборы ценопопуляций, что отражается в коэффициенте Серенсена (0,32). Наибольшее сходство характерно для сообществ расположенных по соседству (значения коэффициента Серенсена – 0,50-0,55), в остальных случаях значения варьируют в пределах от 0 до 0,4.

Семена древесных пород не формируют почвенный запас жизнеспособных семян, обнаруженные семена относятся к травянистым лесным видам растений.

Структурное разнообразие почвенных банков семян оценивалось по составу жизненных форм и набору экоценотических групп.

В спектре жизненных форм во всех фитоценозах господствуют семена многолетних травянистых (73,9%) растений. Среди травянистых видов преобладают длиннокорневищные

поликарпики. Это служит одним из показателей слабой нарушенности фитоценозов, так как чем выше число ценопопуляций видов-эксплерентов, тем более антропогенно нарушен ценоз.

В почвенном запасе жизнеспособных семян на карбонатных и некарбонатных почвах обнаружены диаспоры видов, принадлежащих к разным географическим группам. Максимальным количеством видов на карбонатных почвах характеризуются представители евро-азиатской (27%) и евро-западноазиатской географических групп (27%), а на некарбонатных почвах – циркумбореальной географической группы (42%).

На формирование и реализацию семенных банков существенное влияние оказывает растительность. Связь семенного банка с растительностью выражается в том, что растения определяют поступление семян в разные периоды существования сообщества. Среди ценопопуляций в банке семян значительная часть относится к лесным видам растений, причем на карбонатных почвах силвантов 35%, на некарбонатных - 50%. В семенных банках сосняков на карбонатных почвах также в значительном количестве присутствуют семена степантов (23%) и рудерантов (28%), а на некарбонатных – рудерантов (25%). Присутствие в семенном банке диаспор видов, не типичных для лесных местообитаний определяется близостью соответствующих фитоценозов, при этом часть семян сохраняется от предыдущих лесных фитоценозов, а также от соседних луговых и степных сообществ.

Экоморфный состав банков семян изученных сообществ представлен в основном семенами ксерофитных гелиофитных мезотрофных видов растений, различия только в большем разнообразии экоморф в сосняках на карбонатных почвах.

Функционирование банка семян во многом определяется биологией семян и выражается в трех аспектах: в характере и длительности покоя семян, уровне и длительности сохранения жизнеспособности и особенностях прорастания.

В почвенном запасе семян всех сообществ по распределению запасных питательных веществ преобладают семена с эндоспермом (62-64%), довольно много семян с запасными веществами в зародыше (19-28%). Семена с периспермом немногочисленны (8-9%). Вероятно, такие семена менее приспособлены для сохранения в почве и выполнения функции резервной части популяции.

По типу покоя преобладающее большинство семян рассмотренных видов (*Chenopodium album*, *Stellaria holostea*, *Thymus dubjanskii*, *Galium verum*, *Hyssopus cretaceus*, *Ficaria verna*, *Silene nutans* и другие) характеризуются наличием эндогенного неглубокого физиологического покоя (76-92 %), который может быть снят действием различных факторов: в естественных условиях - влиянием переменной температуры, в лабораторных условиях – проращиванием на свету. В карбонатных почвах в малом количестве обнаружены семена с экзогенным (*Genista tinctoria*), эндогенным морфологическим (*Centaurea marschalliana*) и эндогенным глубоким физиологическим (*Poa angustifolia*). В почвенном запасе семян на некарбонатных почвах обнаружены живые семена *Poa nemoralis*, характеризующиеся эндогенным глубоким физиологическим покоем.

Таким образом, изученные почвенные запасы семян лесных фитоценозов на карбонатных и на некарбонатных почвах различаются по качественному и количественному составу, составу жизненных форм, экоценотических групп, географических групп, а также по характеру и длительности покоя семян. Банк семян в сосняках на карбонатных почвах сформирован в основном за счет реликтовых семян, специфика функционирования которых определяется постоянным присутствием семян видов с широкой экологической валентностью.

Список литературы:

1. Работнов Т.А. Жизнеспособные семена в почвах природных биогеоценозов СССР // Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. М.: Наука, 1982. С. 35–59.
2. Ефимова Д.И., Торгашкова О.Н., Жухарева О.П. Банк семян адвентивных видов растений лесных сообществ Саратовского Правобережья // Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции. Севастополь: Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН", 2022. С. 96–97.
3. Петров В.В. Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 176 с.

4. Маевский П.Ф. Флора средней полосы Европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
5. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высш. школа, 1962. 378 с.
6. Матвеев Н.М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны): учебное пособие. Самара: изд-во «Самарский университет», 2006. 311 с.

УДК 575.174.4:599.742.2 (571.56)

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ВЫБОРКИ БУРОГО МЕДВЕДЯ, ДОБЫТОГО НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В 2009-2022 ГГ.

А.В. Ефремова, М.Л. Яковлева, Н.В. Мамаев, Е.Г. Шадрина

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

AGE STRUCTURE OF BROWN BEAR SAMPLE HUNTED ON THE TERRITORY OF SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA), RUSSIA IN 2009-2022.

A.V. Efremova, M.L. Yakovleva, N.V. Mamaev, E.G. Shadrina

Institute for Biological Problems of Cryolithozone,

Siberian Branch Russian Academy of Science, Yakutsk, Russia

alexandra.chernaya03@gmail.com

Аннотация. Возраст бурых медведей, добытых на территории Якутии за последние 14 лет, определяли по слоистым структурам цемента зубов с точностью до года. В работе описаны возрастные границы пререпродуктивного, репродуктивного и пострепродуктивного периодов для данного вида. Проанализировано соотношение полов добываемых в республике бурых медведей. В возрастной структуре выборки преобладали особи репродуктивного возраста, составившие 65,8%; особей пререпродуктивного возраста было 31,7%, и сенильные особи (старше 20 лет) составили всего 2,5%. Такое соотношение можно объяснить как предпочтениями охотников, так и региональными особенностями.

Ключевые слова: бурый медведь, *Ursus arctos*, возрастная структура, добыча, Якутия.

Возрастная структура популяции – динамический показатель, отражающий состояние населения вида в сложившихся биологических и природно-климатических условиях. По соотношению числа пререпродуктивных, репродуктивных и пострепродуктивных особей выделяют три основных типа популяции: растущую, стабильную и вымирающую [1]. Такого рода данные представляют теоретический интерес, а также имеют большое значение для оценки и прогноза численности видов, имеющих хозяйственное значение.

Бурый медведь *Ursus arctos* L., 1758 является одним из крупнейших хищников Якутии, практически не имея естественных конкурентов, за исключением крупных стай волков. Несмотря на сложность добывания, бурый медведь до сегодняшнего дня сохраняет свое промысловое значение, что дает нам основания полагать, что основным врагом вида является человек. Кроме того, определенную роль в смертности бурого медведя играют внутри- и межвидовые отношения. Айыы Уола – Айан в диссертации «Экология бурого медведя в Якутии» описывал случаи гибели медведей при попытках нападения на лосей, а также умерщвления друг друга из-за пищевой конкуренции, в борьбе за берлогу или самку, не исключены случаи каннибализма [2]. Это подтверждается и данными по североамериканской популяции бурого медведя [3].

По данным Министерства экологии, природопользования и лесного хозяйства РС(Я), в последние годы участились случаи встреч бурого медведя с человеком и выход животных к населенным пунктам [4]. Это может быть обусловлено такими факторами, как увеличение численности вида, недостаточность кормов в естественных биотопах, ежегодные лесные пожары на территории республики и соседних регионов. Кроме того, нельзя исключить влияния антропогенных факторов, таких как повышение освоенности территории, связанное с развитием

горнодобывающей промышленности, введением в строй крупных линейных сооружений – трубопроводных систем «Восточная Сибирь – Тихий океан» и «Сила Сибири». Немаловажное значение имеет соблюдение правил обращения с пищевыми отходами на территории населенных пунктов.

Цель работы – описание возрастной структуры добываемого бурого медведя в Якутии, в условиях усиления антропогенного воздействия на популяцию.

Материал для исследования был собран на территории 25 административных районов Республики Саха (Якутия), в период с 2009 по 2022 гг. Общая выборка составила 120 экз. Достоверно пол был определен у 80 особей, 62 из которых определены как самцы, 18 как самки. Для 40 черепов сведения о половой принадлежности отсутствовали. В нашей работе особи возрастом до 4 лет включительно, пол которых не был определен, расценивались как не участвующие в размножении.

Оценка возраста бурого медведя проводилась по методике Г.А. Клевезаль [5, 6]. путем подсчёта линий прироста в цементе зуба. Для исследования отбирались резцы, клыки и предкоренные зубы (I, C, рМ). По возможности отбирали зубы из верхней челюсти, т.к. считают, что они подвержены меньшей нагрузке при жевании [6]. Наиболее удобным для выполнения оценки возраста оказался зуб рМ¹, так как он менее подвержен давлению при питании медведя. В случаях, когда достоверная оценка возраста по рМ¹ невозможна, проводились исследования с использованием I³.

После извлечения из черепа, проводили декальцинацию зуба в 5 % растворе азотной кислоты в течение суток, затем промывали в проточной воде в течение 24 час. Подсчет линий прироста производили на гистологическом срезе толщиной 16 мкм; окраску проводили гематоксилином Эрлиха, срезы заключали в глицерин. При подсчете регистрирующих структур учитывалось, что постоянная зубная система у бурого медведя формируется к концу первого года жизни, и к фактическому количеству слоев прибавлялся еще один год, для определения точного возраста особи [6].

У медведей к пререпродуктивному периоду относят самок до 4-х лет, и самцов до 5 лет включительно, т.к. по достижении данного возраста бурый медведь в Якутии становятся половозрелым [7]. Описаны случаи, когда самки начинают приносить первое потомство только через несколько лет после наступления половой зрелости [8]. При этом в период исследования медведей Швейцарии, Аляски и Канады отмечалось, что самки от 9 до 20 лет более активно участвуют в размножении [9].

Репродуктивный период у самцов и самок медведя сильно различается. Самцы способны к размножению практически до конца своей жизни, но по достижению 20 лет намного реже участвуют в размножении [10].

Определить пострепродуктивный период у такого крупного животного как медведь крайне сложно, поэтому при дифференцировке внутри популяции по возрастному признаку самцы и самки 20 лет и старше расцениваются как сенильные.

Из 120 изученных образцов 38 особей были отнесены к пререпродуктивной группе, при этом соотношение добытых самок к числу самцов составило 1:3 особей.

Чаще добываются животные репродуктивного возраста, самки от 5 до 19 лет, и самцы от 6 до 19 лет включительно. В работе 77 изученных особей из 120 были отнесены к половозрелым животным, при этом соотношение самок к самцам составило 1:3,4 особей.

Самой малочисленной является группа сенильных животных. Всего 3 индивида соответствовали данной категории, все особи были определены как самцы, из них двое в возрасте 20 лет и один – 23 года.

В указанной выборке 2 особи бурого медведя характеризовались участием в меж- и внутривидовых конфликтах: одна самка 15 лет, добытая как проявившая повышенную агрессивность и представлявшая опасность для жизни человека и один самец в возрасте 10 лет получил прижизненные травмы в период гона.

Таким образом, в возрастной структуре выборки бурого медведя, добытого на территории Республики Саха (Якутия) преобладали особи репродуктивного возраста, составившие 65,8 %;

особей пререпродуктивного возраста 31,7%, и ничтожно малую долю составляли сенильные особи. Такое соотношение можно объяснить как особенностями добычи, так и региональными особенностями. В частности, низкая доля пререпродуктивных особей может объясняться предпочтениями охотников, для которых добыча очень молодых животных не рентабельна, а низкий процент сенильных особей – суровыми климатическими условиями региона, при которых средняя продолжительность жизни видов ниже, чем в более благоприятных климатических условиях.

Список литературы:

1. Одум Ю. Экология: в 2-х т. Т. 2. Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 376 с.
2. Айыы Уола-Айан. Автореферат дисс. ...канд. биол. наук "Экология бурого медведя в Якутии". Петрозаводск, 2004. 20 с.
3. Craighead J.J., Sumner J.S., Mitchell J.A. The Grizzly Bears of Yellowstone: Their Ecology in the Yellowstone Ecosystem, 1952–92. Island Press, Washington DC, USA.
4. Встреча с медведем: как правильно себя вести. Памятка для населения // Министерство экологии, природопользования и лесного хозяйства Республики Саха (Якутия). Интернет-ресурс. Код доступа: свободный. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3363939>. Дата публикации: 14.07.2023. (Дата обращения: 03.10.2023).
5. Клевезаль Г.А., Клейненберг С.Е. Определение возраста млекопитающих по слоистым структурам зубов и кости. М.: Наука, 1967. 144 с.
6. Клевезаль Г.А. Принципы и методы определения возраста млекопитающих. М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. 283 с.
7. Мордосов И.И. Бурый медведь. Якутия. Медведи: бурый медведь, белый медведь, гималайский медведь. М.: Наука, 1993. С. 301–318.
8. Zedrosser A., Dahle B., Stoen O.-G., Swenson J.E. The effects of primiparity on reproductive performance in the brown bear // *Oecologia*. 2009. V. 160. P. 847–854.
9. Schwartz C.C., Keating K.A., Reynolds H.V., Barnes V.G.J., Sellers R.A., Swenson J.E. et al. Reproductive maturation and senescence in the female brown bear // *Ursus*. 2003. V. 14, № 2. P. 109–119.
10. Steyaert S.M.J.G., Endrestøl A., Hackländer K. et al. The mating system of the brown bear *Ursus arctos* // *Mammal Review*. 2012. V. 42, Iss. 1. P. 12–34.

УДК 581.55:470.55/.58

СОВРЕМЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ АРЕАЛ ЭКОТОННЫХ СОСНОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПОДСОЮЗА *TILIO-PINENION*

С.Н. Жигунова, Н.И. Федоров, П.С. Широких, В.Б. Мартыненко

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
Уфа, Россия

CURRENT POTENTIAL RANGE OF ECOTONE PINE-BROADLEAF FORESTS OF *TILIO-PINENION* SUBALLIANCE

S.N. Zhigunova, N.I. Fedorov, P.S. Shirokikh, V.B. Martynenko

Ufa Institute of Biology, UFRS RAS

zigusvet@yandex.ru

Аннотация. Проведено моделирование современного потенциального ареала сосново-широколиственных лесов подсоюза *Tilio-Pinenion*. Потенциальный ареал этих лесов значительно шире реального. На западном макросклоне Южного Урала данные леса практически отсутствуют вследствие лесохозяйственной деятельности. Типичные сосново-широколиственные леса подсоюза с выраженным во флористическом составе гемибореальным комплексом встречаются только на Южном Урале и Уфимском плато. По мере удаления от Южного Урала флористическое сходство сосново-широколиственных лесов уменьшается.

Ключевые слова: сосново-широколиственные леса, потенциальный ареал, MaxEnt.

На Южном Урале на стыке широколиственных и светлохвойных лесов образовались

устойчивые экотонные смешанные сосново-широколиственные леса с липой сердцелистной, дубом черешчатым и кленом остролистным (преимущественно во втором ярусе) и травяным ярусом с присутствием комплексов видов широколиственных и гемибореальных сосново-лиственничных лесов (класс *Carpino-Fagetea sylvaticae*, порядок *Carpinetalia betuli*, союз *Aconitolycoctoni-Tilion cordatae*, подсоюз *Tilio cordatae-Pinenion sylvestris*) [1]. Периоды равновесного состояния экотонной растительности могут длиться сотни лет. Однако равновесное состояние этих лесов может резко нарушаться при ускорении изменения климата, особенно в сочетании с антропогенным воздействием. В настоящее время наблюдается продвижение широколиственных древесных видов на восток [2]. При этом они внедряются под полог сосново-березовых лесов и при определенных условиях (выборочная рубка или вывал сосны) могут выходить в первый древесный ярус. Цель работы – анализ современного потенциального ареала экотонных сосново-широколиственных лесов подсоюза *Tilio-Pinenion* на территории Южно-Уральского региона.

Моделирование современного потенциального ареала сосново-широколиственных лесов подсоюза *Tilio-Pinenion* проводилось методом максимальной энтропии в программе MaxEnt v3.4.4. Для моделирования использовались 120 геопривязанных точек геоботанических описаний. В качестве предикторов для построения модели использовались климатические переменные BIOCLIM (CHELSA) [3], слой разницы между максимальной и минимальной высотами в пределах пикселя с разрешением 30 угловых секунд, который был использован в качестве грубой характеристики крутизны склонов и связанной с ней каменистости почв. Для характеристики почв местообитаний использовались почвенные растровые карты системы глобального цифрового картографирования почв SoilGrids [4]. Для преодоления коллинеарности между переменными среды для построения модели отбирались переменные, значения коэффициента корреляции между которыми были ниже 0,8. Для статистической оценки качества модели использовался показатель AUC [5]. Стандартные тесты MaxEnt (jackknife, permutation importance and percent contribution) использовались для оценки надежности вклада предикторов в модель. Нижняя граница пригодности местообитания вида рассчитывалась по критерию «Maximum test sensitivity plus specificity». В итоговых моделях пригодные условия местообитания были сгруппированы в три группы: низко-, средне- и высокопригодные. В программе QGIS v3.18 для каждой из групп, рассчитывалась занимаемая ими площадь.

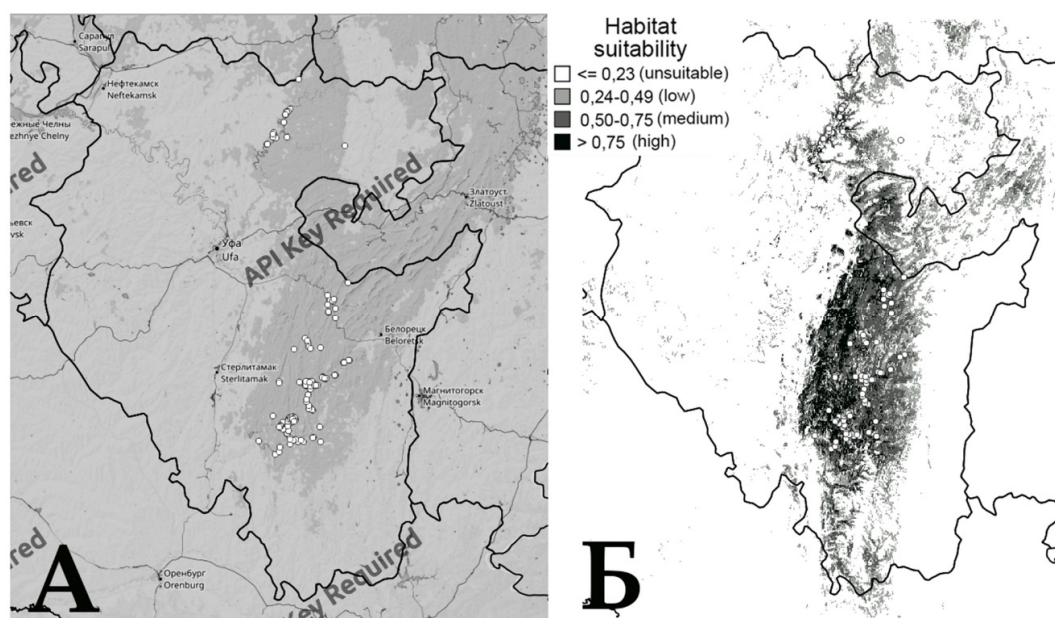


Рисунок. Потенциальный ареал экотонных сосново-широколиственных лесов подсоюза *Tilio-Pinenion* на территории Южно-Уральского региона (А – физическая карта Республики Башкортостан, белыми кружками отмечены точки геоботанических описаний, использованные для моделирования, Б – современный потенциальный ареал)

Полученная модель современного потенциального ареала смешанных сосново-

широколиственных лесов подсоюза *Tilio-Pinenion* имеет значение AUC для тестовой выборки 0,99, что соответствует очень хорошему качеству модели (Swets, 1988). Наибольший вклад в модель внесли четыре экологические переменные: количество осадков самого сухого месяца (Bio14), сезонность температуры (стандартное отклонение среднемесячной температуры) (Bio4), перепад высот в пределах одного пикселя ($h_{\max-\min}$) и среднесуточная минимальная температура воздуха самого холодного месяца (Bio6).

На полученной модели современного потенциального ареала сосново-широколиственных лесов большая часть местообитаний с высокопригодными условиями сосредоточены на Южном Урале (горно-лесная зона Республики Башкортостан и Уфимское плато). На Приволжской возвышенности в Ульяновской и Саратовской областях выделяются небольшие участки с низкопригодными, реже среднепригодными условиями местообитания. На Бугульмино-Белебеевской возвышенности имеются только небольшие участки с низкой пригодностью. Помимо Южного Урала, высокопригодные местообитания встречаются небольшими участками в Самарской области в районе Жигулевского заповедника и Национального парка Самарская Лука на границе двух геоморфологических регионов Приволжской возвышенности и Низкого Заволжья. На рисунке показан потенциальный ареал сосново-широколиственных лесов на территории Южно-Уральского региона.

Полученная модель потенциального ареала сосново-широколиственных лесов союза *Tilio-Pinenion* значительно шире реального по двум основным причинам:

1) На западном склоне Южного Урала, даже в местах с высокопригодными условиями обитания, эти леса практически отсутствуют из-за лесохозяйственной деятельности (выборочных рубок сосны) и замены их лиственными лесами.

2) Моделирование показало наличие местообитаний с пригодными условиями для произрастания сосново-широколиственных лесов за пределами основного распространения сообществ подсоюза *Tilio-Pinenion*. При этом на Приволжской возвышенности и Нижнем Заволжье в более теплом и аридном климате сосново-широколиственные леса подсоюза *Tilio-Pinenion* замещаются на аналогичные леса подсоюза *Quercus-Tilienion*. По мере удаления от Южного Урала флористическое сходство сосново-широколиственных лесов уменьшается. Основные флористические различия между двумя подсоюзами сосново-широколиственных лесов заключаются в большем участии *Quercus robur*, бореальных и степных видов и меньшем участии гемибореальных видов в сообществах подсоюза *Quercus-Tilienion*. Эти различия можно объяснить как более теплыми и засушливыми климатическими условиями, так и тем, что интенсивные многократные рубки сосны привели к обеднению флористического разнообразия. Тем не менее, наличие гемибореальных лесных видов *Chamaecytisus ruthenicus*, *Carex rhizina*, *Viola collina*, *Brachypodium pinnatum*, *Solidago virgaurea* и *Hieracium umbellatum* в сообществах подсоюза *Quercus-Tilienion* свидетельствует об общем историческом прошлом этих двух подсоюзов. Дифференциация лесной растительности этих подсоюзов происходила по двум лимитирующим факторам - аридизации климата на Приволжской возвышенности и экстремально низким зимним температурам на Южном Урале. Вымирание дубрав на Южном Урале в XX веке в результате экстремальных климатических явлений и всплеск численности непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) усилило различия между растительностью этих подсоюзов.

Источники финансирования работы:

Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-14-00003, <https://rscf.ru/project/22-14-00003>.

Список литературы:

1. Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T. et al. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen and algal communities // Appl. Veg. Sci. 2016. № 19. P. 3–264.
2. Федоров Н.И., Мартыненко В.Б., Жигунова С.Н., Михайленко О.И., Шендель Г.В., Наумова Л.Г. Изменение распространения широколиственных древесных видов в центральной части Южного Урала со второй половины XX века // Экология. 2021. № 2. С. 103–111.
3. Karger D. N., Conrad O., Böhner J., Kawohl T., Kreft H., Soria-Auza R. W., Zimmermann N. E., Linder H. P., Kessler M. Climatologies at high resolution for the Earth's land surface areas // Sci. Data. 2017. № 4. P. 1–20.

4. Poggio L., de Sousa L.M., Batjes N.H., Heuvelink G.B.M., Kempen B., Ribeiro E., Rossiter D. SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty // Soil. 2021. № 7. P. 217–240.
5. Swets J. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems // Science. 1988. V. 240. P. 1285–1293.

УДК 59.002

ВКЛАД НАБЛЮДЕНИЙ INATURALIST В ОТКРЫТЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ

Н.В. Иванова¹, М.П. Шашков¹, С.А. Ермолов^{1,2}

¹Институт математических проблем биологии РАН – филиал ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
Пушино, Россия

²Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

CONTRIBUTION OF INATURALIST OBSERVATIONS TO OPEN DATA ON EARTHWORM DISTRIBUTION

N.V. Ivanova¹, M.P. Shashkov¹, S.A. Ermolov^{1,2}

¹Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch of Keldysh Institute of Applied
Mathematics of Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

²Center for Forest Ecology and Productivity RAS, Moscow, Russia
natalya.ivanova@impb.ru

Аннотация. В работе выполнена оценка качества и вклада любительских наблюдений в общий пул данных о распространении пяти видов дождевых червей в Европейской России. Показано, что данные из научных источников более надежны с точки зрения идентификации видов. Любительские наблюдения имеют более точную географическую привязку и широкий пространственный охват. Таким образом, любительские наблюдения при условии их предварительной верификации могут быть важным дополнением для сведений из научных источников.

Ключевые слова: GBIF, iNaturalist, качество данных.

Моделирование ареалов (Species Distribution Modelling или SDM) – широко распространенный подход в современной экологии [1], тем не менее, адекватность модельных оценок напрямую зависит от полноты и качества входных данных о точках встреч целевых видов [2]. Благодаря прогрессу в оцифровке мировых научных коллекций, ученым стали доступны большие массивы данных, позволяющие дополнить их собственные материалы [3]. Кроме того, в последние годы всё больший вклад в открытые данные о распространении видов вносят волонтеры-натуралисты, а не профессиональные исследователи [4]. Эти данные накапливаются значительно быстрее и имеют более обширный географический охват по сравнению с собранными профессиональными исследователями. Однако, многие ученые выражают сомнения относительно их достоверности и возможностей использования для научного анализа.

Целью данной работы стала оценка качества и вклада любительских наблюдений в общий объем доступных данных о распространении дождевых червей семейства Lumbricidae в Европейской России. Объектами исследования являются виды *Aporrectodea caliginosa*, *Dendrobaena octaedra*, *Lumbricus rubellus*, *L. terrestris*, *Octolasion lacteum*.

Через глобальный портал о биоразнообразии GBIF получена 4221 запись о точках встреч целевых видов [5]. Эти сведения происходят из 13-ти источников: полевые сборы российских исследователей, сводка по глобальному распространению олигохет, зоологические коллекции ZMB (Германия) и Luomus (Финляндия), информационная система Barcode of Life, система для сбора любительских наблюдений iNaturalist [6]. Кроме того, в анализ включены оцифрованные нами данные о 739 точках встреч целевых видов дождевых червей, опубликованных в отечественной научной литературе [7].

Анализ качества данных из научных источников проводили отдельно от наблюдений iNaturalist. Сначала были удалены записи с дубликатными географическими координатами. Для этого использовали функцию `ss_dupl()` из пакета `CoordinateCleaner` [8] в среде R. Затем для каждого вида анализировали величину ошибок географической привязки. В GBIF каждое местонахождение вида описывается в виде окружности, центр которой наиболее точно соответствует месту его встречи, а радиус характеризует максимальное расстояние, в пределах которого зафиксирована встреча [9]. При оценке радиуса учитывают такие аспекты, как точность и конкретность описания места встречи, систему координат, точность и аккуратность источников, используемых для определения координат. Для оценки качества данных iNaturalist нами предварительно разработан протокол, подробно описанный ранее [10]. Сначала по фотографиям оценивали верно ли определен вид. Каждое наблюдение просматривали минимум два специалиста по систематике люмбрицид. Затем оценивали корректность даты наблюдения и погрешность географической привязки. На заключительном этапе сравнивали пространственный охват наблюдений iNaturalist и данных из научных источников.

В результате анализа выяснено, что в рассматриваемой выборке данных из научных источников большинство местонахождений были дубликатными (таблица). Это ожидаемо, поскольку GBIF данные включали материалы многолетних сборов на одних и тех же участках. Кроме того, не для всех записей была оценена погрешность определения координат. Анализ погрешностей определения координат показал, что большинство встреч привязано с точностью до 5000 м (рисунок). Такие погрешности допустимы для построения обзорных моделей и определения значимых климатических предикторов.

Таблица. Число уникальных местонахождений целевых видов на территории исследований по данным GBIF

Данные	Виды*				
	A.c.	D.o.	L.r.	L.t.	O.l.
Данные из научных источников					
Общее число записей	212	276	189	64	97
Из них без оценки погрешности определения координат	34	34	11	7	6
Данные из iNaturalist					
Общее число записей	10	1	13	40	1
Из них без оценки погрешности определения координат	7	0	3	8	0
Погрешность определения координат (среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение)	74 $\pm$ 46.1	–	40.7 $\pm$ 72.6	68.7 $\pm$ 230.9	–

Примечание: *A.c. – *Aporrectodea caliginosa*, D.o. – *Dendrobaena octaedra*, L.r. – *Lumbricus rubellus*, L.t. – *Lumbricus terrestris*, O.l. – *Octolasion lacteum*.

Выборка наблюдений из iNaturalist содержала 95 наблюдений, из которых 33 были определены неправильно. Из них удалось переопределить 3 наблюдения, остальные невозможно было идентифицировать по имеющимся фотографиям, и они были исключены из анализа. Также была выявлена ошибка в дате наблюдения, которая была исправлена автором. Дубликатных координат в этой выборке не выявлено. Показано, что любительские наблюдения имеют более точную географическую привязку по сравнению с данными из научных источников (таблица). Это объясняется тем, что наблюдения, как правило, делаются при помощи смартфона, что позволяет точно зафиксировать координаты встречи. Профессиональные исследователи, к сожалению, до сих пор редко приводят в публикациях или на этикетках географические координаты, а доступные описания не позволяют точно определить места проведения сборов. Наблюдения iNaturalist существенно дополнили выборку встреч *L. terrestris*. Для четырех видов (кроме *O. lacteum*) выявлены новые локалитеты, не указанные в научных источниках.

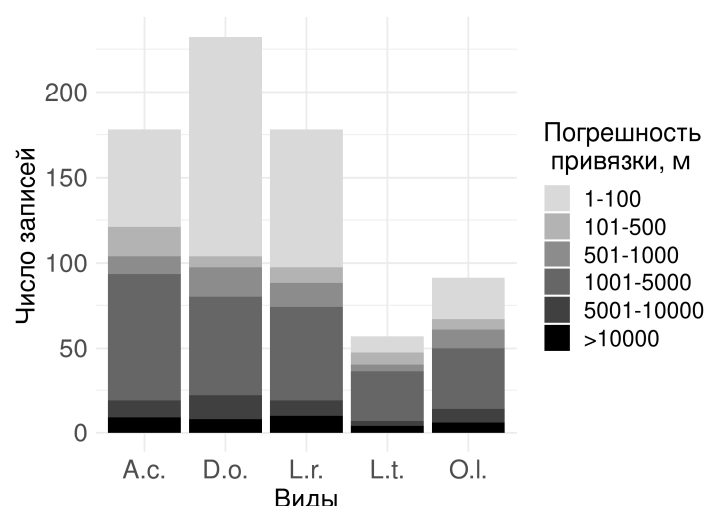


Рисунок. Погрешность географической привязки местонахождений целевых видов на территории исследований, полученных из научных источников (виды см. таблицу)

Таким образом, результаты исследования показали, что данные из научных источников более надежны с точки зрения идентификации видов. Данные из iNaturalist требуют дополнительной проверки правильности определения. В то же время любительские наблюдения имеют более точную географическую привязку и широкий пространственный охват. Поэтому при надлежащей предварительной обработке они могут существенно дополнить информацию из научных источников, тем самым повысив полноту входных данных, и получить более надежные модельные оценки.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00112, <https://rscf.ru/project/23-24-00112/>

Список литературы:

1. Elith J., Leathwick J.R. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2009. V. 40. P. 677–697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
2. Van Eupen C., Maes D., Herremans M., et al. The impact of data quality filtering of opportunistic citizen science data on species distribution model performance // *Ecological Modelling*. 2021. V. 444. Article ID: 109453. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109453>
3. Hedrick B.P., Heberling J.M., Meineke E.K., et al. Digitization and the Future of Natural History Collections // *BioScience*. 2020. V. 70, № 3. P. 243–251. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz163>
4. Gura T. Citizen science: amateur experts // *Nature*. 2013. V. 496. P. 259–261. <https://doi.org/10.1038/nj7444-259a>
5. GBIF Occurrence Download Режим доступа: <https://doi.org/10.15468/dl.etkn89> свободный. – (дата обращения: 7.12.2022).
6. Seltzer. C. Making biodiversity data social, shareable, and scalable: reflections on iNaturalist & citizen science // *Biodiversity Information Science and Standards*. 2019. V. 3. Article ID: e46670. <http://10.3897/biss.3.46670>
7. Shashkov M.P., Ivanova N.V., Ermolov S.A. Earthworm occurrences from Russian-language literature. Version 1.12. Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch of Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences. Occurrence dataset. Режим доступа: <https://doi.org/10.15468/cvwpuy>, свободный. – (дата обращения: 4.09.2023).
8. Zizka A., Silvestro D., Andermann T. et al. CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases // *Methods in Ecology and Evolution*. 2019. V. 10, № 5. P. 744–751. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13152>
9. Wiczorek J., Guo Q., Hijmans R. The point-radius method for georeferencing locality descriptions and calculating associated uncertainty // *International Journal of Geographical Information Science*. 2004. V. 18, № 8. P. 745–767. <https://doi.org/10.1080/13658810412331280211>
10. Иванова Н.В. Рекомендации по оценке качества данных iNaturalist // *Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География*. 2023. № 3, Т. 111. С. 73–83. DOI 10.31489/2023BMG3/73-83

**GRINDELIA SQUARROSA (PURSH) DUNAL – ПОТЕНЦИАЛЬНО ИНВАЗИОННЫЙ ВИД
ВО ФЛОРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Т.А. Карасёва, А.Е. Смахунов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

**GRINDELIA SQUARROSA (PURSH) DUNAL AS A NATURALIZED PLANT SPECIES
IN THE ROSTOV REGION FLORA**

T.A. Karasyova, A.Ye. Smekhunov

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

takaras@yandex.ru

Аннотация. В статье приводится информация о находках гринделии растопыренной (*Grindelia squarrosa*) – нового для флоры Ростовской области вида североамериканского происхождения. Описаны условия произрастания гринделии в регионе, количественные показатели ценопопуляций. На основе полученных данных с учётом динамики численности и распространённости вида на сопредельных территориях *Grindelia squarrosa* оценена как потенциально инвазионный вид во флоре региона, контроль за которым на данном этапе требует мониторинга известных популяций и поиска новых местонахождений.

Ключевые слова: *Grindelia squarrosa*, местонахождение, ценопопуляция, степень натурализации.

Гринделия растопыренная (*Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal) – североамериканский заносной вид травянистых растений сем. Asteraceae. В Европе гринделия культивировалась с 1804 г., поддерживаясь в ряде ботанических садов как лекарственное и декоративное растение. В СССР вне культуры вид впервые отмечен в 1946 г. в Литве и в 1949 г. на Украине, вероятно, будучи завезён с сеном, поставлявшимся из США [1, 2]. Уже к началу 1960-х гг. гринделия обнаруживалась на территории многих степных областей Украины [3]. В течение последних тридцати лет *G. squarrosa* внедрилась и активно расселяется на территории ряда регионов степной зоны европейской части России [4–8].

Гринделия растопыренная – однолетний травянистый монокарпик (по другим данным – двулетник или короткоживущий многолетник) [1, 9]. В пределах вторичного ареала вид освоил широкий спектр местообитаний; в течение длительного времени (до нескольких десятков лет) после расселения гринделия остаётся приурочена к рудеральным экотопам, однако впоследствии может проникать в природные или слабо нарушенные сообщества [10, 11]. Основным способ распространения – агестохория. Важнейшими коридорами, по которым осуществляется расширение ареала гринделии, выступают железные и, в меньшей степени, автомобильные дороги [1, 9, 12].

В настоящее время *G. squarrosa* обнаружена в пяти регионах из семи, сопредельных с территорией Ростовской области. Первые сведения о произрастании вида в Ростовской области приводятся в работе Д. В. Вахненко [13], где гринделия указывается для техногенных экотопов г.г. Ростов-на-Дону и Азов как редко встречающийся вид, однако гербарных образцов с описанием местонахождений не сохранилось. Таким образом, первые документально подтверждённые свидетельства произрастания *G. squarrosa* в регионе относятся к 2022–23 гг., когда данный вид был обнаружен в двух местонахождениях, характеристика которых приводится ниже.

Местонахождение 1. 47°14'13.6" с. ш., 39°39'53.3" в. д., г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад ЮФУ, правобережная пойма р. Темерник, луговая залежь, изредка, 16.09.2022 г., А. Н. Шмараева, А. П. Сухоруков, RWBG.

Повторный мониторинг местонахождения проведён 22.09.2023 г. Ценопопуляция гринделии обитает у основания откоса железнодорожного моста в составе сорно-лугового ценоза на опушке низкорослого сомкнутого древостоя. Слабо нарушенный участок сообщества образован луговыми видами с преобладанием *Poa pratensis* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Achillea millefolium* L. На

обследуемом участке растения гринделии приурочены преимущественно к щебенчатой полосе по краю грунтовой дороги, где сформировалось маловидовое рудеральное сообщество с абсолютным доминированием *Anisantha tectorum* (L.) Nevski и незначительным участием сорных малолетников (*Polygonum aviculare* L., *Echium vulgare* L., *Crepis rheoadifolia* Bieb.) и травянистых луговых и бурьянистых многолетников (*Taraxacum officinale*, *Plantago major* L., *Artemisia absinthium* L. и др.).

Общая площадь ценопопуляции на момент обследования составляла около 6 м², на которых было насчитано 10 генеративных растений гринделии в фазе повторного цветения после скашивания, что существенно меньше по сравнению с предыдущим сезоном. Плотность прегенеративных растений, измеренная на 25 площадках 25 × 25 см, здесь варьировала от 0 до 30 экземпляров, равняясь в среднем 7 ± 2 растения на площадку (111 ± 27 экз./м²). Наблюдаемый резкий сдвиг возрастного спектра популяции в сторону прегенеративных особей по сравнению с прошлым годом, вероятно, является проявлением годовых флуктуаций численности и структуры популяций, что характерно для многих малолетних видов. Особи гринделии не были обнаружены на прилегающей территории на расстоянии до 150 м от ценопопуляции, в том числе на полотне железной дороги, однако с наибольшей вероятностью первичный занос диаспор вида произошёл по железнодорожным путям.

Местонахождение 2. 47°45'07.5"с. ш., 39°48'46.3" в. д., г. Новошахтинск, к северу от пос. Самбек, левый берег р. Большой Несветай, подошва отвала угольной шахты юго-западной экспозиции, рудеральное сообщество, 17.09.2023 г., Т. А. Карасёва, А. Е. Смехунов.

Местообитание, к которому приурочена ценопопуляция *G. squarrosa*, сформировалось на месте сбитой целинной степи, деградированной в результате нарушения почвенного покрова при подвозе и выгрузке шахтных грунтов, поддерживающегося транспортной нагрузкой и прогоном скота. Сообщество находится на стадии, переходной от пионерной группировки сорных малолетников к сорно-бурьянистой залежи, с остаточным участием мятлика живородящего; ассоциация *Grindelia squarrosa* + *Achillea nobilis* L. + *Poa crispa* Thuill. + рудеральные и сорно-степные малолетники. Сравнительно высокими показателями обилия и встречаемости обладают *Artemisia absinthium*, *Centaurea diffusa* Lam., *Erigeron canadensis* L., в меньшей степени – *Bromus japonicus* Thunb., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Polygonum patulum* Bieb. Выявленное разнообразие сосудистых растений в составе сообщества – 47 видов. Видовое богатство на 4 м² составляет в среднем 20 видов (16 – 24 вида). Структура растительного покрова двух- или трёхъярусная, в последнем случае верхний ярус, как правило, не сомкнут; общее проективное покрытие невысокое (35 – 65 %).

Гринделия растопыренная выступает основным структурообразующим видом в составе описываемого сообщества. Её обилие на разных участках варьирует от sp_2 до cor_2 , проективное покрытие в местах максимальной концентрации вида 40–50 %. Возрастной спектр популяции имеет чётко выраженный левосторонний характер: в среднем на площадке 4 м² произрастает 3 – 6 генеративных растений, тогда как основной покров формируется прегенеративными особями. В момент наблюдения генеративные экземпляры *G. squarrosa* находились в фазе второй половины цветения; в качестве основных опылителей с высокой активностью в период наблюдения выступали медоносные пчёлы. Растения обладают высокой мощностью и жизненностью, в отцветших корзинках обнаруживаются созревающие семянки. Общая площадь ценопопуляции оценивается в 20 – 25 м². Вдоль склонов террикона западной и северо-западной экспозиции, а также на прилегающих участках сильно сбитой тырсово-типчаково-метлицевой степи растения гринделии встречены не были.

На основе истории обнаружения и современного состояния популяций *Grindelia squarrosa* в Ростовской области, данный вид по степени натурализации в регионе в настоящее время должен рассматриваться как колонофит. Малое число известных местонахождений, общая невысокая численность ценопопуляций, приуроченность к синантропным местообитаниям не позволяют прогнозировать взрывообразный рост численности и увеличение ареала данного вида в течение ближайших 3 – 5 лет. Одновременно с этим, произрастание *G. squarrosa* на территории области на протяжении более 20 лет, успешное семенное возобновление, структурообразующая роль в составе рудеральных сообществ на техногенных экотопах, даёт основание, опираясь на сценарий

экспансии вида на сопредельных территориях Волгоградской области и ДНР, рассматривать гринделию растопыренную как потенциально инвазионный вид для Ростовской области. Необходим мониторинг численности известных популяций и поиск новых местонахождений вида на территории региона.

Благодарность:

Авторы выражают признательность сотрудникам отдела природной флоры Ботанического сада ЮФУ и сотрудникам кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского ЮФУ за помощь в сборе материала.

Список литературы:

1. Pliszko A., Górecki A. First observation of true vivipary in *Grindelia squarrosa* (Asteraceae) // *Biologia*. 2021. № 76. P. 1147–1151.
2. Фомина Ю.С. Инвазивный вид *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal. на территории Луганского геоботанического района // *Вестник Луганского государственного педагогического университета*. 2021. № 1, Т. 58. С. 23–28.
3. Доброчаева Д.М. Рід Гринделія – *Grindelia* Willd. // *Флора УРСР*. Том XI. Київ: Вид-во АН УРСР, 1962. С. 22–24.
4. Сагалаев В.А., Кантемирова Е.Н. Новые находки адвентивных растений в г. Волгограде и Волгоградской области // *Известия ВГПУ. Биология*. 2004. № 4(9). С. 71–73.
5. Григорьевская А.Я., Стародубцева Е.А., Хлызова Н.Ю., Агафонов В.А. Адвентивная флора Воронежской области: исторический, биогеографический, экологический аспекты. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. 320 с.
6. Шаронова И.В. Конспект флоры Самарско-Кинельского междуречья // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2008. № 5. С. 3–77.
7. Буланый Ю.И., Исаева О.А., Родионова Ю.В. Новые и интересные флористические находки в Саратовской области // *Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета*. 2002. № 1. С. 3–5.
8. Сенатор С.А., Тохтарь В.К., Курской А.Ю. Материалы к флоре Белгородской области // *Ботанический журнал*. 2017. Т. 102, № 5. С. 671–678.
9. Онистратенко Н.В. Особенности распространения *Grindelia squarrosa* в степных экосистемах различной степени инвазионной емкости на территории Волгоградской области // *Природные системы и ресурсы*. 2022. Т. 12, № 3. С. 20–26.
10. Синица Е.В., Конопля Н.И. Биоразнообразие рудеральной флоры города Алчевска // *Материалы пула научно-практических конференций, Сочи, 23–27 января 2023 года*. Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. С. 396–399.
11. Мазур І.О., Наконечний І.В. Плавнева рослинність степових річок Миколаївської області та її стан у сучасних еколого-гідрологічних умовах середовища // *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. Т. 84, № 2. С. 2.
12. Тохтарь В.К., Курской А.Ю. Об особенностях пространственной дифференциации инвазионных видов на юго-западе Среднерусской возвышенности // *Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: материалы Международной научной конференции*. Тверь: Тверской государственный университет, 2017. С. 404–407.
13. Вахненко Д.В. Антропогенная трансформация флоры Северо-Восточного Приазовья в пределах Ростовской городской агломерации : диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.05. Ростов-на-Дону, 2000. 326 с.

УДК 599.32: 591.158.1

НЕРАВНОВЕСНАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ КАК ФАКТОР МЕЖВИДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ БОЛЬШОГО (*SPERMOPHILUS MAJOR* PALL.) И КРАПЧАТОГО (*S. SULICUS* GÜLD.) СУСЛИКОВ В ЗОНЕ СИМПАТРИИ

Н.А. Картавов, О.В. Чернышова, С.В. Титов

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

NONEQUILIBRIUM DYNAMICS OF POPULATION STRUCTURE AS A FACTOR OF INTERSPECIFIC RELATIONS BETWEEN RUSSET (*SPERMOPHILUS MAJOR* PALL.) AND SPECKLED (*S. SULICUS* GYLD.) GROUND SQUIRRELS IN THE SYMPATRY ZONE

N.A. Kartavov, O.V. Chernyshova, S.V. Titov

Penza State University, Penza, Russia

svtitov@yandex.ru

Аннотация. Динамика демографической и генетической структуры популяций является одним из ведущих факторов, определяющих успешность существования популяций во времени и

пространстве. По результатам наблюдений (изменение численности) и данным молекулярно-генетического анализа (*CR* и *cyt b*) была изучена динамика демографической и генетической структуры популяций большого (*Spermophilus major* Pall.) и крапчатого (*S. suslicus* Güld.) сусликов в зоне симпатрии. Показан сходный циклический характер временной динамики генетической структуры популяций у обоих симпатрических видов. У большого суслика, как более экологически пластичного и склонного к миграционной активности вида, популяционно-генетические процессы проходят с большим размахом. Взрывная демографическая ситуация, связанная с прохождением популяциями состояния «бутылочного горлышка», является одним из факторов, ведущих к межвидовой гибридизации.

Ключевые слова: динамика популяций, большой и крапчатый суслики, гибридизация.

Динамика демографической и генетической структуры популяций является одним из ведущих факторов, определяющих успешность существования популяций во времени и поддержание их видовой специфичности в условиях меняющегося полиморфного профиля [1, 2]. Суслики, как виды-эдификаторы степных биогеоценозов, с одной стороны испытывают в последние десятилетия

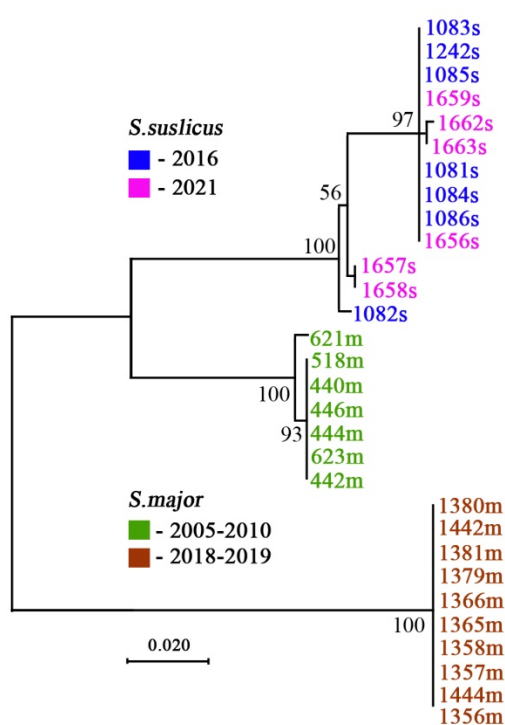


Рисунок. Результаты ML-анализа (модель HKY+G, BIC=5033.41, InL=-2196.43) нуклеотидных последовательностей ($n=30$) участка CR мтДНК (1036 пн), показывающие филогенетических отношений между митотипами, характеризующими модельные популяции большого (*S. major*) и крапчатого (*S. suslicus*) сусликов (с. Чириково, с. Трубетчина, Ульяновская обл.). В узлах – результаты бутстреп-анализа (1000 реплик), шкала – генетические дистанции между гаплотипами.

сильную депрессию численности и, связанные с этим, масштабные перестройки структуры ареалов, а с другой – являются удобной популяционной моделью для исследования динамики популяций. При этом обитающие в Поволжье виды сусликов в точках контакта вступают в межвидовые взаимоотношения, вплоть до успешной гибридизации [3]. Целью работы было исследование динамики генетической структуры популяций двух симпатрических видов сусликов – большого (*Spermophilus major* Pall.) и крапчатого (*S. suslicus* Güld.) – в Среднем Поволжье.

Для анализа динамики структуры популяций большого и крапчатого сусликов были использованы результаты наблюдений и генетического анализа образцов ДНК, полученные от зверьков неинвазивными методами (протокол №7 локального этического комитета ПГУ от 31.03.2023), в изолированных популяциях *S. major* (с. Чириково, Кузоватовский р-н, Ульяновская обл., 2010 ($n=7$) и 2018 ($n=10$), и соответственно, 53.7472° с.ш., 47.8277° в.д.) и *S. suslicus* (с. Трубетчина, Кузоватовский р-н, Ульяновская обл., 2016 ($n=7$) и 2022 ($n=6$), 53.6429° с.ш., 47.8695° в.д.) на одном из участков их широкой зоны симпатрии. ДНК выделяли из образцов тканей, зафиксированных в 96% этаноле, по стандартной методике фенолхлороформной экстракции после обработки материала протеиназой K и SDS [4]. Был проведен анализ изменчивости двух маркеров мтДНК – фрагменты контрольного региона (С-регион, CR) и гена *Cyt b*. Секвенирование проводили на секвенаторе ABI 3500 (Applied Biosystems).

Нуклеотидные последовательности были изучены с помощью программ BioEdit 7.0, Mega 7.0.21, PopArt и DnaSP 5.10.01 [5, 6]. Полученные последовательности выделенных гаплотипов мтДНК (*D-loop* и *Cyt b*) были размещены в GeneBank NCBI (OR896081–OR896085; OR896086–OR896090). Все результаты были проверены статистическими тестами (STATISTICA 13.3).

Многолетние (2000–2023) наблюдения за демографией модельных популяций большого и крапчатого суслика (с. Чириково, с. Трубетчина) показали, что все они подвержены более или менее

масштабным изменениям численности. Для большого суслика характерен 8-летний цикл (2010–2018) связанный с почти одинаковыми максимумами плотности населения (10 ос/га и 11 ос/га соответственно) и минимумом (2015) в 1 ос/га. Крапчатый суслик имеет менее растянутый 6-летний цикл (2016–2022), который характеризуется неравноценными максимумами (10 ос/га и 14 ос/га соответственно) и минимумом (2018) плотности населения в 2 ос/га.

Для изучения неравновесной динамики генетической структуры популяций большого и крапчатого сусликов был проведен филогенетический анализ (ML-модель) отношений выявленных гаплотипов. В целом по двум проанализированным митохондриальным маркерам (*CR*, *cyt b*) были получены схожие результаты. Для иллюстрации этого приводим ML-дерево отношений гаплотипов контрольного региона (*CR*) (рисунок). На дендрограмме видно, что экземпляры популяционных выборок *S. major* и *S. suslicus*, характеризующие население в различные годы, кластеризуются по-разному. Если у большого суслика ярко выражена группировка образцов по годам, то у *S. suslicus* образуются кластеры со смешением образцов разновременных выборок. Результаты анализа генетического разнообразия и генетической дифференциации населения поселений сусликов по годам представлены в таблице.

Таблица. Показатели генетического разнообразия (π , K , h , H_d) и дифференциации ($T's D$, $Fu's F_s$) популяций большого (с. Чириково – Ch1, 2005–2010 гг.; Ch2, 2018–2019 гг.) и крапчатого (с. Трубетчина – Tr1, 2016 г., Tr2, 2022 г.) сусликов (контрольный регион, *CR* и фрагмент гена *cyt b*)

Pop	π		K		h				Hd	
	<i>Dloop</i>	<i>Cyt b</i>	<i>Dloop</i>	<i>Cyt b</i>	<i>Dloop</i>		<i>Cyt b</i>		<i>Dloop</i>	<i>Cyt b</i>
<i>Spermophilus major</i>										
Ch1	0.049	0.047	49.64	53.82	5 из 8	0.625	4 из 9	0.444	0.714	0.573
Ch2	0.029	0.025	29.37	28.67	4 из 8	0.500	6 из 9	0.667	0.423	0.571
T's D		1.430	3.991		Fu's Fs			21.865	29.836	
p		p>0.10	p<0.001		Strobeck's S statistic (p)			p<0.001	p<0.001	
<i>Spermophilus suslicus</i>										
Tr1	0.003	0.003	3.14	3.90	2 из 5	0.400	4 из 5	0.800	0.286	0.714
Tr2	0.006	0.003	5.67	3.43	4 из 5	0.800	3 из 5	0.600	0.867	0.524
T's D		0.192	-1.028		Fu's Fs			2.040	1.589	
p		p>0.10	p>0.10		Strobeck's S statistic (p)			p>0.10	p>0.10	

Примечание: π – нуклеотидное разнообразие, K – среднее число нуклеотидных различий, h – число гаплотипов, H_d – гаплотипическое разнообразие, $T's D$ – тест Таджимы, $Fu's F_s$ – Тест Фу.

Тестирование последовательностей (тесты Таджимы и Фу) двух временных выборок популяции большого суслика по степени их дифференциации, указывает на действие стабилизирующего отбора на фоне быстрого роста численности после прохождения популяцией состояния «бутылочного горлышка». Анализируемые временные популяции крапчатого суслика слабо дифференцированы и почти не различаются друг с другом, исключая лишь их гаплотипическую структуру. В то же время у этого вида отмечается цикличное изменение численности населения с низкими темпами перестройки генетической структуры.

Таким образом, отмечается сходный характер временной динамики генетической структуры популяций у обоих симпатрических видов. При этом у большого суслика, как наиболее экологического пластичного и склонного к миграционной активности вида, популяционно-генетические процессы проходят с большим размахом. Как показали наши исследования именно в тех точках ареала, где наблюдается взрывная демографическая ситуация, связанная с прохождением популяциями состояния «бутылочного горлышка» и восстановлением численности при условии присутствия симпатрического вида и фиксируются случаи межвидовой гибридизации [3].

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00108, <https://rscf.ru/project/22-24-00108/>

Список литературы:

- Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. Москва: Академкнига, 2003. 431 с.

2. Hanski I. Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes // *Oikos*. 1999. P. 209–219.
3. Титов С.В., Кузьмин А.А., Наумов Р.В. и др. Динамика ареалов и современное состояние поселений наземных беличьих в правобережных районах Поволжья: монография. Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. 124 с.
4. Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. *Molecular cloning: a laboratory manual*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989. URL: www.cshlpress.com
5. Kumar S., Stecher G., Tamura K. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets // *Molecular biology and evolution*. 2016. V. 33, № 7. P. 1870–1874.
6. Librado P., Rozas J. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data // *Bioinformatics*. 2009. V. 25. P. 1451–1452.

УДК 574.3

О НОВОМ МЕСТОНАХОЖДЕНИИ *LILIUM MARTAGON* (LILIACEAE) В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Коновалова, М.Н. Скоробогатая, Е.В. Лелекова
Вятский государственный университет, Киров, Россия

ABOUT THE NEW LOCATION OF *LILIUM MARTAGON* (LILIACEAE) IN THE KIROV REGION

I.A. Konovalova, M.N. Skorobogataya, E.V. Lelekova
Vyatka State University, Kirov, Russia
S-dulcamara@yandex.ru

Аннотация. В Афанасьевском районе Кировской области впервые обнаружены и изучены три ценопопуляции *Lilium martagon* L., численность которой в регионе резко сокращается. Ценопопуляции описаны в пойме р. Кама: две из них в составе сосняка вейникового, третья – на пойменном разнотравном лугу. Они малочисленные и неполночленные с преобладанием особей нормальной и повышенной жизненности. Онтогенетические спектры двух ценопопуляций левосторонние с максимумом на виргинильных особях, третьей – правосторонние с пиком на генеративных растениях.

Ключевые слова: *Lilium martagon*, новое местонахождение, ценопопуляции, онтогенетический спектр, рекомендации по охране.

Лилия кудреватая, саранка (*Lilium martagon* L.) – евразийский представитель рода *Lilium* L., ареал которой охватывает всю Европу, Азию, Монголию, Сибирь и Дальний Восток [1]. На территории России *L. martagon* произрастает на склонах гор, опушках, лугах, в смешанных и лиственных лесах на богатых умеренно влажных почвах от нижнего до верхнего горных поясов [2]. Она одиночно встречается на равнинной территории в составе смешанных лесов, на полянах и лесных опушках среди кустарников и в густом травостое [3].

Это многолетнее луковичное растение высотой 60–120 см, обладающее высокой декоративной ценностью. Благодаря содержанию в вегетативных органах биологически активных соединений, имеет пищевое и лекарственное значение с большим потенциалом в фармакопее [4]. В тоже время, это редкий и охраняемый вид во многих регионах нашей страны, в том числе в Кировской области (II категория охраны). Ценопопуляции *L. martagon* выявлены в лиственных и смешанных лесах, на полянах в окрестностях г. Кирова, в Вятско-полянском, Кильмезском и Малмыжском районах [5]. Лимитирующими распространение вида факторами служат: малочисленность популяций, сбор на букеты, выкапывание для интродукции, нарушение местообитаний в результате антропогенных воздействий. Современные методы культивирования *in vitro* играют важную роль в защите этого редкого вида [6]. Однако, первостепенным остается выявление новых мест его произрастания и их охрана. Цель настоящего исследования – оценить состояние вновь выявленных ценопопуляций *L. martagon* на территории Кировской области и предложить рекомендации по ее охране.

Полевые исследования проводили в августе 2021 г. в окрестностях дер. Аксеново Афанасьевского района Кировской области. В местах произрастания *L. martagon* закладывали пробные площади размером 400 м² или 100 м² в зависимости от типа сообществ и проводили геоботанические описания по общепринятым методикам [7–9]. Для характеристики ценозов, расположенных узкой полосой вниз по склону, закладывали трансекты. С помощью навигатора GPSMAP 64st указывали координаты сообществ и наносили их на карту в программе SASPlanet. У особей *L. martagon* в каждой ценопопуляции определяли степень жизненности на основе разработанных ранее подходов [10, 11]. У виргинильных и генеративных особей (ювенильные и имматурные не обнаружены) вслед за Е. А. Кобозевой [12] выделяли три уровня жизненности: 1 – повышенный, 2 – нормальный, 3 – пониженный. В связи с охранным статусом вида в основу шкал жизненности были положены биометрические показатели только надземных частей растений, выделенные Е. А. Кобозевой ранее [13]. Так у виргинильных особей учитывали: высоту надземного побега, число мутовок, общее число листьев, максимальное число листьев в мутовке, максимальную длину междоузлий; у генеративных – высоту надземного побега, число мутовок, общее число листьев, число созревших коробочек. Обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2013.

Ценопопуляции характеризовали на основе рекомендаций для изучения популяций сосудистых растений разных авторов [14, 15]. За счетные единицы принимали особи в разных онтогенетических состояниях, выделенных на основе биоморфологических признаков [13, 12]. Во время камеральной обработки рассчитывали возрастные спектры ценопопуляций согласно соотношениям разных возрастных групп, которые выражали в процентах от общего числа особей, и определяли их тип [16, 15].

В пойме р. Кама к юго-западу от дер. Аксеново Афанасьевского района выявлено три ценопопуляции лилии кудреватой. Ценопопуляция 1 (ЦП 1) изучена на юго-восточном склоне крутизной 60–70° в сосняке вейниковом с примесью ели и осины (координаты N 58°41'56,31" E 53°23'40,80"). В подросте насаждения отмечены типичные для пойм лиственные породы (*Alnus incana* (L.) Moench, *Populus tremula* L.), крупный еловый и пихтовый подросты высокой жизненности. В насаждении отмечен *Atragea sibirica* L. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, встречаются *Rubus saxatilis* L., *Trifolium medium* L. и представители разнотравья (*Linaria vulgaris* Mill., *Centaurea scabiosa* L., *Galium mollugo* L., *Aegopodium podagraria* L., *Pimpinella saxifraga* L., *Viola canina* L., *Equisetum arvense* L.).

Численность ЦП 1 составила 20 особей с преобладанием виргинильных. Онтогенетический спектр одновершинный левосторонний. ЦП 1 нормальная, неполночленная, поскольку отсутствуют ювенильные и имматурные особи. Согласно показателям индексов возрастности ($\Delta = 0,14$) и эффективности ($\omega = 0,47$) – молодая. В ЦП 1 наиболее значительна (70 %) доля особей нормальной жизненности, процент растений с пониженной и повышенной жизненностью незначителен.

Ценопопуляция 2 (ЦП 2) исследована ниже по склону в более разреженной части сосняка (координаты N 58°41'56,07" E 53°23'39,21"). Сообщество развивается в сходных с вышеописанными условиях; в составе растительности появляется *Equisetum hyemale* L., что связано с повышенной увлажненностью территории.

На площади 15 м² отмечено 18 особей, среди которых преобладают виргинильные. ЦП 2 относится к нормальной молодой ($\Delta = 0,15$; $\omega = 0,50$), неполночленной. Онтогенетический спектр одновершинный левосторонний с пиком на виргинильных особях. Половина особей обладает нормальной жизненностью, 33 % – повышенной и 17 % – пониженной.

Ценопопуляция 3 (ЦП 3) выявлена на пойменном разнотравном лугу к северу от предыдущих (координаты N 58°42'00,79" E 53°23'36,62"). С запада к лугу примыкает сосновый массив, расположенный на склоне. На границе этих сообществ встречается крупный еловый и осиновый подросты высокой жизненности и единичные особи *Rosa majalis* Herrm. Травостой слагают представители разнотравья (*C. scabiosa*, *G. mollugo*, *P. saxifraga*, *Alchemilla vulgaris* L., *Geranium pratense* L., *Rhinanthus leucorhynchus* (Scop.) Poll., *Achillea millefolium* L., *Hieracium umbellatum* L., *Origanum vulgare* L.), встречаются *Trifolium pratense* L. и *Dactylis glomerata* L.

ЦП 3 площадью 30 м² включает 13 особей, большая часть которых – генеративные. Она является нормальной, зреющей ($\Delta = 0,26$; $\omega = 0,75$), неполночленной. Онтогенетический спектр одновёршинный правосторонний. Почти половина (46 %) особей имеет пониженную жизненность, 31 % приходится на растения повышенной жизненности и 23 % – нормальной.

Анализ численности и онтогенетического состава показал, что ценопопуляции *L. martagon*, изученные на склоне крутизной 60–70° в сосняке вейниковом, имеют почти одинаковую численность (18–20 особей), характеризуются левосторонним онтогенетическим спектром с максимумом на виргинильных особях и значительным (83–85 %) преобладанием растений нормальной и повышенной жизненности. Ценопопуляция на пойменном разнотравном лугу насчитывает всего 13 особей, ее онтогенетический спектр меняется на правосторонний с пиком на генеративных растениях, доля особей нормальной и повышенной жизненности составляет всего 54 %. Все изученные ценопопуляции неполночленные.

В качестве рекомендаций по охране редкого вида предлагаем исключить из состава пастбищных угодий территорию пойменного луга, в границах которой расположена ЦП 3. В сосновом насаждении рекомендуем улучшить световой режим за счет выборки в первую очередь перестойных, пораженных вредителями и болезнями древесных пород. Для предотвращения сбора плодов лилии с семенами, проводить мероприятия со школьниками и местными жителями, направленные на знакомство с редкими растениями региона и мерами их охраны.

Список литературы:

1. Pelkonen V., Pirttilä A.M. Taxonomy and phylogeny of the genus *Lilium* // Floriculture ornamental biotech. 2012. V. 6, № 2. P. 1–8.
2. Bokov D.O., Luferov A.N., Krasnyuk I.I., Bessonov V.V. Ethno-pharmacological review on the wild edible medicinal plant, *Lilium martagon* L. // Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 2019. V. 18, № 7. P. 1559–1564.
3. Mullabaeva E.Z., Fatykhova A.V. Some characteristics of coenopopulation *Lilium martagon* L. in the southern Urals // Bulletin of the Orenburg State University. 2009. V. 6, № 100. P. 258–260.
4. Ståhlberg S., Svanberg I. Gathering food from rodent nests in Siberia // J Ethnobiol. 2010. V. 30, № 2. P. 184–202.
5. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / под ред. О.Г. Барановой, Е.П. Лачохи, В.М. Рябова, В.Н. Сотникова, Е.М. Тарасовой, Л.Г. Целищевой. Киров, 2014. 336 с.
6. Urbaniec-Kierpura M., Bach A. Effect of pre-storage on *Lilium martagon* L. seed longevity following cryopreservation // CryoLetters. 2014. V. 35, № 6. P. 462–472.
7. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 447 с.
8. Ниценко А.А. Растительная ассоциация и растительное сообщество как первичные объекты геоботанического исследования. Л., 1971. 184 с.
9. Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология. СПб., 1997. 316 с.
10. Ермакова И.М. Жизненность ценопопуляций и методы ее определения // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М., 1976. С. 92–105.
11. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Шорина Н.И. Особенности популяционной жизни растений // Популяционные проблемы в биогеоценологии. М., 1988. С. 24–59.
12. Кобозева Е.А. Состояние ценопопуляций *Lilium martagon* L. в лесостепной зоне Приволжской возвышенности // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. Вып. 25. С. 76–86.
13. Кобозева Е.А. Онтогенез *Lilium martagon* (Liliaceae) // Бот. журн. 2009. Вып. 94, № 2. С. 200–211.
14. Денисова Л.В., Никитина С.В., Заугольнова Л.Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений «Красной книги СССР». М., 1986. 34 с.
15. Заугольнова Л.Б. Основные характерные признаки ценопопуляций. Выбор участка и заложение площадок // Изучение структуры и взаимоотношение ценопопуляций: Методические разработки для студентов биологических специальностей. М., 1986. С. 3–12.
16. Заугольнова Л.Б. Типы возрастных спектров нормальных ценопопуляций растений // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М., 1976. С. 81–92.

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *COLCHICUM BULBOCODIUM*
SUBSP. *VERSICOLOR* (COLCHICACEAE) В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Т.А. Крицкая, В.С. Епифанов, А.С. Кашин

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

**MONITORING THE STATE OF CENOPOPULATIONS OF *COLCHICUM BULBOCODIUM*
SUBSP. *VERSICOLOR* (COLCHICACEAE) IN THE SARATOV REGION**

T.A. Kritskaya, V.S. Epiphanov, A.S. Kashin

Saratov State University, Saratov, Russia

kritskayata@info.sgu.ru

Аннотация. С 2014 г. сотрудниками Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского проводится мониторинг состояния семи ценопопуляций *Colchicum bulbocodium*, произрастающих на территории Саратовской области. В 2023 г. индекс виталитета в изученных ценопопуляциях имел близкие значения, равные или превышающие 1. В течение семи лет наблюдений зафиксированы волнообразные колебания индекса виталитета и значительное улучшение состояния растений в них в 2023 г.

Ключевые слова: брандушка, виталитет, эфемероид.

В российской ботанической литературе *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor* (Ker Gawl.) K. Perss. более известен как *Bulbocodium versicolor* (Ker Gawl.) Spreng., поскольку до настоящего времени остаются разночтения в понимании родовой принадлежности таксона. Одни авторы выделяют *Bulbocodium* в самостоятельный род [1], другие объединяют с родом *Colchicum* [2]. В нашей работе мы будем придерживаться международной номенклатуры (<https://powo.science.kew.org>), несмотря на то, что уточнение действительного систематического положения этого таксона остаётся актуальным.

Colchicum bulbocodium является реликтом послеледникового времени средиземноморского происхождения с дизъюнктивным ареалом [3]. Популяции *C. bulbocodium* в настоящее время представлены изолированными участками, некоторые из которых значительно уменьшаются в своей численности. Включен в Красную книгу Российской Федерации (как *B. versicolor*) со статусом 2a – сокращающийся в численности в результате нарушения местообитаний [4].

С 2014 г. сотрудниками ботанического сада Саратовского национального исследовательского университета им. Н.Г. Чернышевского проводится мониторинг состояния семи ценопопуляций (ЦП) *C. bulbocodium* [5, 6], произрастающих на территории Саратовской области: Krm-1, Krm-2 – Красноармейский р-н, окр. ст. Паницкая; Tat-1 – Татищевский р-н, окр. с. Широкое; Tat-2 – Татищевский р-н, окр. с. Курдюм; Rvn – Ровенский р-н, окр. п. Лиманный; Eng-1 – Энгельсский р-н, окр. п. Прилужный; Srt – Гагаринский р-н, окр. п. Красный Текстильщик. В представленной работе приведены новые результаты мониторинга этих популяций в 2023 г.

Состояние ЦП оценивали по виталитетной структуре. Виталитет определяли по общепринятой методике [7, 8]. Виталитетный тип ЦП выявляли с использованием критерия Q [7].

Как следует из табл. 1, жизненность изученных ЦП в пределах Саратовской области в 2023 г. имела близкие значения, равные или превышающие 1. Исключение составили ЦП Srt и Krm-2. Максимальный уровень виталитета отмечен в ЦП Eng-1 и составил 1.17. Большинство ЦП в 2023 г. имели виталитетный спектр с преобладанием особей среднего класса виталитета. Преобладание растений низшего класса виталитета отмечено в ЦП Гагаринского р-на (Srt).

В большей части ЦП, наблюдения в которых осуществлялись с 2014 г., максимальная жизненность отмечена в 2015, 2017 и 2023 гг. (табл. 2). Исключение составили ЦП Krm-2 и Srt: в ЦП Krm-2 максимальная жизненность зафиксирована только в 2017 г., в ЦП Srt – в 2016 г. При этом, в 2016 г. при максимальной жизненности ЦП Srt и Eng-1, все остальные исследованные ЦП

оказались угнетенными. Указанные годы характеризовались большим количеством теплых дней в период вегетации и цветения объекта (<http://rp5.ru/archive>).

Таблица 1. Характеристики жизненности и виталитетный тип ценопопуляций *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor* в 2023 г.

ЦП	Доля особей по классам виталитета, %			IVC	$I_Q = (a+b)/2c$	Q	Виталитетный тип ЦП
	a	b	c				
Krm-1	13.33	83.33	3.33	1.00	14.50	48.33	процветающая
Krm-2	0.00	70.00	30.00	0.88	1.17	35.00	процветающая
Tat-1	33.33	66.67	0.00	1.11	–	50.00	процветающая
Tat-2	10.00	80.00	10.00	1.01	4.50	45.00	процветающая
Rvn	16.67	83.33	0.00	1.07	–	50.00	процветающая
Eng-1	43.33	56.67	0.00	1.17	–	50.00	процветающая
Srt	0.00	36.67	63.33	0.77	0.29	18.33	депрессивная

Таблица 2. Значения IVC ценопопуляций *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor* за весь период мониторинга

ЦП \ Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2023
Krm-1	0.73	0.87	0.97	1.08	1.00	*	1.00
Krm-2	0.89	0.90	0.96	1.11	0.97	*	0.88
Tat-1	0.99	1.29	0.61	1.19	0.78	0.99	1.11
Tat-2	0.92	1.29	0.63	1.28	0.80	1.03	1.01
Rvn	0.92	1.31	0.82	1.23	*	1.30	1.07
Eng-1	0.92	1.12	1.29	*	*	*	1.17
Srt	0.91	0.80	1.20	0.86	0.45	0.76	0.77

Примечание: * – в данный год ЦП не исследовались или растения были в отцветающем состоянии.

Таким образом, в годы наблюдения в большинстве ЦП *C. bulbocodium* subsp. *versicolor*, произрастающих в Саратовской области, зафиксированы волнообразные колебания индекса виталитета и значительное улучшение состояния растений в них в 2023 г. Исключение составили ЦП Krm-2 и Srt, произрастающие на склонах балок, тогда как остальные ЦП расположены на выровненных участках. По-видимому, низкие индексы виталитета в ЦП Krm-2 и Srt из года в год являются следствием дефицита почвенной влаги.

Список литературы:

1. Oganezova G.H. On the treatment of *Merendera* and *Bulbocodium* (Colchicaceae) as separate genera // Flora Mediterranea. 2014. V. 24. P. 79–92.
2. Persson K., Petersen G., Hoyo A.D., Seberg O., Jørgensen T. A phylogenetic analysis of the genus *Colchicum* L. (Colchicaceae) based on sequences from six plastid regions // Taxon. 2011. V. 60. P. 1349–1365.
3. Сагалаев В.А., Шанцер И.А. Сем. 36. Colchicaceae DC. – Безвременниковые // Флора Нижнего Поволжья. Т. 1. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. С. 331–333.
4. Цвелев Н.Н. Брандушка разноцветная – *Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawl.) Spreng. // Красная книга Российской Федерации: растения и грибы. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. С. 339–340.
5. Куликова Л.В., Кашин А.С., Петрова Н.А., Шилова И.В. Некоторые особенности экологии *Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawl.) Spreng. (Colchicaceae, Magnoliophyta) в Нижнем Поволжье // Поволжский экологический журнал. 2018. № 2. С. 207–221.
6. Богослов А.В., Кашин А.С., Пархоменко А.С., Куликова Л.В., Шилова И.В., Князева А.К. Виталитетная структура популяций *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor* (Colchicaceae, Liliopsida) в условиях Нижнего Поволжья // Поволжский экологический журнал. 2021. № 2. С. 127–145.
7. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с.
8. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирнова Т.В. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского гос. заповедника // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биология. 2005. Вып. 1. С. 85–98.

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПАРУСНИКА АЛЬЦИНОЯ *BYASA ALCINOUS* (KLUG, 1896) (LEPIDOPTERA: PAPILIONIDAE) В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

И.С. Леонтьев, Е.А. Малышева, В.А. Чернышов
Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

FEATURES OF CULTIVATION OF THE SWALLOWTAILS ALCINOE *BYASA ALCINOUS* (KLUG, 1896) IN LABORATORY CONDITIONS

I.S. Leontiev, E.A. Malysheva, V.A. Chernyshov
Penza State University, Penza, Russia
leontiev.ilya2015@yandex.ru

Аннотация. В данной работе представлены результаты апробированной методики культивирования парусника Альциноя *Byasa alcinous* (Klug, 1896) в лабораторных условиях.

Ключевые слова: Papilionidae, *Byasa alcinous*, лабораторное культивирование.

Парусник Альциной (*Byasa alcinous* (Klug, 1896)) является редким представителем семейства парусники, который встречается на территории России. В пределах ареала, гусеницы Альциноя питаются аристолохией маньчжурской *Aristolochia manshuriensis* (Kom., 1904) [1]. В ходе экспедиции на Дальний Восток, которая проходила с 18 июля по 7 августа 2022 года, на территории Ботанического сада-института ДВО РАН, были обнаружены кормящиеся имаго *B. alcinous* второго поколения. Поэтому было решено обследовать кормовое растение вида *A. manshuriensis* (Kom., 1904) на наличие гусениц. После обследования аристолохии маньчжурской, были найдены гrena и гусеницы первых возрастов (L1-2). Собранный материал был привезён домой, где дорастивался на этом же растении. Преимагинальные стадии содержались при температуре +26-28С и относительной влажности воздуха 60-70%. Гусениц младших возрастов L1-L3 содержали в закрытых контейнерах объёмом 1 л., с проделанными по бокам отверстиями для вентиляции. Дно контейнера прокладывалось бумажными полотенцами, поверх которых выкладывались побеги кормового растения. Замена корма, также как и уборка, производились раз в 2-3 дня. Начиная с 4 возраста, гусеницы пересаживались в контейнер объёмом 18 л, дно которого также прокладывалось бумажными полотенцами, однако поверх них устанавливалась конструкция из садовой сетки, что помогало облегчить уборку. Начиная с 5 возраста, замена корма и уборка производились раз в 1-2 дня. Через некоторое время гусеницы стали окукливаться на сетчатой конструкции. После того, как куколки становились твёрдыми, их перекладывали в контейнер, дно которого было проложено бумажными полотенцами.

Стоит отметить, что цвет куколок варьировал от ярко-жёлтого до бежевого. Из 70 полученных куколок, только 4 были зимующими, они имели бежевый цвет, в то время как развивающиеся куколки имели ярко-жёлтый.

В конце августа появились первые особи третьего поколения. На второй день после выхода из куколки их начинали кормить 30% раствором фруктозы. В одном садке размером 400х400х600 мм содержались 4 пары имаго. В связи с тем, что данный вид копулирует непродолжительное время, было решено произвести повторное спаривание, вручную. После первого кормления у бабочек вырабатывался условный рефлекс и дальнейшее кормление не создавало проблем. В садок были установлены побеги кирказона ломоносовидного *Aristolochia clematitis* (Linnaeus, 1753) и *A. manshuriensis* на которые самки откладывали яйца. Стоит отметить, что для откладки яиц самкам необходим солнечный свет – в пасмурную или дождливую погоду они практически неактивны и сидят на одном месте. Отложенные яйца помещались в чашки Петри, где инкубировались в течение 4-6 дней. После этого, все стадии гусениц культивировали по методике, описанной выше. В конце сентября листья *A. manshuriensis* начали интенсивно желтеть, поэтому было решено докармливать *A. clematitis*, так как его побеги были ещё зелёными. Гусеницы начали активно поедать кирказон ломоносовидный, после чего окуклились. Единственным изменением в процессе выращивания было то, что начиная с 3 возраста (L3)

гусениц растили в полной темноте, тем самым это позволило получить большое количество зимующих куколок. Третье поколение данного вида, было успешно выращено и практически все полученные куколки ушли в зимовку, только из 5 куколок вывелись бабочки. Куколок, хранили в холодильнике при температуре +3-4 °С.

Весной 2023 года было проведено успешное культивирование *B. alcinous* на кирказоне ломоносовидном, что подтверждает возможность культивирования данного вида в европейской части России, не имея доступа к *A. manshuriensis*.

Разработанную методику можно будет применять для повышения численности парусника Альциноя в природе.

Список литературы:

1. Nakonechnaya O.V. et al. Genus Aristolochia of the Russian Far East (*Aristolochia manshuriensis* Kom. and *A. contorta* Bunge). Vladivostok: Dalnauka, 2014.

УДК 581.8:58.01/.07

КРИСТАЛЛОГЕНЕЗ В ОДНОЛЕТНЕМ ПОБЕГЕ КАТАЛЬПЫ, КАК РЕАКЦИЯ НА НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДЫ

Д.В. Лучкина, В.В. Коробко

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

CRYSTALLOGENESIS IN ONE-YEAR-OLD CATALPA SCOOTS, AS A REACTION TO ADVERSE ENVIRONMENTAL CONDITIONS

D.V. Luchkina, V.V. Korobko

Saratov State University, Saratov, Russia
dashutaluch@gmail.com

Аннотация. Объектом исследования служила катальпа – древесное растение, в сердцевине которого отсутствуют кристаллические включения. Анализ микропрепаратов однолетнего побега катальпы, испытывающих негативное антропогенное воздействие, показал образование кристаллов оксалата кальция в клетках сердцевины. Выявлены различия по форме, размеру и распределению кристаллов в сердцевине побега в зависимости от фактора, оказывающего неблагоприятное воздействие на растение.

Ключевые слова: катальпа, кристаллогенез, анатомия побега катальпы.

Объект исследования – *Catalpa bignonioides* Walter – древесное растение, которое характеризуется высокими декоративными качествами и благодаря таким качествам, как засухоустойчивость, жаростойкость, газостойкость, является популярной для культивирования в условиях городской среды.

Отбор проб производился в конце июля 2023 г. Объектами исследования служили растения катальпы, произрастающие в г. Энгельсе и имеющие признаки негативного влияния условий произрастания на физиологическое состояние растений.

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 [3]. Для идентификации тканей проводили комбинированную окраску препаратов 2% раствором метиленового синего и 1% раствором эозина. Фотографии получены при помощи цифровой камеры-окуляра SCIENTIFICC-MOUNTCAMERA 5.1 MP Aptinacolor CMOS для микроскопа Tension, Биомед 6 тринокулярный.

Согласно литературным данным [1, 2] и нашим исследованиям, 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.

Проведено исследование препаратов срезов растения с признаками дефицита железа (причиной такого состояния стало уплотнение почвы при проведении технических работ и загрязнение почвы строительными материалами, что привело к снижению аэрации, повышению значения pH). Сердцевина однолетнего побега катальпы состоит из рыхло расположенных клеток, при этом клетки перимедулярной зоны отличаются по размеру и содержат небольшое количество крахмальных зерен.

В сердцевине побега растения с признаками дефицита железа наблюдается большое количество крахмальных зерен в перимедулярной зоне и кристаллы оксалата кальция кубической и призматической формы в основной паренхиме сердцевины. Клетки, содержащие удлиненные призматические кристаллы (длина 7,2-8,4 мкм, диаметр – 3,2-4 мкм), расположены по периферии сердцевины, тогда как клетки с кристаллами кубической формы (с размером грани 3,6-4,2 мкм) неравномерно распределены по всему поперечному срезу сердцевины, при этом их количество увеличивается по направлению к перимедулярной зоне.

Изучены микропрепараты срезов побегов с дерева, произрастающего в городском парке г. Энгельса среди хвойных растений и, несмотря на регулярный полив, периодически демонстрирующего потерю листьями тургоресцентного состояния, подсыхание листьев побегов в нижней части кроны. В перимедулярной зоне обнаружено большое количество крахмальных зерен; в клетках основной паренхимы формируются призматические кристаллы (длина превышает ширину в 2-7 раз), кристаллы кубической формы и ромбоэдрической формы (8×8 мкм) (рисунок). Большая часть кристаллоносных клеток сосредоточена по периферии сердцевины. Установлено, что некоторые клетки основной паренхимы, примыкающие к перимедулярной зоне, содержат до 12 шт. кристаллов призматической формы разной длины (от 3 до 16 мкм) (рисунок, фото крайнее слева).

Растение, побеги которого также использовались в качестве объекта исследования, произрастает рядом с дорогой, по которой осуществляется интенсивное движение транспорта; полив не организован и в период отсутствия естественных осадков наблюдалось подвядание листьев. Изучение поперечных срезов однолетних побегов показало наличие немногочисленных кристаллов призматической формы (ширина 4-8 мкм, длина 7-13 мкм) и единичных сростков в клетках сердцевинной паренхимы. В клетках основной паренхимы, прилегающих к перимедулярной зоне выявлены кристаллы кубической формы (длина грани 7-9 мкм).

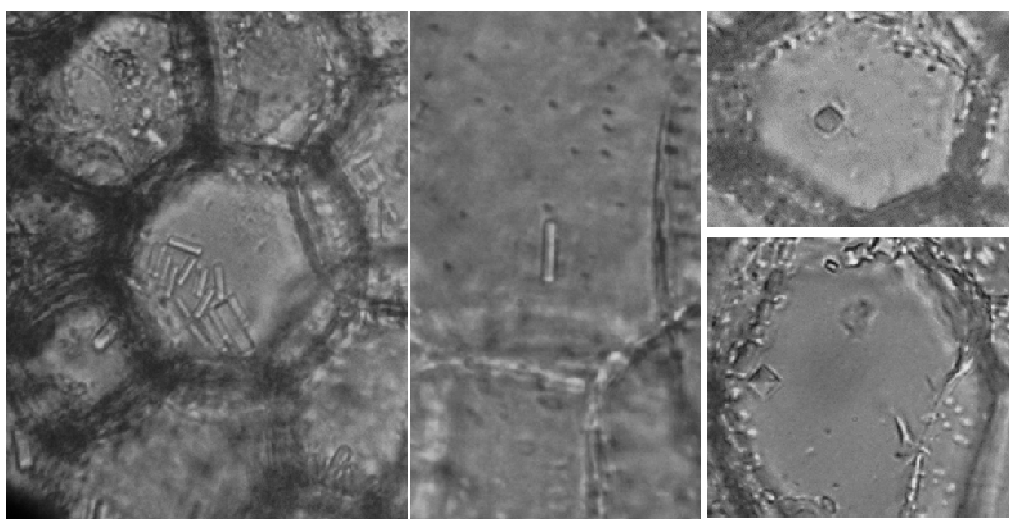


Рисунок. Кристаллы в паренхиме сердцевины *C. bignonioides* Walter

Принимая во внимание отсутствие кристаллических включений в тканях данного объекта в нормальном физиологическом состоянии, дальнейшее изучение особенностей кристаллогенеза

может способствовать использованию катальпы в качестве тест-объекта при проведении экологического мониторинга и при изучении представления о механизмах интеграции и регуляции метаболических процессов в растительном организме при действии различных факторов окружающей среды.

Кристаллогенез у растений катальпы в ответ на неблагоприятные условия окружающей среды представляет практический интерес, дополняя существующие представления о биологии этого вида.

Список литературы:

1. 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.
2. Рой Ю.Ф., Бойко В.И. Анатомическое строение коры однолетнего стебля *Catalpa speciosa* (Warder ex Barney) Warder ex Engelm. В условиях юго-запада Беларуси/ Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021. № 60. С. 147–150.
3. Коробко В.В., Касаткин М.Ю. Физиология растений. Большой практикум. Саратов: Саратовский источник, 2017. 120 с.

УДК 591.5

**ВИДОВОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СООТНОШЕНИЕ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ
НА ЕСТЕСТВЕННЫХ И НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КУЗБАССА**

М.А. Носков, А.С. Бабенко

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

**SPECIES AND QUANTITATIVE RELATIONSHIP OF IXODID TICKS
IN NATURAL AND DISTURBED TERRITORIES OF KUZBASS**

M.A. Noskov, A.S. Babenko

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

noskma@kemcardio.ru

Аннотация. Биологические и экологические особенности иксодовых клещей на антропогенно-нарушенных территориях в настоящий момент остаются малоизученными. Исследование антропогенно-нарушенных территорий в сравнении с естественными и биогеоценозами с низкой антропогенной нагрузкой различных типов местообитаний, проводимое с 2019 по 2022 года, имеет фундаментальное значение касаясь расселения и закрепления иксодид, представляющих реальную эпидемиологическую опасность в Кемеровской области-Кузбассе.

Ключевые слова: иксодовые клещи, численность, антропогенно-нарушенные территории.

В Кузбассе реальную эпидемиологическую опасность для людей представляют 4 вида клещей, а именно *Ixodes persulcatus*, *Ixodes pavlovskyi*, *Dermacentor reticulatus* и *Haemaphysalis concinna*. Остальные 7 видов, популяции которых достоверно зафиксированы, из-за биологических и экологических особенностей, например, норно-гнездового образа жизни или низкой численности, а также специфических прокормителей, эпидемиологической угрозы не представляют [1].

В ходе исследования сбор самцов и самок имаго иксодовых клещей проводились на учетных маршрута при помощи волокушы (флага). Для точного контроля пройденного маршрута в полевых исследованиях использовался GPS – трекер.

Камеральные работы по установлению видовой принадлежности акарологического материала проводились по методическим рекомендациям определения иксодовых клещей Западной Сибири, приведенным в монографии Якименко В. В. [2].

Универсальной учетной единицей в исследовании считается собранное количество клещей на флаг в пересчете на 1 км маршрута (экз./км).

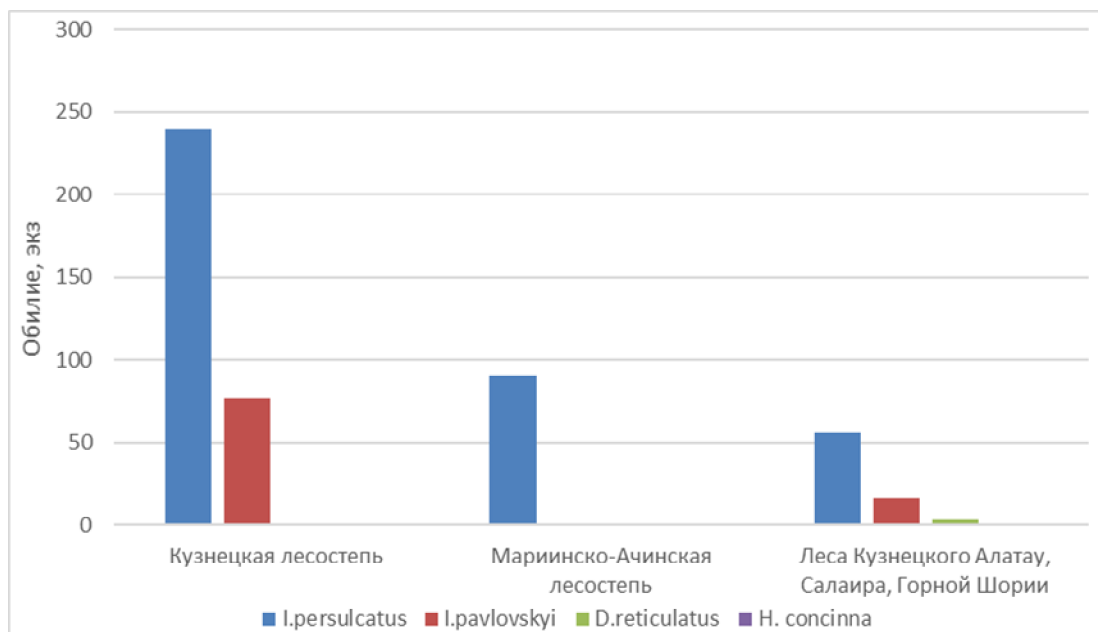


Рисунок 1. Количество клещей из сборов на флаг с естественных ландшафтов Кузбасса

Осмотр флага проводился каждые 20 шагов. Сбор клещей с флага осуществлялся пинцетом во влажные бинты, после чего бинты помещались в герметичные маркированные полиэтиленовые пакеты, которые временно хранились при температуре от 0 до + 4 градусов по Цельсию. Если маршрут проходил через разные биотопы, то, согласно методике [2], сборы с каждого биотопа проводились в отдельный бинт для корректного определения численности.

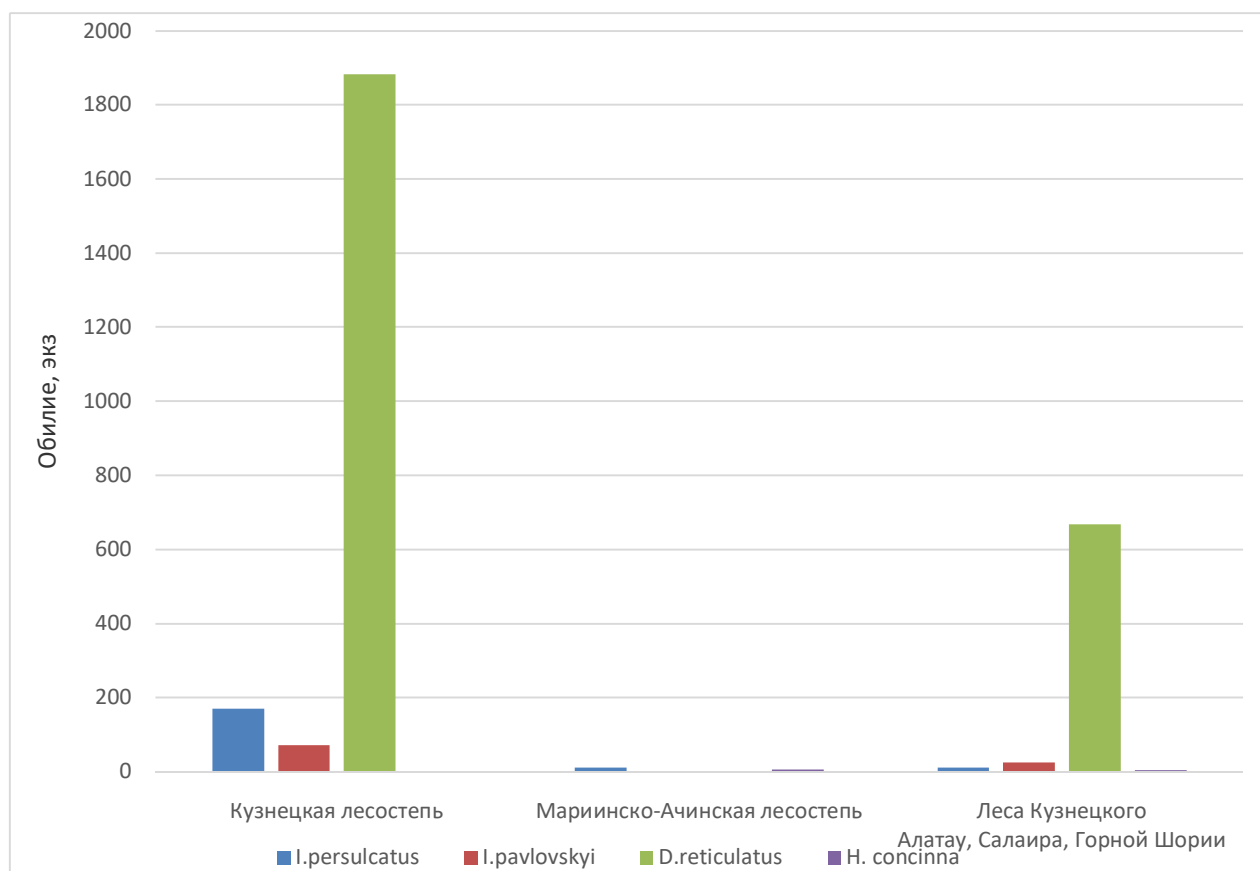


Рисунок 2. Количество клещей из сборов на флаг с нарушенных территорий Кузбасса

На основе данных, полученных за весь период исследований с 2019 по 2022 год

включительно на флаго–километр, были составлены диаграммы по количественному и видовому соотношению иксодовых клещей, представляющих реальную эпидемиологическую опасность на трех исследуемых территориях Кемеровской области по типам местообитания с естественных (рис. 1) и нарушенных (рис. 2) исследуемых участках – это Кузнецкая лесостепь, Мариинско-Ачинская лесостепь, а также леса Кузнецкого Алатау, Салаира и горной Шории.

Исследования на вышеуказанных территориях позволили установить относительную численность иксодовых клещей на километр, представляющих реальную эпидемиологическую опасность в Кемеровской области. Наивысший показатель обильности в Кузнецкой лесостепи на основании исследований нарушенных территорий имеет *D. reticulatus* - 12,6 экз./км., а на естественных территориях – *I. persulcatus*, где его обилие составляет 5,41 экз./км. В Мариинско-Ачинской лесостепи на естественных ландшафтах в рамках исследований был обнаружен только *I. persulcatus* в количестве 9,50 экз./км, на антропогенно нарушенных максимальную обильность показал *H. concinna* - 1,4 экз./км., также был обнаружен *I. pavlovskyi*, что говорит о его экспансии на север региона. В ненарушенных лесах Кузнецкого Алатау и Горной Шории наивысший показатель обилия имеет *I. persulcatus* - 1,39 экз./км., на антропогенно нарушенных - *I. persulcatus*, *I. pavlovskyi*, *H. concinna* встречаются в равной степени, явного доминирования какого-либо вида выявлено не было.

Современная акаралогическая ситуация в Кузбассе характеризуется участвовавшими случаями обращений людей с укусом клещей пастбищно-подстергающего типа, что свидетельствует о неблагоприятной эпидемиологической обстановке в регионе. Полученные нами данные о соотношении различных видов на ранее не обследованных территориях позволяют уточнить сведения о распределении иксодовых клещей и их численности, что в свою очередь вносит вклад в базу мониторинга переносчиков трансмиссивных заболеваний в Кемеровской области.

Список литературы:

1. Калягин Ю.С., Зубко К.С., Ефремова Г.В. Иксодовые клещи г. Кемерово и пути их проникновения в городскую черту: опыт теоретического исследования // Вестник Кемеровского государственного университета. 2010. С. 5–10.
2. Якименко В.В., Малькова М.Г., Шпынов С.Н. Иксодовые клещи Западной Сибири: фауна, экология, основные методы исследования. Омск, ООО ИЦ «Омский научный вестник», 2013. 240 с.

УДК 581.93

ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ СЕРОТОПОЛЕВНИКА ЛАНДЫШЕВОГО (*POPULUS CANESCENS*, *CONVALLARIA MAJALIS*) В ПОЙМЕ РЕКИ УРАЛ

М.А. Орлова

Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан

FEATURES OF THE FLORA OF GRAY POPLAR LILY OF THE VALLEY (*POPULUS CANESCENS*, *CONVALLARIA MAJALIS*) IN THE URAL RIVER FLOODLANDS

M.A. Orlova

Mahambet Utemisov West Kazakhstan university, Uralsk, Kazakhstan

anisaorlova@mail.ru

Аннотация. В настоящей статье описываются результаты исследования флористического состава серотополевника ландышевого (*Populus canescens*, *Convallaria majalis*) на двух ключевых участках: в центральной и притеррасной пойме на территории заказника «Дубрава», на левобережье реки Урал. Исследование и сбор данных проводились в летне-осенний период 2022-2023 годов.

Ключевые слова: пойма, серотополевник ландышевый, геоботанический анализ, флористический состав.

Район исследования располагается в Евразийской степной зоне среди типчаково-ковыльных степей, пересеченных рекой Урал (В. В. Иванов, 1956, К. Л. Тарасов, 1979, Е. М. Лавренко, 1991). В пределах Западно-Казахстанской области протяженность р. Урал составляет 840 км. В долине реки выделяются приустьевая, центральная и притеррасная поймы.

На исследуемой территории заказника проходит крайний юго-восточный ареал распространения уникального гибрида тополя белого (*Populus alba* L.) и дрожащего (*Populus tremula* L.) – тополя сереющего (*Populus × canescens* (Aiton) Sm.). В пределах ЗКО, данный вид встречается в пойменных лесах Кирсанова (Январцевский лесхоз), Бурлина (Бурлинское лесничество) и Красной школы (рисунки) [1].

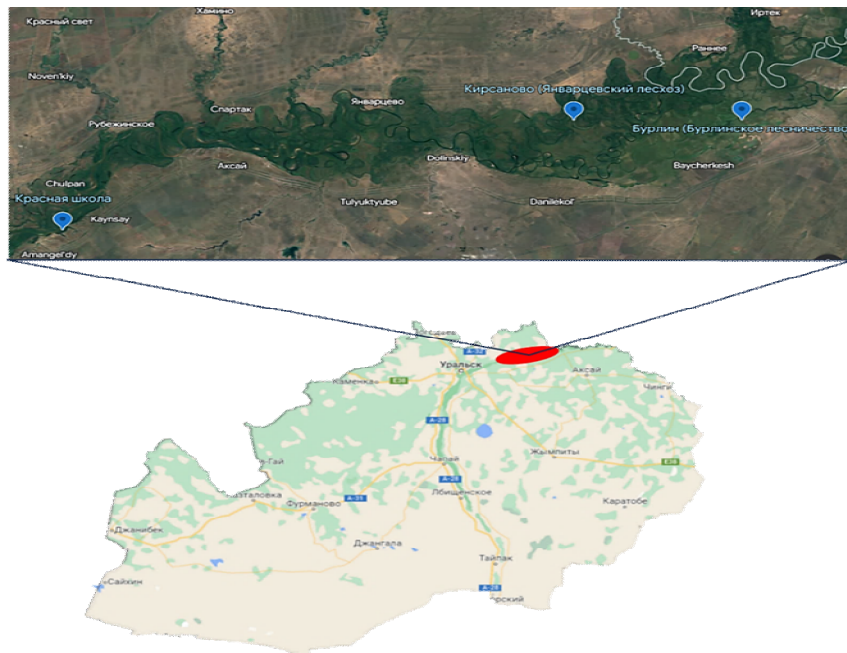


Рисунок. Ареал распространения тополя сереющего (*Populus × canescens* (Aiton) Sm.) в ЗКО

Также здесь произрастают такие редкие и исчезающие виды как бересклет (*Euonymus verrucosus* Scop.), орляк (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), дуб (*Quercus robur* L.), рябчик (*Fritillaria meleagris* L.), кирказон (*Aristolochia clematitis* L.) и др.

Цель исследования: изучение флористического состава серотопольника ландышевого на двух ключевых участках.

Задачи исследования:

1. познакомиться с методами исследования;
2. дать геоботаническое описание серотопольника ландышевого;
3. провести анализ флоры исследуемого сообщества;
4. сравнить видовой состав двух участков.

Основным методом изучения видового состава флоры исследуемой территории была закладка пробных площадок 400 м² (20*20 м). При проведении геоботанического анализа изучаемых сообществ определялся флористический состав, ярусность и жизненная форма.

Виды деревьев и кустарников определялись с использованием энциклопедий «Флора СССР» (5 том, 1936 г.) и «Флора Казахстана» (3 том, 1960 г.), определителя видового состава деревьев и кустарников В.В. Иванова и материалов по флоре и растительности Северного Прикаспия [2-5].

Нами был изучен флористический состав одного из самых интересных и уникальных сообществ тополя сереющего – серотопольника ландышевого (*Populus canescens*, *Convallaria majalis*). Для проведения сравнительного геоботанического анализа флоры выбрано два ключевых участка в центральной и притеррасной пойме. Результаты представлены в таблице.

Таблица. Сравнение флористического состава *Populus canescens*, *Convallaria majalis*

Притеррасная пойма	Центральная пойма
Древесный ярус	
<i>*Fraxinus americana</i> L. <i>*Populus × canescens</i> (Aiton) Sm. <i>*Populus alba</i> L. <i>Populus nigra</i> L. <i>Populus tremula</i> L. <i>Salix alba</i> L. <i>*Ulmus laevis</i> Pall	<i>Acer negundo</i> L. <i>*Fraxinus americana</i> L. <i>*Populus × canescens</i> (Aiton) Sm. <i>*Populus alba</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>*Ulmus laevis</i> Pall.
Полукустарниковый ярус	
<i>Rubus caesius</i> L.	-
Кустарниковый ярус	
<i>Prunus spinosa</i> L. <i>*Rhamnus cathartica</i> L. <i>*Rosa cinnamomea</i> L.	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Fisch. ex Wol. <i>Euonymus verrucosus</i> Scop. <i>Lonicera tatarica</i> L. <i>*Rosa cinnamomea</i> L. <i>*Rhamnus cathartica</i> L.
Травянистый ярус	
<i>*Aristolochia clematitis</i> L. <i>*Artemisia vulgaris</i> L. <i>Bidens tripartita</i> L. <i>Bromus inermis</i> Leys. <i>Carex vulpina</i> L. <i>*Cichorium intybus</i> L. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. <i>*Convallaria majalis</i> L. <i>Chelidonium majus</i> L. <i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski <i>Euphorbia seguieriana</i> Neck. <i>Festuca valesiaca</i> Gaudin <i>Festuca ovina</i> L. <i>Lathyrus tuberosus</i> L. <i>Medicago falcata</i> L. <i>Polygonum arenarium</i> Waldst. & Kit. <i>Trifolium montanum</i> L. <i>Thalictrum minus</i> L. <i>Veronica longifolia</i> L.	<i>Achillea millefolium</i> L. <i>Achillea ptarmicifolia</i> (Willd.) Rupr. ex Heimerl <i>Angelica sylvestris</i> L. <i>*Aristolochia clematitis</i> L. <i>*Artemisia vulgaris</i> L. <i>Bromopsis riparia</i> (Rehmann) Holub <i>Campanula bononiensis</i> L. <i>*Convallaria majalis</i> L. <i>*Cichorium intybus</i> L. <i>Chaiturus marrubiastrum</i> (L.) Ehrh. ex Rchb. <i>Fritillaria meleagris</i> L. <i>Humulus lupulus</i> L. <i>Lythrum virgatum</i> L. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. <i>Malva thuringiaca</i> (L.) Vis. <i>Melica nutans</i> L. <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn <i>Plantago major</i> L. <i>Silene nutans</i> L. <i>Silaum silaus</i> (L.) Schinz & Thell. <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni <i>Tragopogon dubius ssp. Major</i> (Jacq.) Vollm. <i>Trifolium repens</i> L. <i>Viola canina</i> L.
Общее число видов	
31	35

Примечание. * сходные виды.

Таким образом, в притеррасной пойме флористический состав древесных пород более богатый присутствием родов и видов из семейства ивовых (*P. canescens* (Aiton) Sm., *P. alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L., *Salix alba* L.). Зато в центральной пойме произрастают дуб (*Quercus robur* L.), бересклет (*Euonymus verrucosus* Scop.), ландыш (*Convallaria majalis* L.), занесенные в Красную Книгу Казахстана.

Полукустарниковый ярус в центральной пойме отсутствует, но кустарниковый более разнообразен (5 видов), по сравнению с притеррасной поймой (3 вида).

Травянистый покров центральной поймы более мезофитный, состоит из ландыша (*Convallaria majalis* L.), коостра (*Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub), клевера (*Trifolium repens* L.), кирказона (*Aristolochia clematitis* L.) и др. Здесь наиболее богато представлены виды семейства *Asteracea*, но семейство *Fabaceae* представлено всего лишь одним видом, в отличие от притеррасной поймы, где их 3 (*Medicago falcata* L., *Trifolium montanum* L., *Lathyrus tuberosus* L.).

Общее число видов во флоре исследуемого сообщества в притеррасной пойме составляет 31, а в центральной – 35. Причем оба участка имеют лишь 10 общих видов растений.

Флористический состав исследуемого сообщества имеет свою уникальность, самобытность, ботанико-географическую специфичность и характеризуется как лесная бореальная мезофитная флора. Особые микроклиматические условия поймы способствовали сохранению ценнейших лесных и степных видов. Многие из них редкие и уникальные и сохранились только здесь.

Благодарность:

Автор выражает благодарность научному руководителю, д.б.н., профессору Дарбаевой Талшен Есеномановне за важные правки и советы при проведении исследований и написании статьи.

Список литературы:

1. Орлова М.А. Ботанико-географический анализ флоры серотопольника ландышевого (*Populus canescens convallaria majalis*) на территории заказника «Дубрава» в пределах Западно-Казахстанской области. [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. Нефтекамск: НИЦ «Мир науки», 2023. С. 11. URL: http://science-pease.ru/files/SPNO_2023.pdf (дата обращения: 27.09.2023)
2. Флора СССР / под ред. Комаров В.Л. М.: Издательство Академии наук СССР, 1936. Т. 5. С. 226.
3. Флора Казахстана / под ред. Павлов Н.В. Алма-Ата: Издательство Академии наук Казахской ССР, 1960 г. Т. 3. С. 41–42.
4. Иванов В.В. Определитель деревьев и кустарников Западного Казахстана. Уральск, 1949. 46 с.
5. Иванов В.В. Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. Л., 1964–1989 гг.

УДК 595.754 (470.324)

ТРЕХЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДВУХ ВИДОВ КЛОПОВ-ЩИТНИКОВ РОДА *AELIA* (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE) НА ГАРЯХ УСМАНСКОГО БОРА (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ПРОЦЕССЕ ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

В.А. Соболева, В.Б. Голуб

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

THREE-YEAR POPULATION DYNAMICS OF TWO STINK BUGS SPECIES OF THE GENUS *AELIA* (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE) IN THE BURNT AREAS OF THE USMANSKY FOREST (VORONEZH REGION) IN THE PROCESS OF POST-PYROGENIC SUCCESSION

V.A. Soboleva, V.B. Golub

Voronezh State University, Voronezh, Russia

strekozavr@bk.ru

Аннотация. На основе сборов и количественных учетов на зарастающих естественным путем горях в Усманском бору (Воронежская область) после пожара 2010 г. изучены сроки формирования популяций двух индикаторных видов клопов – *Aelia acuminata* и *Ae. rostrata* (Heteroptera, Pentatomidae). Установлено, что мезофильный *Ae. acuminata* появился на бывших горях через 6–7 лет после пожара, ксерофильный *Ae. rostrata* – через десять, демонстрируя процесс ксерофилизации постпирогенной экосистемы в условиях лесостепи.

Ключевые слова: полужесткокрылые, гаревые участки, пожары, Усманский бор.

Изучение процессов постпирогенной сукцессии имеет существенное значение в понимании механизмов восстановления естественной растительности после природных и антропогенных пожаров. Эти процессы традиционно изучаются, преимущественно, в лесных и степных зонах Северного полушария, где уже выявлен ряд закономерностей восстановления и трансформации соответствующих экосистем [1, 2]. О постпирогенных же сукцессиях в лесостепной зоне известно очень мало.

В 2010 году в условиях аномально жаркой погоды на значительной части Усманского бора

(Воронежская область) прошла череда природных пожаров. Стихийное бедствие затронуло несколько лесных кварталов, прилегающих непосредственно к биоцентру Воронежского государственного университета «Веневитиново» (20 км СВ Воронежа).

На образовавшихся после пожаров обширных гарях вначале были проведены санитарно-оздоровительных мероприятия (выборочные и сплошные рубки, вывоз валежника), а несколько позже лесовосстановительные работы. Однако в некоторых кварталах с целью наблюдения за естественным лесовозобновлением такие работы проведены не были. В результате за несколько лет на песчаной и супесчаной почве сформировалась преимущественно травянистая и разреженная древесно-кустарниковая растительность, характерная для открытых, хорошо прогреваемых биотопов с преобладанием в составе травостоя ксерофитных видов. Среди древесной растительности на возвышенных участках преобладает береза повислая, встречаются также одиночные деревья дуба черешчатого и сосны обыкновенной. В заболоченных понижениях ландшафта сформировались заросли осины и березы.

На территории 22-го квартала Сомовского лесничества вблизи биоцентра «Веневитиново» в Усманском бору в 2021–2023 гг. (с мая по октябрь) на бывших гарях нами были проведены сбор материала и количественные учеты полужесткокрылых насекомых с целью выяснения видового состава, их доминантной структуры и динамики. Общие сборы материала проводились стандартными методами: 1) энтомологическим сачком в разных местах бывших гарей, с учетом биотопических различий; 2) с помощью почвенных ловушек Барбера. Количественные учеты в модельном квартале проводились первым автором настоящей статьи методом энтомологического кошения – по 100 взмахов энтомологическим сачком на трех линиях.

В процессе проведения сборов и учетов нами было обращено внимание на соотношение численности двух видов клопов-щитников: элии остроголовой (*Aelia acuminata* (Linnaeus, 1758)) и элии носатой (*Aelia rostrata* Boheman, 1852).

В пределах европейской части России оба вида распространены достаточно широко и имеют сходные, но не идентичные ареалы и экологические требования. Элия остроголовая – транспалеаркт, в европейской части России распространена почти повсеместно, кроме крайнего Севера. Умеренно мезофильный вид. Элия носатая имеет, в целом, более южный ареал и на севере распространена только до Московской, Пензенской и Нижегородской областей. Степной умеренно ксерофильный вид [3, 4]. Оба вида трофически связаны со злаками. В Воронежской области представлены оба вида [5]. При этом элия остроголовая – почти эвритопный вид, обитающий как на широко открытых участках, так и в лесных массивах, и на лугах. Элия носатая в своем обитании приурочена только к открытым биотопам степного типа [3].

Наблюдения за процессом постпирогенной сукцессии на гарях Усманского бора позволили установить, что устойчивая группировка *Ae. acuminata* в модельном квартале 22 образовалась примерно через 6–7 лет после пожара, в связи формированием на бывших гарях разнотравно-злаковых ассоциаций. При этом *Ae. rostrata* в обследованном биотопе отсутствовала. Единичные особи этого вида были нами обнаружены только на одиннадцатый год после пожара, в 2021 г. (рис. 1), когда на бывшей гари уже в течение нескольких лет стала преобладать степная злаковая растительность с отчетливым доминированием *Calamagrostis epigejos* и других злаков. Именно этим, а также высокими среднесуточными температурами, объясняется тот факт, что уже в 2022 г. численность степного ксерофильного вида, *Ae. rostrata*, фактически сравнялась с таковой мезофильного *Ae. acuminata* (рисунок).

Элия носатая встречалась на большей части модельного квартала 22, кроме нескольких пониженных заболоченных участков. Синхронное развитие в одних и тех же условиях температуры и влажности (ксерофитных) и на одних и тех же кормовых растениях и равная численность имаго в середине июля, свидетельствуют о соответствии в 2022 г. комплекса абиотических и биотических факторов экологическим требованиям обоих видов. При этом на прилегающих небольших открытых участках лесного массива в разные сроки встречались личинки и имаго *Ae. acuminata* при полном отсутствии *Ae. rostrata*.

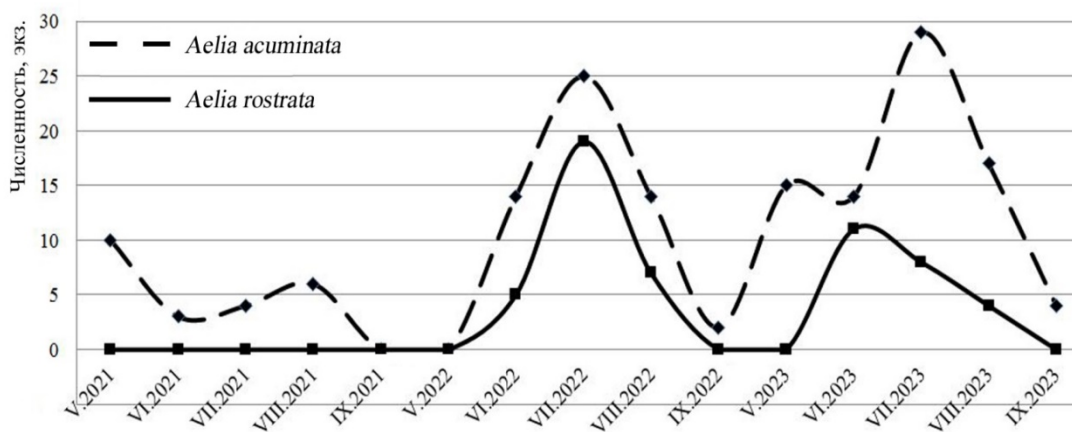


Рисунок. Сезонная динамика численности клопов-фитофагов *Aelia acuminata* и *Ae. rostrata* в окрестностях биоцентра ВГУ «Веневитиново» (20 км СВ Воронежа, Усманский бор) в 2021–2023 гг. по результатам учетов в модельном лесном квартале с зарастающей растительностью после пройденного пожара в 2010 г.

Резкое снижение численности *Ae. rostrata* в 2023 г. при возрастании численности *Ae. acuminata* связано, очевидно, с более низкими среднесуточными температурами весной и в начале лета, по сравнению с таковыми 2022 г. Именно в первой половине лета происходит развитие личинок обоих видов. Для личинок *Ae. acuminata* эти условия оказались соответствующими их экологическим требованиям.

Существование в течение, по крайней мере, двух лет группировки успешно развивающихся *Ae. rostrata* на зарастающей гари – одно из свидетельств естественного формирования на таких бывших гарях биоценоза степного экологического облика при отсутствии полноценного процесса восстановления прежней лесной экосистемы. С учетом наших наблюдений в отношении других представителей этого же отряда [6–8], можно констатировать, что, в целом, фауна полужесткокрылых насекомых лесного массива в процессе постпирогенной сукцессии несколько обогатилась видами, приуроченными к открытым биотопам степного типа.

Список литературы:

1. Flannigan M.D., Stocs B.J., Wotton B M. Climate change and forest fires // Sci. Total Environ. 2000. V. 1. P. 221–229.
2. Гонгальский К. Б. Лесные пожары и почвенная фауна.. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 169 с.
3. Пучков В.Г. Щитники // Фауна Украины, 21(1). Київ: Видавництво Академії наук Української РСР, 1961. 340 с.
4. Пучков В.Г. Отряд полужесткокрылые – Hemiptera // Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений, 1. Вредные нематоды, моллюски, членистоногие. (Васильев В. П., Долин В. Г. ред.). 2-е изд., испр. и доп. Киев: Урожай, 1987. С. 279–305.
5. Коринек В.В. Фауна настоящих полужесткокрылых насекомых (Hemiptera, Heteroptera) Хоперского гос. заповедника // Труды Хоперского гос. заповедника. Воронеж. 1940. Т. 1. С. 174–218.
6. Соболева В.А., Голуб В.Б. Сезонная динамика численности клопа *Chorosoma schillingii* (Schilling, 1829) Heteroptera, Rhopalidae) на участке бывшего пожара в Усманском бору // Состояние и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. Воронеж: Истоки, 2022. Вып. 34. С. 91–96.
7. Соболева В.А., Голуб В.Б. Постпирогенные изменения в структуре комплекса полужесткокрылых насекомых (Hemiptera, Heteroptera) в Усманском бору (Воронежская область) // Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде: материалы 17-й Международной научной экологической конференции. Белгород: Издательский дом «БелГУ», 2022. С. 181–184.
8. Соболева В.А., Голуб В.Б. Специфика заселения полужесткокрылыми насекомыми (Heteroptera) гарей в лесостепи на примере Усманского бора Воронежской области // Состояние и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. Воронеж: Истоки, 2023. Вып. 35. С. 52–57.

**ОНТОГЕНЕЗ ДЕРЕВА КАК МОДУЛЬНОГО ОРГАНИЗМА
(НА ПРИМЕРЕ *QUERCUS ROBUR* L.)**

М.Н. Стаменов

Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина,
Нижний Новгород, Россия

**ONTOGENY OF A TREE AS A MODULAR ORGANISM
(ON THE EXAMPLE OF *QUERCUS ROBUR* L.)**

M.N. Stamenov

Nizhny Novgorod state pedagogical university, Nizhny Novgorod, Russia
mslv-eiksb@inbox.ru

Аннотация. Обобщены результаты исследований побеговых систем и морфогенеза кроны у *Quercus robur* L. в различных природных зонах Европейской России. Показано, что архитектурная единица вида реализуется через четыре архитектурных типа, которые впервые проявляются в виргинильном онтогенетическом состоянии. В ходе онтогенеза крона претерпевает количественные и качественные перестройки. По конфигурации осей и интенсивности вторичного побегообразования наиболее своеобразны особи, произрастающие на востоке Приволжской возвышенности.

Ключевые слова: *Quercus robur* L., биоморфология, побеговая система, архитектурный тип.

Согласно современным представлениям, на организменном и в ряде случаев на популяционном уровнях организации растения развиваются как системы иерархически соподчиненных единиц, или модулей [1, 2]. Разнообразие наблюдаемых габитусов растений обеспечивается комбинированием нескольких исходных типов модулей, их количественными и качественными модификациями и способностью к регенерации и замене утраченных структур. Данные явления особенно характерны для жизненной формы дерева. Так, высокую пластичность форм на уровне от ветви до кроны в целом можно наблюдать у эдификатора зоны широколиственных лесов [3] и основного лесообразователя лесных массивов лесостепной и степной зон [4] – дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). В данном сообщении автор хотел бы кратко рассказать о промежуточных результатах исследований различных уровней побеговых систем *Q. robur* в российской части ареала на пространстве от южной тайги до сухой степи.

Изучали виргинильные и генеративные (от молодого до старого генеративного состояния включительно) особи *Q. robur* всех категорий жизненности. Категории онтогенетического состояния и жизненности выделяли согласно принятым в популяционно-онтогенетических исследованиях критериям [5]. В качестве уровней организации кроны, в целом в соответствии с классификацией И.С. Антоновой и Е.В. Фатьяновой [6] рассматривали годичный побег (только у виргинильных особей), двулетнюю побеговую систему (ДПС), ветвь от ствола и совокупность ствола и ветвей от ствола. В южной тайге исследования проводили в парковых насаждениях на выходах гранитов (Монрепо, Ленинградская область) и в пойменных дубравах (Новгородская, Ярославская и Костромская области). В зоне хвойно-широколиственных лесов – в различных ассоциациях сосняков, ельников, мелколиственных лесов и в пойменных лугах, в водораздельных и пойменных дубравах (Псковская, Московская, Владимирская, Ивановская, Нижегородская области, Татарстан). В зоне широколиственных лесов – в старовозрастных полидоминантных дубравах и на суходольных лугах (Калужская и Тульская области). В зоне лесостепи – в островных и нагорных сосняках, дубравах всех типов, в редколесьях на выходах карбонатных и бескарбонатных пород в различных элементах рельефа (Воронежская, Тамбовская, Пензенская, Ульяновская, Самарская, Саратовская области). В степной зоне – в искусственных сосновых насаждениях, на залежах по пологим водоразделам, в сомкнутых байрачных дубравах по глубоким узким балкам и в дубовых редколесьях на останцовых грядах (Саратовская и Волгоградская области). Всего описано несколько тысяч особей.

Исследования показывают, что на протяжении виргинильного онтогенетического состояния у особей *Q. robur* формируются несколько типов кроны в пределах архитектурной единицы вида. Выделенные типы были обозначены автором как архитектурные типы (АТ) [7]. Первоначально названия АТ были даны по экотопическому принципу («Луговой», «Опушечный», «Лесной 1», «Лесной 2»), поскольку на западе зоны хвойно-широколиственных лесов наблюдается хорошее соответствие между конструкцией кроны у *Q. robur* и условиями освещения, а прочие экологические факторы оказывают значительно меньшее влияние на формирование архитектуры кроны. По мере того, как исследованиями охватывались местообитания с более жестким абиотическим давлением на виргинильные особи *Q. robur*, стало очевидно, что особи, в целом соответствующие «Луговому» АТ, могут произрастать при сильном затенении, и, напротив, особи с конструкцией «Лесных» АТ растут при полном освещении на выходах горных пород по склонам разной крутизны. Поэтому в дальнейшем мы будем обозначать АТ римскими цифрами.

Каждый АТ характеризуется определенным паттерном нарастания, конфигурации и взаиморасположения ствола и ветвей ствола. Так, для АТ I характерны неустойчиво-моноподиально нарастающие и ортотропно ориентированные ствол и ветви от ствола. В оптимальных условиях роста особи данного АТ также характеризуются регулярным и разнообразным ветвлением на осях I–II видимого порядков. При ухудшении освещения и по мере усиления континентальности климата в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов и отчасти лесостепи интенсивность и регулярность ветвления резко снижаются. В островных лесах лесостепи у части особей наблюдается «смещение» вверх по стволу зоны с косонаправленными (ортотропными) ветвями. В открытых местообитаниях возвышенных элементов рельефа на востоке Приволжской возвышенности у особей с базовыми характеристиками АТ I зачастую изменяется отношение ширины кроны к ее высоте: ветви растут интенсивнее ствола. Также в целом в условиях лесостепи и степи увеличивается доля особей с протяженными зонами на стволе, состоящими из плагиотропных и загнутых вниз ветвей. Крона особей АТ II также образована неустойчиво-моноподиально нарастающими осями, однако вдоль ствола перемежаются косонаправленные и плагиотропные ветви. В остепненных островных борах у особей данного АТ значительно увеличивается доля плагиотропных и поникающих ветвей. Кроме того, при недостаточном увлажнении, независимо от уровня освещенности, ствол особей АТ II может существенно отклоняться от ортотропного роста, переходя к дугообразному направлению. У АТ III и IV в составе осей I–II видимых порядков в разных соотношениях сочетаются симподии с относительно короткими (менее 5–10 см) годичными побегами и моноподии с годичными побегами длиной 15–30 см. При этом у АТ II–IV в составе ДПС ствола или скелетной ветви обычно образуется не более 5 боковых побегов, включая 1–2 сильных побега. У АТ III–IV симподии могут образовывать ложнодихотомические структуры, при этом у АТ IV такие структуры замещают ствол, в результате чего крона принимает Y-/V-/L-/Г-образные формы.

В ходе онтогенеза крона дерева претерпевает как количественные, так и качественные изменения. Количественные преобразования заключаются не только в удлинении ствола и ветвей от ствола, но и в отмирании ранее образованных ветвей и побеговых систем более низкого ранга. У большинства особей в генеративном периоде онтогенеза в сомкнутых древостоях во всех природных зонах и типах местообитаний ствол очищается от ветвей на 40–70% в направлении вершины кроны. У отдельно стоящих деревьев и в разреженных насаждениях этот процесс выражен слабее. Кроме того, начиная со средневозрастного онтогенетического состояния у большинства особей в сомкнутых древостоях в верхней трети–четверти кроны ствол разделяется на дочерние оси по принципу ложной дихотомии, сходные структуры образуются и у части ветвей. И в северных пойменных дубравах, и в нагорных неморальных и остепненных дубняках также широко распространено явление немедленной реитерации. Оно заключается в том, что одна из ветвей от ствола или осей, замещающих ствол, берет на себя часть функции ствола и фактически воспроизводит строение кроны целиком. В ряде случаев наблюдается явление множественной реитерации: как вдоль ствола, так и из одного-двух ярусов ветвей.

В разреженных дубравах востока Приволжской возвышенности (на склонах и вершинах останцовых гряд) и песчаных террас Заволжья средневозрастные генеративные особи *Q. robur*

(как правило, порослевого происхождения) в 2–3 раза ниже, чем в пойменных и нагорных местообитаниях с нормальным увлажнением в пределах западной и центральной части ареала вида в пределах России. При этом скелетные оси разных порядков у данных особей нарастают преимущественно симподиально и регулярно образуют ложнодихотомические структуры, даже если в качестве их исходного АТ диагностируется АТ I. Кроме того, у таких «кривоствольных» деревьев обычно развивается мощная вторичная крона, в том числе за счет ветвей-реинтератов.

Таким образом, промежуточные результаты исследований организации побеговых систем *Q. robur* показывают, что вид обладает высокой пластичностью, которая реализуется как в пределах одной природной зоны, так и при усилении континентальности климата. Очевидно, подобный набор адаптаций позволяет виду формировать популяции в пределах достаточно большого ареала.

Список литературы:

1. Антонова И.С., Азова О.В. Архитектурные модели кроны древесных растений // Ботанический журнал. 1999. Т. 84, № 3. С. 10–28.
2. Савиных Н.П., Мальцева Т.А. Модуль у растений как структура и категория // Вестн. Тверск. гос. ун-та. Сер. «Биология и экология». 2008. Вып. 9. С. 227–233.
3. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн. 1. 479 с. Кн. 2. 575 с.
4. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
5. Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: an overview // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. V. 2, № 1. P. 1–31. DOI: 10.21685/2500-0578-2016-2-1.
6. Антонова И.С., Фатянова Е.В. О системе уровней строения кроны деревьев умеренной зоны // Ботан. журн. 2016. Т. 101, № 6. С. 628–649. doi: 10.1134/S000681361606003X.
7. Стаменов М.Н. Поливариантность габитуса виргинильных и молодых генеративных особей *Quercus robur* L. (Fagaceae) в фитоценозах бассейна Верхней и Средней Оки // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2020. Т. XIV, № 1. С. 66–90. doi: 10.24411/2072-8816-2020-10066.

УДК 58.009

**НЕКОТОРЫЕ РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ
АРЧЕДИНО-ДОНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА**

М.А. Ткаченко

Волгоградский региональный ботанический сад», Волгоград, Россия
Волгоградский государственный социально-педагогический университет,
Ботанический сад, Волгоград, Россия

SOME RARE PLANT SPECIES OF THE ARCHEDINSKO-DONSKIE PESKI

M.A. Tkachenko

Volgograd Regional Botanical Garden, Volgograd, Russia
Volgograd State Socio-Pedagogical University, Botanical Garden, Volgograd, Russia
marya.tkachenko@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены основные итоги полевых исследований, проведенных сотрудниками Волгоградского регионального ботанического сада на территории Арчедино-Донского песчаного массива в 2023 году. Указан список редких видов, приведены краткие описания их местообитаний, охарактеризовано их распределение по различным типам растительных сообществ. Описаны особенности нахождения некоторых редких видов растений в искусственных посадках *Pinus sylvestris* L.

Ключевые слова: редкие виды, Арчедино-Донской песчаный массив, Красная книга.

Ежегодно сотрудниками ГБУ ВО "Волгоградский региональный ботанический сад" проводятся рекогносцировочные выезды в различные районы Волгоградской области с целью мониторинга и учета редких и охраняемых видов растений и других организмов занесенных в

Красную книгу Волгоградской области [1]. Все полученные результаты аккумулируются в виде Базы данных, которую ведут сотрудники Ботанического сада.

В 2023 году для пополнения Базы данных было заложено 5 протяженных маршрутов. Одним из самых продуктивных в плане различных флористических находок стал маршрут проложенный через Арчедино-Донские пески, представляющие собой крупный массив бугристых песков и прилегающие к ним участки поймы реки Дон. Специфичность условий обитания позволяет сохраняться здесь многим видам редких растений. Были обследованы сообщества, сформированные на легких песчаных почвах: степи на песках, луга, бугристые пески, пойменные и аренные леса, постоянные водоемы в песках, старицы. Особый интерес представляет нахождение редких видов растений среди искусственных посадок *Pinus sylvestris* L. В таблице указаны редкие виды растений, встреченные на маршруте.

Таблица. Редкие виды растений, встреченные на маршруте в пределах Арчедино-Донских песков

№ п/п	Вид	Категория редкости	Тип сообщества	Число встреч	Число точек, внесенных в Базу данных
1	<i>Campanula rapunculus</i> L.	ККВО 3г	Аренный лес; опушка лесопосадок <i>Pinus sylvestris</i> L.	2	2
2	<i>Platanthera chlorantha</i> (Cust.) Reichenb.	ККВО 3г	Аренный лес	1	0
3	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	ККВО 1б	Опушка аренного леса с постоянным водоемом в центре	1	0
4	<i>Juniperus sabina</i> L.	ККВО 2а	Опушка лесопосадок <i>Pinus sylvestris</i> L.; бугристые пески	2	2
5	<i>Dianthus squarrosus</i> M. Bieb.	МСВО	Бугристые пески	2	2
6	<i>Aldrovanda vesiculosa</i> L.	ККВО* 1в ККРФ** 3	Постоянный водоем в песках	1	1
7	<i>Nymphaea candida</i> J. Presl & C. Presl	МСВО	Старица	1	1
8	<i>Centaurea gerberi</i> Steven	ККВО 2а	Степь н песках	1	0
9	<i>Iris pumila</i> L.	ККВО 5б	Степь на песках	1	1
10	<i>Orobanche coerulescens</i> Stephan ex Willd.	МСВО	Степь на песках	1	1
11	<i>Phelipanche lanuginosa</i> (C.A. Mey.) Holub	ККВО 4	Степь на песках	1	1
12	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	МСВО***	Черноольшаник	2	1
13	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	МСВО	Черноольшаник	1	1
14	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	МСВО	Черноольшаник	1	1

* - Красная книга Волгоградской области [1];

** - Красная книга Российской Федерации [2];

*** - Виды растений, являющиеся объектами специального внимания и мониторинга на территории Волгоградской области [3].

Из таблицы видно, что всего было встречено 14 видов редких растений, причем данные об 11-ти из них были внесены в Базу как ранее не учтенные.

Особый интерес представляет находка *Aldrovanda vesiculosa* L., так как ранее об этом виде с западной части Арчедино-Донских песков было известно только по устным указаниям А.В. Попова без точной привязки к местности. В текущем году нам удалось установить точное местонахождение этого вида. Растения были встречены в постоянном водоеме среди песков (3,3 км ЮЮВ хут. Пичугин Серафимовичского района, 27.06.2023), в воде вдоль берега, заросшего *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. в постоянной тени (последнее не соответствует описанию типичного местообитания, приведенного в Красной книге [1]). Это вторая достоверная находка данного вида для территории Волгоградской области.

Также было встречено еще одно редкое водное растение – это *Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl которая распространена в основном на серо-западе Волгоградской области. В этот раз она была обнаружена в старице реки Дон – озере Княжное. Основная масса растений была сосредоточена в центральной и северной части водоема и перекрывала около 15% водного зеркала.

В тенистых, но без избыточного увлажнения, аренных лесах окрестностей хутора Гуляевка Фроловского района, был проведен очередной мониторинг популяции *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., впервые отмеченной здесь в 2011 году. Популяция находится в хорошем состоянии, большинство растений находилось в стадии конца цветения – начала плодоношения. Возрастной спектр популяции также включает в себя виргинильные особи.

Довольно устойчивая ранее популяция *Lycopodium clavatum* L. расположенная по опушке аренного леса сейчас находится в опасности. Здесь была зарегистрирована активная хозяйственная деятельность (выпас скота), в дальнейшем это может привести к деградации местообитания и полной утрате популяции. О данном факте было сообщено в администрацию Природного парка «Усть-Медведицкий», так как данная популяция расположена в пределах этой особо охраняемой природной территории, а также даны рекомендации о разрешении сложившейся ситуации.

Часть Арчедино-Донского песчаного массива отведена под лесопосадки *Pinus sylvestris* L.. Несмотря на то, что это этот вид не является нативным для данной территории за долгие годы существования здесь соснового леса некоторые исконные редкие виды растений начинают занимать в нем свои экологические ниши. Так в опушке рядовых посадок сосны, рассоложенных северо-западнее хутора Падок Фроловского района, были обнаружены цветущее растения *Campanula rapunculus* L. и виргинильные особи *Juniperus sabina* L.. Таким образом, искусственные сосновые лесонасаждения могут обеспечивать условия для расселения некоторых редких видов.

Большая часть территории Арчедино-Донского песчаного массива занята бугристыми песками с разреженной растительностью, развивающейся в условиях недостатка влаги и избытка солнечного освещения. В таких условиях были встречены *Juniperus sabina* L., который чаще обитает по пониженным участкам между песчаными буграми, и *Dianthus squarrosus* M. Bieb., которая встречается по ровным участкам песка с очень низкими проективным покрытием (15-20%).

В степях на песках были встречены 4 редких вида: *Centaurea gerberi* Steven, *Iris pumila* L., *Orobanche coerulescens* Stephan ex Willd., *Phelipanche lanuginosa* (C.A. Mey.) Holub. Был проведен мониторинг популяции *Centaurea gerberi* Steven, указанной в Базе данных с 2016 года. В настоящее время численность растений не изменилась и составляет 10 экземпляров. На момент обследования растения находились в стадии появления плотных бутонов. Популяции трех других видов ранее для этой территории в Базе данных не значились.

Особый интерес всегда представляют участки песков с избыточным увлажнением на некоторых из них формируются леса с преобладанием *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., которая создает условия для формирования специфичных мезофитных сообществ. В этом году нами был встречен участок леса, юго-восточнее хутора Никуличев, под пологом которого на небольшом расстоянии друг от друга, находились сразу три вида редких папоротникообразных: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. эти три вида занесены в Перечень видов растений и других организмов, являющихся объектами мониторинга на территории Волгоградской области [3].

Таким образом, даже на небольшом по протяженности участке маршрута, проложенном через сообщества с однообразными эдафическими условиями (в данном случае – песчаными), но разнообразной степенью увлажнение можно зарегистрировать разнообразные редкие и охраняемые вида растений, что указывает на высокую ценность данных участков в плане сохранения флористического разнообразия.

Список литературы:

1. Красная книга Волгоградской области. Растения и другие организмы / под ред. О.Г. Барановой, В.А. Сагалаева. Изд. 2-е, перераб. и доп. Воронеж: ООО «Издат-Принт», 2017. Т. 2. 268 с.
2. Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации от 23 мая 2023 г. № 320 : приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ.
3. Виды растений, являющиеся объектами специального внимания и мониторинга на территории Волгоградской области / Волгоградский региональный ботанический сад. Волгоград: ООО «Вести-Плюс», 2014. 200 с.

УДК 581.543

**ПРОХОЖДЕНИЕ ФЕНОФАЗ У ДРЕВОГУБЦЕВ (*CELASTRUS* L.)
В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА
И ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ЗАГОТОВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Н.А. Трусов¹, И.А. Савинов², Е.В. Соломонова², Г.А. Симаков²

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева,
Москва, Россия

**PASSING OF PHENOPHASES OF *CELASTRUS* L. IN THE MOSCOW REGION AND
OPTIMIZATION OF THE TIME FOR PREPARATION OF PLANT RAW MATERIALS**

N.A. Trusov¹, I.A. Savinov², E.V. Solomonova², G.A. Simakov²

¹Tsitsin Main Botanical Garden, Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia
n-trusov@mail.ru

Аннотация. Представители рода древогубец являются декоративными и лекарственными растениями, способными произрастать в условиях Московского региона. Для оптимизации сроков заготовки сырья в условиях региона были проведены фенологические наблюдения за 5 таксонами древогубцев. Показано, что оптимальным периодом заготовки листьев является конец июня, плодов – начало октября - середина октября, семян – середина октября.

Ключевые слова: древогубец, фенофазы, растительное сырьё, Московский регион.

Род древогубец (*Celastrus* L., *Celastraceae* R. Br.) насчитывает около 30 видов, произрастающих в естественных условиях в Восточной Азии, Океании, Северной и Южной Америках, на Мадагаскаре [1, 2]. Древогубцы используются как декоративные растения для вертикального озеленения [2]. Кроме декоративности древогубцы обладают лекарственными свойствами, пока ещё недостаточно изученными. Известно о непосредственном лекарственном применении древогубцев: плодов и масла семян некоторых видов в народной медицине Индии и Китая; корней и коры стеблей в Северной Америке; *C. orbiculatus* Thunb. традиционно применяется для лечения паралича, головной и зубной боли, укусов змей; его корни, стебли и листья обладают противовоспалительными, противоревматическими, очистительными и тонизирующими свойствами, отвар корней и стеблей применяют внутрь, а измельченные свежие листья используют для наружного применения. Некоторые соединения, содержащиеся в разных частях древогубцев, обладают антифидантной, противовоспалительной, антифунгальной, цитотоксической, противовирусной и противоопухолевой активностью [3]. При этом нужно учитывать, что лекарственное сырьё из ежегодно возобновляемых на растении структур, таких как листья и плоды, имеет очевидные преимущества.

Ранее было установлено, что в условиях Московского региона *C. rugosus* Rehder & E.H. Wilson, *C. flagellaris* Rupr., *C. scandens* L., *C. strigillosus* Nakai, *C. orbiculatus* и *C. orbiculatus* var. *punctatus* Rehder имеют высокую продуктивность листовой массы [4]. Для оптимизации сроков заготовки листьев и плодов растений представляется целесообразным установить временные интервалы прохождения фенофаз у древогубцев в условиях Московского региона.

Согласно многолетним наблюдениям второй половины XX в. (табл. 1) [5], период вегетации у *C. flagellaris*, *C. strigillosus*, и *C. orbiculatus* var. *punctatus* начинается с начала мая, а у *C. orbiculatus* и *C. scandens* с середины мая. Заканчивается вегетация у всех выращиваемых в дендрарии Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН) таксонов древогубцев в середине октября. Цветение длится от 9 до 14 дней, начиная с первой (*C. flagellaris*, *C. orbiculatus* и *C. scandens*) или второй (*C. orbiculatus* var. *punctatus* и *C. strigillosus*) половины июня. Плоды созревают в начале октября. По оригинальным данным исследований 2000-х гг. (табл. 2) [6], начало цветения всех перечисленных таксонов приходится на третью декаду мая, а конец цветения на вторую декаду июня, исключение составляет *C. scandens*, у которого цветении более растянутое, заканчивающиеся в конце июня. Созревание плодов приходится на середину октября. При этом створки околоплодника могут отделяться при механических воздействиях.

Таблица 1. Некоторые характеристики прохождения фенофаз у *Celastrus* в дендрарии ГБС РАН

Таксон \ Характеристика	<i>C. flagellaris</i>	<i>C. orbiculatus</i>	<i>C. orbiculatus</i> var. <i>punctatus</i>	<i>C. scandens</i>	<i>C. strigillosus</i>
Период вегетации	09.V±5 – 07.X±9	18.V±4 – 11.X±7	н. V – с. X	н. V – к. X	с. IV – с. X
Длительность вегетации, дней	151	146	—	—	—
Период цветения	07.VI±5 – 16.VI±9	12.VI±5 – 26.VI±4	в. п. VI	п. п. V	в. п. VI
Длительность цветения, дней	9	14	ок. 14	10-12	10-12
Время созревания плодов	06.X±10	10.X±6	н. X	н. X	н. X
Возраст начала цветения и плодоношения, лет	8	5	8	7	10

Таблица 2. Цветение и развитие плода у представителей рода в *Celastrus* ГБС РАН

Срок \ Вид	май	июнь			июль			август			сентябрь			октябрь	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
<i>C. orbiculatus</i>	НЦ	ПЦ	КЦ, РР			СР		ПР					РС	СС	ПС
<i>C. orbiculatus</i> var. <i>punctatus</i>	НЦ	ПЦ	КЦ, РР		СР			ПР					РС	СС	ПС
<i>C. rugosus</i>	НЦ	ПЦ	КЦ, РР			СР		ПР			РС			СС	ПС
<i>C. scandens</i>	НЦ		ПЦ	КЦ, РР		СР	ПР	РС							СС, ПС
<i>C. strigillosus</i>	НЦ	ПЦ	КЦ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: 1, 2, 3 – декады месяца, НЦ – начало цветения, ПЦ – полное цветение, КЦ – конец цветения, РР – ранний рост плода, СР – средний рост плода, ПР – поздний рост плода, РС – ранняя спелость плода, СС – средняя спелость плода, ПС – поздняя спелость плода.

На данном этапе исследования был изучен рост листьев у 5 таксонов древогубцев (*C. flagellaris*, *C. orbiculatus*, *C. orbiculatus* var. *punctatus*, *C. rugosus*, *C. scandens* и *C. strigillosus*), произрастающих в дендрарии ГБС РАН.

В 2023 г. набухание почек начинается в конце апреля. В начале мая наблюдается распускание почек, при этом у *C. orbiculatus* и *C. scandens* листья уже разворачиваются. Рост листьев идёт по сигмоидной кривой. До середины мая наблюдается быстрый рост листьев, а затем, в течение месяца, замедленный. При этом листья почти достигают конечных размеров в начале июня. Во второй декаде июня рост листьев завершается.

Таким образом, оптимальными периодами заготовки растительного сырья древогубцев в условиях Московского региона являются:

- листьев – конец июня, когда они достигают конечных размеров;
- плодов целиком – начало октября – середина октября;
- семян – середина октября, когда плоды вскрываются естественным образом.

Источники финансирования работы:

Работа частично выполнена в рамках тематического плана-задания по заказу Министерства сельского хозяйства РФ за счет средств федерального бюджета. Работа частично выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН по теме: «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», № 122042700002-6.

Список литературы:

1. Hou D. A revision of the genus *Celastrus* // Ann. Miss. Bot. Gard. 1955. V. 42, № 3. P. 215–302.
2. Шульгина В.В. Древогубец, или краснопузырник – *Celastrus* L. // Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. М.-Л. : Издательство Академии наук СССР, 1958. Т. IV. С. 391–397.
3. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность Т. 3. Семейства Fabaceae – Apiaceae. М.-СПб : Тов-во научн. изд. КМК, 2010. 601 с.
4. Савинов И.А., Соломонова Е.В., Трусов Н.А., Симаков Г.А. Ботаническая оценка лекарственного потенциала древогубцев (*Celastrus* L.) // Известия ТСХА. 2022. Вып. 6. С. 13–30.
5. Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН: 60 лет интродукции. М.: Наука, 2005. 586 с.
6. Трусов Н.А., Созонова Л.И. Цветение и развитие плода у *Celastrus* L. в коллекции ГБС РАН // Труды Томского государственного университета. Сер. Биологическая: Ботанические сады. Проблемы интродукции. Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2010. Т. 274. С. 384–386.

УДК 581.8:633.112.1

ФИТОМЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖДОУЗЛИЙ ПОБЕГА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Э.Г. Хачатуров, В.В. Коробко

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

PHYTOMERIC FEATURES OF THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE INTERNODES OF DURUM WHEAT SHOOT VARIETIES OF SARATOV SELECTION

E.G. Khachaturov, V.V. Korobko

Saratov State University, Saratov, Russia
sitnikov.edick@yandex.ru

Аннотация. Объектами исследования служили растения 14 сортов яровой твердой пшеницы *Triticum durum* Desf. саратовской селекции. Выявлены особенности структурной организации междоузлий различных фитомеров сортов со сбалансированным типом морфогенетических систем по элементам продуктивности колоса: максимальные, по сравнению с другими сортами, значения площади лакуны на поперечном срезе верхних междоузлий; минимальные, по сравнению с другими сортами, значения площади проводящих пучков и склеренхимы, относительно площади поперечного среза нижних междоузлий.

Ключевые слова: *Triticum durum* Desf., фитомер, строение соломины.

Создание высокопродуктивных сортов, характеризующихся высокой урожайностью, является одной из приоритетных задач физиологии растений [1, 2]. Развитие структурных элементов стебля является одним из основных факторов, определяющих продуктивность и устойчивость растений [2], так как совокупность морфолого-анатомических структур формирует целостность растительного организма. При этом изучение сортовых и фитомерных особенностей анатомической организации стебля пшеницы связаны в основном с изучением их устойчивости к

полеганию [3, 4], что направляет внимание исследователей, главным образом, на изучение особенностей строения нижних фитомеров [5, 6]. Ряд работ посвящены анатомической организации колосонесущего междоузлия, что обусловлено его ролью в наливе зерна [7, 8].

Изучение строения междоузлий проведено по фотографиям микропрепаратов, полученных из средней части колосонесущего междоузлия по общепринятой методике [9], с помощью цифровой камеры-окуляра Touptek Photonics UCMOS05100KPA (5.1 МРх), подключённой к микроскопу Tension, Биомед 6 тринокулярный. Измерения площади внутренней полости, хлорофиллоносной и склеренхимной тканей, проводящих пучков на поперечном срезе междоузлий разных фитомеров сделаны в программе TourView. Выявление сортов, со сбалансированным типом морфогенетических систем по элементам продуктивности колоса - числу колосков, числу зерновок и их массе, проведено по методике, рекомендуемой Степановым С.А. с соавторами [6].

На основании полученных данных установлено, что в условиях 2020 года вегетации на поперечных срезах пятого и шестого междоузлий всех изученных сортов, кроме сорта Луч 25, и третьего и четвертого междоузлий всех сортов без исключения, максимальную площадь имеет основная паренхима центрального цилиндра, при этом в колосонесущем междоузлии доля основной паренхимы составила от 35 % (Саратовская 57) до 59 % (Аннушка), в пятом – от 39 % (Луч 25) до 58 % (Саратовская 57), в четвертом – от 47 % (Саратовская 57, Саратовская золотистая) до 64 % (Ник, Луч 25), в третьем – от 50 % (Валентина) до 65 % (Луч 25) от площади поперечного среза.

В 2020 году у растений сорта Луч 25 относительная представленность тканей на поперечном срезе двух верхних междоузлий отличается от других сортов твердой пшеницы: во-первых, на долю воздушной полости приходится 43–46% от площади поперечного среза, что существенно превышает аналогичные показатели у растений других сортов; во-вторых, площадь, занимаемая на поперечном срезе проводящими пучками (7 %) и склеренхимной тканью (8–10 %) имеет минимальные, по сравнению с другими сортами значения; показатель развития хлорофиллоносной ткани, выраженный в % от площади поперечного среза междоузлия, значительно ниже медианного значения (0,5–1 %). Отметим, что в условиях 2020 года сорт Луч 25 был единственным сортом, среди исследованных, характеризующимся сбалансированным типом морфогенетических систем по элементам продуктивности колоса – числу колосков, числу зерновок и их массе. Кроме того, проростки сорта Луч 25 характеризуются наиболее развитым среди изученных сортов эмбриональным побегом, высокой скоростью роста и наиболее развитой корневой системой [10].

В условиях 2021 года вегетации доля паренхимы, выраженная в % от площади поперечного среза междоузлий изученных сортов составляет 36% (Луч 25)-56% (Аннушка) в колосонесущем междоузлии; 43% (Крассар)- 54% (Саратовская 57) в пятом междоузлии; 47% (Лилек, Саратовская 57)-60% (НИК) в четвертом; 50 % (Лилёк)- 63% (Луч 25, Золотая волна) в третьем. Большую часть поперечного среза 3-6 междоузлий соломины составляет основная паренхима; исключениями являются поперечный срез колосонесущего междоузлия побега сорта Николаша (доля основной паренхимы на поперечном сечении 40%, что на 1% уступает площади лакуны), сорта Золотая волна (площадь основной паренхимы колосоножки и лакуны равны и составляют по 39% от поперечного среза) и сорта Луч 25 (на поперечном срезе колосонесущего междоузлия которого площадь лакуны превышает площадь основной паренхимы на 4%).

В условиях 2021 года сбалансированным типом морфогенетических систем характеризуются сорта Николаша и Золотая волна. Кроме анатомической особенности, свойственной сбалансированному в условиях 2020 года сорту Луч 25, а именно значительного развития воздушной полости (36-41% от площади поперечного среза) в верхних двух междоузлиях по сравнению с аналогичными значениями у других сортов, в междоузлиях этих сортов, выявлено незначительное относительное развитие склеренхимной ткани в верхних фитомерах. На склеренхиму колосонесущего междоузлия растений сортов Николаша и Золотая волна приходится 10-11%, а пятого – 8-9%; при том, что аналогичные показатели в солоmine других сортов варьируют от 13 до 18% в верхнем и от 9 до 12% в пятом междоузлии. В верхних междоузлиях растений сортов Николаша и Золотая волна площадь, занимаемая на поперечном сечении

проводящими тканями имеет минимальное значение (8-10% и 7-8%) по сравнению с аналогичным показателем других сортов в 2021 году; а площадь хлоренхимы на поперечном срезе ниже медианного значения (что свойственно и растениям сорта Луч 25 в условиях 2020 года).

Сравнительный анализ анатомической организации междоузлий соломины сортов со сбалансированным типом морфогенетических систем позволяет сделать ряд выводов. Для верхних междоузлий сбалансированных сортов характерна самая большая по диаметру лакуна (43-46% от площади поперечного среза в 2020 г и 36-41% - в 2021 году), при этом только у этих сортов основная паренхима занимает меньшую или равную с лакуной площадь на поперечном срезе. На поперечном срезе верхних междоузлий сбалансированных сортов площадь, занимаемая проводящими пучками и склеренхимой имеет минимальные, по сравнению с другими сортами значения, а площадь, занимаемая хлорофиллоносной тканью, выраженная в % от площади поперечного среза междоузлия, значительно ниже медианного значения.

Список литературы:

1. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М.: Агропромиздат, 1985. 270 с.
2. Михайленко И.М. Основные принципы моделирования систем взаимодействия генотип-среда // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 3. С. 26–35.
3. Захаров В.Г., Сюков В.В., Яковлева О.Д. Сопряженность анатомо-морфологических признаков с устойчивостью к полеганию яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18, № 3. С. 506–510.
4. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 123 с.
5. Дорофеев В.Ф., Градчанинова О.Д. Анатомическое изучение стебля и листа пшеницы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1971. Т. 44, № 1. С. 57–75.
6. Степанов С.А., Сигнаевский В.Д., Ивлева М.А. Морфолого-анатомические аспекты развития междоузлий и узлов фитомеров побега пшеницы // Бюл. Бот. сада СГУ. 2013. № 11. С. 227–235.
7. Новохатин Ю.М. Анатомическое строение стебля яровой пшеницы // Селекция засухоустойчивых, среднеспелых, скороспелых зерновых культур: меж-вуз. сб. Новосибирск, 1982. С. 37–46.
8. Коробко В.В., Торощина Ю.Н., Развитие ассимиляционной ткани колосонесущего междоузлия твердой пшеницы сортов саратовской селекции. Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Сборник научных статей. Вып. 24. Саратов: Амирит, 2022. С. 7–10.
9. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника. М.: Высшая школа, 1960. 254 с.
10. Хачатуров Э.Г., Коробко В.В. Структура элементов продуктивности твердой пшеницы сортов саратовской селекции // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Химия. Биология. Экология. 2021. № 4. С. 450–456.

УДК 581.95

**О РАСПРОСТРАНЕНИИ *PULSATILLA* × *JUZEP CZUKII* (RANUNCULACEAE)
НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

И.В. Шилова

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

**ON THE DISTRIBUTION OF *PULSATILLA* × *JUZEP CZUKII* (RANUNCULACEAE)
IN THE SARATOV REGION**

I.V. Shilova

Saratov State University, Saratov, Russia
schiva1952@yandex.ru

Аннотация. На территории четырёх районов Саратовского Правобережья отмечены особи *Pulsatilla* × *juzepczukii* Tzvel. (*Pulsatilla patens* (L.) Mill. × *P. pratensis* (L.) Mill.). Данный гибрид предлагается включить в Дополнение к Флоре Нижнего Поволжья для региона С2.

Ключевые слова: *Pulsatilla* × *juzepczukii* Tzvel., флора.

Обнаружение гибридов во флоре какого-либо региона расширяет наше представление о биоразнообразии региона. Важно отмечать такие находки, придавать их гласности и всесторонне изучать. Во флоре Саратовской области указаны два вида прострела [1] – *Pulsatilla patens* (L.) Mill. и *P. pratensis* (L.) Mill., но ни в одном источнике для территории Саратовской области не указан их гибрид *Pulsatilla* × *juzepczukii* Tzvel. Флора Маевского [2] как ближайшее местонахождение приводит Нижегородскую область. В 2015 г. межвидовой гибрид обнаружен в Самарском Заволжье [3], где в одном урочище совместно произрастают *Pulsatilla patens* и *P. pratensis*. «Флора Нижнего Поволжья» [4] не указывает для региона гибрида *P. patens* × *P. pratensis*.

В 2014-2016 г. при изучении восьми ценопопуляций (ЦП) *P. pratensis* на территории Красноармейского, Лысогорского, Гагаринского (ранее – Саратовского), Татищевского, Хвалынского, Краснокутского и Энгельсского районов Саратовской области нами были отмечены особи гибридного происхождения в пяти местах совместного произрастания *P. patens* и *P. pratensis* в четырёх районах - Красноармейском, Лысогорском, Гагаринском и Татищевском (рисунок). При этом популяции *P. pratensis* произрастают на более открытых местах и более крутых склонах, а популяции *P. patens* располагаются на менее крутых склонах, ближе к деревьям или кустарникам. Гибридные особи встречаются преимущественно в полосе соприкосновения популяций родительских видов. Считаем необходимым внести информацию о присутствии гибрида *P. patens* × *P. pratensis* на территории региона в готовящееся к изданию Дополнение к Флоре Нижнего Поволжья. Но с каким названием данный гибрид следует там разместить?

До сих пор разные источники используют разные названия. В гербарии МГУ (MW) хранятся как старые, так и недавние сборы, занесённые в разряд *Pulsatilla* × *wolfgangiana* (Besser) Rupr. [5]. Например, сборы Грудзинской (MW1077623, MW1077624, MW1077625, MW1077626, MW1077627) от 18.05.1954 из Ворошиловградской (позже - Луганской) области поименованы то *Pulsatilla* × *wolfgangiana* Bess., то *Pulsatilla* × *wolfgangiana* (*P. patens* × *P. pratensis*) или *Pulsatilla patens* × *pratensis*; сбор Грунер Л.Ф. (MW0354354) от 19.05.1876 из Воронежской губернии имеет название *Pulsatilla Hackelii* Led.; сборы А. Серёгина и др. (MW0565334, MW0565335, MW0565336) от 16.06.2017 из Воронежской области указаны как *Pulsatilla* × *wolfgangiana* (Besser) Rupr. (*P. patens* (L.) Mill. × *P. pratensis* (L.) Mill.). В указанном хранилище не значатся сборы с названием *Pulsatilla* × *juzepczukii* Tzvel.

Н.Н. Цвелёв в X томе Флоры Восточной Европы [6] для территорий Латвии, Литвы, Польши, Беларуси, Киевской области Украины, Ленинградской области, Псковской, Смоленской, Брянской областей России приводит вид *P. wolfgangiana* (Besser) Rupr., за который ранее принимались гибриды *P. patens* × *P. pratensis*. Он описывает стерильный гибрид *P. patens* × *P. pratensis* и называет его прострелом Юзепчука – *P. juzepczukii* Tzvel., sp. hybr. nova. Указывая на нередкость его, не конкретизирует области распространения на территории Флоры Восточной Европы. Здесь же Цвелёв приводит *P. × hackelii* Pohl как гибрид *P. patens* × *P. bohemica*, но не *P. patens* × *P. pratensis*.

На сайте Королевского ботанического сада Кью «Растения мира онлайн» [7] *P. × juzepczukii* Tzvelev отнесён к синонимам приоритетного *P. × wolfgangiana* (Besser) Rupr.

В Гомельской области Беларуси указываются [8] два таксона: в Борисовском районе *P. × juzepczukii* при совместном произрастании *P. patens* и *P. pratensis*, а в Молодеченском районе *Pulsatilla wolfgangiana*.

Вернёмся к Гербарию МГУ. Сборы А. Серёгина с коллегами *Pulsatilla* × *wolfgangiana* (Besser) Rupr. (*P. patens* (L.) Mill. × *P. pratensis* (L.) Mill.) (MW0565334, MW0565335, MW0565336) от 16.06.2017 произведены с одного клона, произрастающего в Хреновском бору в 24 км к северо-востоку от г. Бобров, на левобережной надпойменной террасе р. Битюг. А. Серёгиным с коллегами 14.06.2005 в 20 км к востоку-северо-востоку от г. Бобров, в Хреновском бору на левом берегу р. Битюг, 2 км к северу от с. Слобода был собран *P. pratensis* (MW0354351), а 18.06.2007 практически там же – *P. patens* (MW0354186). Совершенно очевидно, что в Хреновском бору собирался не *P. × wolfgangiana*, а *P. × juzepczukii*.

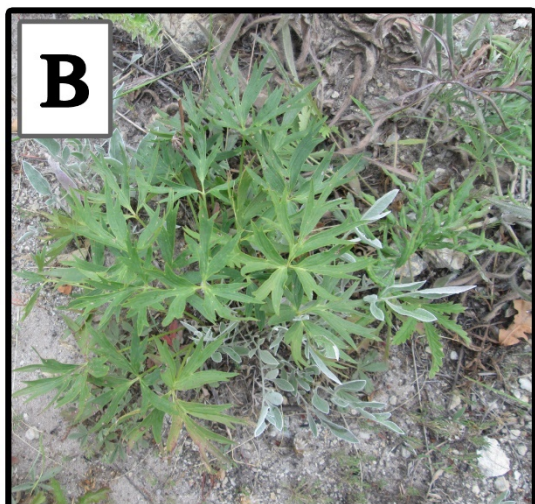


Рисунок. *Pulsatilla* × *juzepczukii* Tzvel. с территории Саратовской области: а – Саратовский р-н, окр. с. Поповка; б – Лысогорский р-н, окр. с. Атаевка; в – Красноармейский р-н, окр. с. Садовое; г – Татищевский р-н, окр. с. Ильиновка

Петербургские учёные [9] исследовали три вида рода *Pulsatilla*, в том числе *P. patens* и *P. pratensis*, и три нотовида, среди которых *P. × wolfgangiana* (Bess.) Juz. (*P. patens* × *P. pratensis*) из нескольких местонахождений Ленинградской области и установили, что *P. × wolfgangiana*, по-видимому, существуют только в виде стерильных особей первого поколения. В другой работе петербуржцев [10] сообщается об изучении на юге Ленинградской области редких гибридов *P. patens* × *P. pratensis*, которые в данной работе названы *Pulsatilla* × *hackelii* Pohl. По их наблюдениям эти гибриды никогда не завязывали семян, а доля стерильной пыльцы у них составляла не менее 91 %. Ссылаясь на работу [11], отмечают, что в других частях ареала такие растения, а именно *Pulsatilla* × *hackelii* Pohl., иногда завязывали семена, и этот случай гибридизации был отнесен к интрогрессивной. Но, повторимся, Цвелёв [6] указывал, что *P. × hackelii* Pohl является гибридом *P. patens* × *P. bohemica*, но не *P. patens* × *P. pratensis*. По нашему мнению, из результатов работы петербургских коллег следует, что ими были изучены популяции именно *P. × juzepczukii*.

Анализ процитированных публикаций и наших наблюдений приводит к выводу, что на территории Саратовской области распространён гибрид *Pulsatilla* × *juzepczukii* Tzvel. (*Pulsatilla*

patens (L.) Mill. × *P. pratensis* (L.) Mill.), и только с этим названием его необходимо включить в Дополнение к Флоре Нижнего Поволжья для региона С2.

Список литературы:

1. Еленевский А.Г., Буланый Ю.И., Радыгина В.И. Конспект флоры Саратовской области. Саратов: Издательский центр «Наука», 2008. 232 с.
2. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2014. С. 65.
3. Грецов А.В. Растения Абашевского поселения, занесённые в Красную книгу Самарской области // Биоэкологическое краеведение: мировые, Российские и региональные проблемы: материалы 4-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 115-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора И.С. Сидорука и доктора сельскохозяйственных наук, профессора П.А. Положенцева. ответственный редактор С.И. Павлов. Самара: Издательство: Самарский государственный социально-педагогический университет, 2015. С. 48–51.
4. Флора Нижнего Поволжья. Том 2, часть 1. Раздельнолепестные двудольные цветковые растения (Salicaceae - Droseraceae) / Отв. Ред. Н.М. Решетникова; Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 497 с.
5. Депозитарий живых систем «Ноев ковчег». URL: <http://www.plant.depo.msu.ru> (дата обращения 04.10.2023).
6. Флора Восточной Европы, том X. Коллектив авторов. Отв. Ред. и ред. тома Н.Н. Цвелев. СПб.: Мир и семья; Издательство СПХФА, 2001. 670 с.
7. POWO (2023). «Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet». URL : <http://www.plantsoftheworldonline.org> (дата обращения 04.10.2023.).
8. Дубовик Д.В., Савчук С.С., Скуратович А.Н., Лебедько В.Н., Саулов А.О. Новые данные о распространении некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений флоры Беларуси // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Вып. Минск, 2018. С. 32–51.
9. Пунина Е.О., Михайлова Ю.В., Шнеер В.С., Крапивская Е.Е., Родионов А.В. Полиморфные сайты в ITS-районах ядерных генов 35S рРНК у межвидовых гибридов *Pulsatilla* (Ranunculaceae) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2019. Т. 18, № 1. С. 57–61.
10. Пунина Е.О., Шнеер В.С., Носов Н.Н., Гнутиков А.А., Родионов А.В. О значении отдаленной гибридизации при изучении биоразнообразия цветковых растений // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Специальный выпуск «Камелинские чтения». 2021. Т. 20, № 2. С. 59–63.
11. Szczecińska M., Łazarski G., Bilska K., Sawicki J. The complete plastid genome and nuclear genome markers provide molecular evidence for the hybrid origin of *Pulsatilla. hackelii* Pohl. // Turkish Journal of Botany. 2017. V. 41, № 4.

ПРИЗНАКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНВАЗИВНОГО КАРПА (*CARASSIUS GIBELIO*) В ПОПУЛЯЦИЯХ ВЕНГЕРСКОГО КАРАСЯ (*CARASSIUS CARASSIUS* L. 1758), ВЫЯВЛЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРА ЦИТОХРОМОКСИДАЗЫ I (COI)

F.A. Al-Fatle¹, E.E. Meleg³, T. Molnár^{3,4}, I. Lehoczky^{2,3}

¹Университет Багдада, Багдад, Ирак

²Венгерский университет сельского хозяйства и наук о жизни, Гёдёллё, Венгрия

³Институт сохранения генов сельскохозяйственных животных, Национальный центр биоразнообразия и сохранения генов, Гёдёллё, Венгрия

⁴Институт аквакультуры и экологической безопасности, Венгерский университет сельского хозяйства и наук о жизни, Гёдёллё, Венгрия

INDICATIONS OF INVASIVE GIBEL CARP (*CARASSIUS GIBELIO*) EXTENSION IN HUNGARIAN CRUCIAN CARP (*CARASSIUS CARASSIUS* L. 1758) POPULATIONS REVEALED BY CYTOCHROME OXIDASE I (COI) MARKER

F. A. Al-Fatle¹, E. E. Meleg³, T. Molnár^{3,4}, I. Lehoczky^{2,3}

¹ Department of Biology, College of Science, University of Baghdad, Baghdad, Iraq

² Doctoral School of Biological Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary

³ Institute for Farm Animal Gene Conservation, National Centre for Biodiversity and Gene Conservation, Gödöllő, Hungary

⁴ Institute of Aquaculture and Environmental Safety, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary
fatima.ali@sc.uobaghdad.edu.iq

Аннотация. В работе представлено предварительное филогенетическое исследование аборигенных карасей и близкородственных им инвазивных видов карпов, обитающих в венгерских водах.

Ключевые слова: *Carassius carassius*, *Carassius gibelio*, цитохромоксидаза I (COI)

Non-native fish have taken over many of Hungary's lowland streams and rivers, including the Danube River. Fishing pond escapees such as gibel carp, topmouth gudgeon, pumpkinseed, and the recent invasion of Ponto-Caspian gobies are of special concern [1]. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) is regarded as one of the most successful invasive species in aquatic environments [2, 3]; outcompeting native species and altering their habitats are significant environmental consequences of this species in Europe [4]. Moreover, the method of reproduction of *Carassius gibelio* is a key biological feature that contributes to its invasiveness [5]. Possible invasions pose an important risk to Hungary and other countries within the Danube basin. Consequently, it is necessary to take these catchment boundaries into account while conducting conservation efforts for *Carassius carassius* in Europe. Due to the morphological similarity between the two species, gibel carp is often misidentified as the native crucian carp, *Carassius carassius* (L. 1758). Thus, genetic investigations are required to identify pure crucian carp individuals from gibel carp and their hybrids. This study presents the first attempt to evaluate the phylogenetic relationship between crucian carp and gibel carp in Hungarian waters, using mitochondrial DNA sequences as a main genetic marker. Understanding the taxonomic status of these species can benefit conservation efforts. A total of 104 crucian carp were sampled from six wild populations and three farmed stocks in Hungary's eastern, central, and western regions. The Cytochrome Oxidase C subunit I gene (COI) was amplified for sequencing analysis using the universal primer pairs CO1-FF2d-F (5'-TTCTCCACCAACCACAARGAYATYGG-3') and CO1-FR1d-R (5'-CACCTCAGGGTGTCCGAARAAAYCARAA-3'). PCRs were performed as described in the original papers. The ABI 3130 genetic analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) was used to reveal the sequences. For sequence analyses, we employed Mega-X and DnaSP 5.10 software. The maximum likelihood approach and the Tamura-Nei model were used to construct phylogenetic trees. NETWORK 10.0 software (Fluxus

Technology Ltd., Colchester, England) was used to generate haplotype network analysis for all populations in this study as well as GenBank sequences. Using the Megablast software, haplotypes were compared to the NCBI-BLAST nucleotide database.

The results indicated that the 104 COI sequences produced a total of 47 haplotypes, 43 of which had not been previously identified. After being blasted, six haplotypes were found to be those of silver prussian carp (*Carassius gibelio*), while the rest were identified as crucian carp (*Carassius carassius*). Thus, the detected haplotypes showed two main groups on the network diagram. Gibel carp haplotypes were found in four crucian carp populations (Mura Vízgyűjtő, Cún-Szaporca Holt-Dráva, NBGK-HGI-genebank, and Alag Éger). One (Hap_6) of the six haplotypes was dominant and was found to be identical to the gibel carp sequences provided by GenBank. Individuals identified as belonging to gibel carp were found to be morphologically indistinguishable from those of *Carassius carassius*. Furthermore, the Neighbor-Joining phylogenetic tree revealed that the samples' genetic profiles were clearly separated into distinct clusters, one of which included gibel carp sequences that were morphologically identified as crucian carps. Accordingly, the presence of gibel carp haplotypes within crucian carp populations indicates an invasion and possible hybridization event. Accordingly, we confirm previous reports of their invasion across different parts of Europe. The work provides a preliminary phylogenetic study of native crucian carps and the closely related invasive gibel carp species found in Hungarian waters. However, in order for these species' evolutionary relationships to be accurately established, further data with more samples will be included in the next stage of our studies.

Acknowledgments:

This work was supported by the VEKOP-2.3.2-16-2016-00012 project.

References:

1. Takács P., Czeglédi I., Ferincz Á., Sály P., Specziár A., Vitál Z., Weiperth A., Erőss, T. Non-Native Fish Species in Hungarian Waters: Historical Overview, Potential Sources and Recent Trends in Their Distribution // *Hydrobiologia*. 2017. V. 795. P. 1–22.
2. Copp G.H., Vilizzi L., Mumford J., Fenwick G.V., Godard M.J., Gozlan R.E. Calibration of FISK, an Invasiveness Screening Tool for Nonnative Freshwater Fishes // *Risk Anal.* 2009. V. 29. P. 457–467. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01159.x.
3. Lusková V., Lusk S., Halačka K., Vetešník L. *Carassius Auratus Gibelio* – The Most Successful Invasive Fish in Waters of the Czech Republic // *Russ. J. Biol. Invasions*. 2010. V. 1. P. 176–180. doi:10.1134/S2075111710030069.
4. Savini D., Occhipinti-Ambrogi A., Marchini A., Tricarico E., Gherardi F., Olenin S., Gollasch S. The Top 27 Animal Alien Species Introduced into Europe for Aquaculture and Related Activities // *J. Appl. Ichthyol.* 2010. V. 26. P. 1–7. doi:https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01503.x.
5. Başkurt S., Vatan P., Emiroğlu Ö., Aksu S. Gynogenetic Reproduction Potential of Invasive *Carassius Gibelio* // *Ula Pond*. 2020. V. 14. P. 8–10.

АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: КОНЦЕПЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 595.782

ИТОГ ШЕСТИЛЕТНЕЙ ОККУПАЦИИ ГОРОДА САРАТОВА МИГРАНТОМ ИЗ ЕВРОПЫ – ОХРИДСКИМ МИНЕРОМ *CAMERARIA OHRIDELLA* (LEPIDOPTERA)

В.В. Аникин

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

THE RESULT OF THE SIX-YEAR OCCUPATION OF THE SARATOV CITY BY A MIGRANT FROM EUROPE – OHRID MINER *CAMERARIA OHRIDELLA* (LEPIDOPTERA)

V.V. Anikin

Saratov State University, Saratov, Russia
anikinvasiliiv@mail.ru

Аннотация. В сентябре 2023 года отмечается шестилетие «захвата» городских ландшафтов Саратова инвазивным видом из Европы – охридским минером *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Как итог расселения вида и ежегодное увеличение его плотности заселения и степени повреждения листьев конского каштана в парках и аллеях областного центра – массовое усыхание и опадание листьев у *Aesculus hippocastanum* в начале августа 2023 года. Тотальный выход имаго 3го поколения минера завершил процесс увядание и усыхание деревьев переходом на другой вид городских древесных интродуцентов – грецкий орех. Это первый случай такого выбора нового кормового объекта у данного вида инвайдера в Поволжье.

Ключевые слова: каштановая моль, распространение, питание, *Aesculus hippocastanum*, *Juglans regia*.

На территории Нижнего и Среднего Поволжья этот вид не отмечался до 2018 года, пока впервые не был обнаружен в городах Саратове и Самаре [1]. Уже в 2019 году минер был отмечен и в других Поволжских городов – Волгограде [2], Ульяновске [3], Пензе [4]. Наблюдения за распространением охридского минера показали его стремительное проникновение в 2019–2021 гг. во все крупные города Саратовской области – Балаково, Вольск, Энгельс, Красноармейск [5, 6, 7]. Аналогичная ситуация складывалась и в других регионах – в Ульяновской области были заселены Димитровград, Карсун, Инза [8], в 2021 году минер был отмечен для Татарстана [9], в парках Нижнего Новгорода [10], полностью заселил Самару в 2022 [11].

Исследование гаплотипов каштанового минера европейской части РФ и Поволжья [12] показало их низкое разнообразие во вторичном ареале по сравнению с естественным ареалом в Западной Европе. Было установлено, что только два из 44 известных гаплотипов *C. ohridella* (8% от всех известных гаплотипов) обладают «инвазивным» признаком, т.е. способны быстро распространяться и эффективно закрепляться в новых регионах, что и случилось на Нижней и Средней Волге за последние 5-6 лет. Это укладывается в рамки гипотезы «бутылочного горлышка», предполагающей, что в процессе инвазии только несколько гаплотипов могут иметь стимул к распространению, в то время как большинство других гаплотипов, не обладающих такими свойствами, остаются «запертыми» в своем первичном ареале. Помимо быстрого распространения вид обладает еще и быстрым темпом размножения, вид дает в области 3 поколения в сезон, а в некоторые сезоны и 4-е [13], при этом каждая самка может откладывать от 20 до 90 яиц. Такие особенности биологии вида позволяют быстро увеличивать плотность

заселения кормового растения (конского каштана) на «захваченных» территориях.

Если в 2020 году число заселенных каштанов в Саратове увеличилось в 6 раз по сравнению с годом проникновения [13], то к концу августа 2021 года, как показал проведенный мониторинг зеленых городских насаждений, охридский минер полностью освоил все деревья конского каштана Саратова [14]. Именно с 2021 года, всю площадь областного центра можно было отмечать сплошной штриховкой, показывающей тотальное заселение всех произрастающих каштанов на его территории.

За 4-летний период распространения минера в городе произошло поэтапное заселение всех деревьев (всех возрастов), кормового растения гусениц – конского каштана. Если в первых «очагах» распространения в 2018 году мины бабочек располагались на нижних ветвях деревьев, реже на среднем ярусе дерева, мины на листе были единичными и всего 3-8 пораженных листьев на одно дерево [1], то к концу сезона 2020 года стала отмечаться тенденция полного заселения деревьев минером, начиная от нижнего яруса и заканчивая верхним. Число мин на листьях увеличилось до 6-11 на отдельный лист, а общее проектное покрытие поврежденных листьев стало составлять от 50 до 70% [13].

Высокая плотность заселения гусеницами минера и их концентрация на листьях позволила насекомоядным птицам (большим синицам) в Саратове летом 2021 начать кормиться ими, выклеывая их из листьев [15]. К сожалению, птицы не могут спасти каштаны от вредителя. Нанесенный гусеницами вред привел к преждевременному усыханию и скручиванию листьев у 7-9% поврежденных деревьев конского каштана по городу. Весной 2022 г. стали проявляться первые погибшие деревья в городе [16]. Кроме того, сильно поврежденные деревья становились мишенями для развития грибных инфекций и бактериальных некрозов, которые ускоряли гибель особенно молодых деревьев (до 3-х м высотой). Микробиологические исследования коллег в 2020 года показали наличие целого состава бактерий и грибов, которые «сопровождают» охридского минера в Саратове [17, 18].

Уже через 2 года в 2023 картина оккупации городских ландшафтов с конским каштаном превратилась в катастрофическое явление. Особенности ранней весны и быстрого прогрева почвенного покрова с хорошим увлажнением привело к появления первого поколения охридского минера уже в середине мая. Смещение обычных сроков выхода бабочек в Саратове после зимовки на 1 месяц вперед (!) отразилось на окончании развития 3го поколения в начале августа, т.е. очень ранним окончанием всего видового цикла до ухода конского каштана в осенне-зимний период. В отличие от сезона 2021 года, когда нанесенный гусеницами вред привел к преждевременному усыханию и скручиванию листьев у 90-99% поврежденных деревьев конского каштана по городу! В 2023 году население областного центра было в недоумении от пожелтения и опадания листьев у каштанов в парках и на волжской набережной уже в начале августа. Кроме того, отмечался ранний срок созревания плодов в конце августа, одиноко качающихся на ветвях без листьев.

Тотальный выход имаго 3го поколения «оккупанта» в августе 2023 завершил процесс увядание и усыхание деревьев переходом на другой вид городских древесных интродуцентов – грецкий орех (*Juglans regia*). Это первый случай такого выбора нового кормового объекта у данного вида инвайдера в Поволжье (рисунок)! В южных регионах европейской части России (в Краснодарском крае) такое явление перехода каштановой моли на другой кормовой объект фиксировался в 2021 году, но на другие древесные породы – *Acer pseudoplatanus* [12].

Итог сезона 2023 года для каштанов города Саратова оказался ужасным. Деревья остались без кроны в начале августа, ослабли и не смогут в должной мере подготовиться к зимнему периоду. В отличие от предыдущего 2022 года, когда листья были также сильно заселены каштановой молью, но их гибель от гусениц 3го поколения припала тогда на осенний период (сентябрь-октябрь) и эффект быстрого пожелтения, усыхания и опадания был сглажен уходом деревьев на зимний покой.

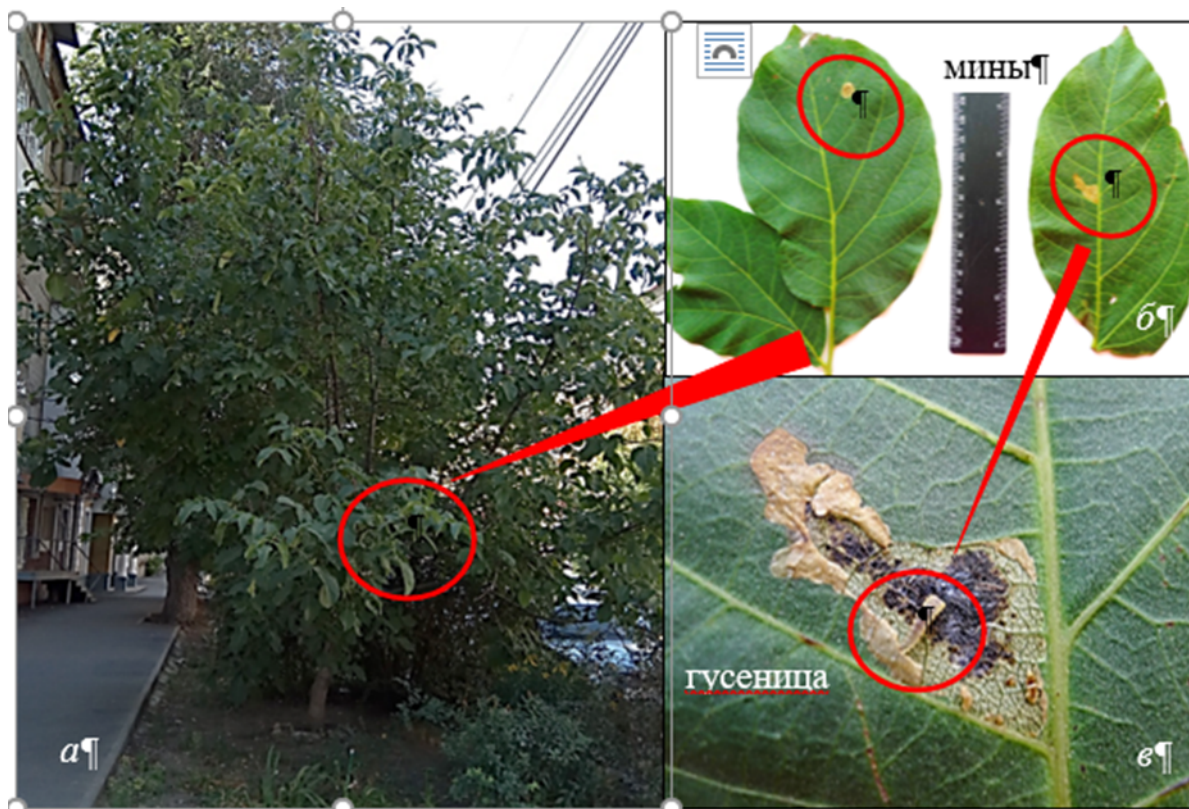


Рисунок. Листья грецкого ореха с минами охридского минера: *а* – нижний ярус дерева с поврежденными листьями (г. Саратов, пересечение улиц Железнодорожная и Большая Казачья, газон с деревом), *б* – одиночные мины на листьях ореха, *в* – гусеница каштановой моли из вскрытой мины (фото автора)

Можно констатировать, то, о чем говорил автор еще в начале 2021 году, случилось [13]. Эта маленькая бабочка 5-7 мм в размахе крыльев вызвала массовые повреждения каштанов уже не в Европе, а в России на берегах Волги-матушки. И теперь городским службам г. Саратова придется в следующий сезон в 2024 году заниматься выпиливанием и/или полной заменой конских каштанов в городских парках областного центра.

Список литературы:

1. Anikin V.V. Present day bio-invasions in the Volga-Ural Region: from the South to the North or from the East to the West? *Camerariaohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Lower and Middle Volga // *Zootaxa*. 2019. V. 4624, № 4. P. 583–588. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4624.4.9>
2. Аникин В.В., Мельников Е.Ю. Первая достоверная находка каштановой минирующей моли *Camerariaohridella* на территории Волгограда // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. Саратов, 2019. Вып. 16. С. 114–118.
3. Золотухин В.В., Аникин В.В., Де Принс Ю., Киямова. М.Р. Нахождение охридского минера *Cameraria ohridella* в Ульяновске в 2019 году // *Природа Симбирского Поволжья*. 2019. Вып. 20. С. 141–146.
4. Аникин В.В., Золотухин В.В., Полумордвинов О.А. Массовое повреждение листьев конского каштана (*Aesculus hippocastanum*) охридским минером (*Cameraria ohridella*) на территории Пензы в 2019 году // *Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета*. 2019. Т. 17, Вып. 4. С. 235–241.
5. Мельников Е.Ю. Охридский минер *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) в г. Энгельсе // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. Саратов, 2020. Вып. 17. С. 94–97.
6. Мосолова Е.Ю., Мошкова М.С., Леонтьев М.Д. Первая находка каштановой моли *Cameraria ohridella* на территории Вольска (Саратовская область) // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. Саратов, 2020. Вып. 17. С. 148–150.
7. Мельников Е.Ю., Кондратьев Е.Н. Распространение каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* в Левобережье Саратовской области в 2021 году // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. Саратов, 2021. Вып. 18. С. 116–120.
8. Золотухин В.В. К распространению охридского минера *Cameraria ohridella* в Ульяновской области в 2020 г. // *Природа Симбирского Поволжья*. Ульяновск, 2020. Вып. 21. С. 91–93.
9. Шулаев Н.В., Аникин В.В. Первая находка каштановой моли *Cameraria ohridella* в Татарстане // *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. Саратов, 2021. Вып. 18. С. 138–140.
10. Аникин В.В., Сажнев А.С. Первая достоверная находка каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella*

- Deschka et Dimić, 1986 на территории Нижнего Новгорода // Полевой журнал биолога. 2021. Т. 3, № 4. С. 332–338. DOI: 10.52575/2712-9047-2021-3-4-332-338
11. Аникин В.В., Сачков С.А. Мониторинг распространения инвазивного вида *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) в Самаре в сентябре 2022 года // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2022. Т. 37. С. 34–38.
 12. Kirichenko N.I., Karpun N.N., Zhuravleva E.N., Shoshina E.I., Anikin V.V., Musolin D.L. Invasion Genetics of the Horse-Chestnut Leaf Miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), in European Russia: A Case of Successful Involvement of Citizen Science in Studying an Alien Insect Pest. // Insects. 2023. V. 14, №2 (117). <https://doi.org/10.3390/insects14020117>
 13. Аникин В.В. Жизнь или гибель? Что будет с каштанами города Саратова через 5 лет? // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 10-й Международной научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2021. С. 298–302.
 14. Аникин В.В., Аникин Д.Б. Полное заселение охридским минером конского каштана г. Саратова в 2021 году // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2021. Вып. 18. С. 95–101.
 15. Мосолова Е. Ю. О питании большой синицы (*Parus major*) каштановой минирующей молью (*Cameraria ohridella*) в Саратове // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2021. Вып. 18. С. 134–137.
 16. Аникин В.В. Распространение каштановой моли *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) в Поволжском регионе в XXI столетии // Тезисы докладов XVI съезда Русского энтомологического общества. Москва, 22–26 августа 2022 г. Москва: КМК, 2022. С. 26.
 17. Еремакина А.В., Тарасова А.В., Элкафори А.Б.А.И. Ассоциативные грибы трофической цепи каштановая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) – конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum* L., 1753 (Sapindaceae: Hippocastanoideae) // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2021. Вып. 18. С. 124–126.
 18. Тарасова А.В., Еремакина А.В., Элкафори А.Б.А.И. Ассоциативные бактерии трофической цепи каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) – конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum* L., 1753 (Sapindaceae: Hippocastanoideae) // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2021. Вып. 18. С. 120–123.

УДК 551.312.2: 574.45: 631.417.1

**К ОЦЕНКЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ВТОРИЧНО ОБВОДНЕННОГО ТОРФЯНИКА «БЕРКАЗАН-КАМЫШ»
(БАШКИРСКОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ)**

Э. З. Баишева, С. Н. Жигунова, Н. И. Федоров, П. С. Широких, И. Г. Бикбаев, И. Р. Туктамышев
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия
Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
Уфа, Россия

**TO THE ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY AND CARBON RESERVES IN THE
VEGETATION OF THE REWETTED PEATLAND “BERKAZAN-KAMYSH”
(BASHKIR CIS-URALS)**

E. Z. Baisheva, S. N. Zhigunova, N. I. Fedorov, P. S. Shirokikh, I. G. Bikbaev, I. R. Tuktamyshev
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
Ufa Institute of Biology of UFRS RAS, Ufa, Russia
elvbai@mail.ru

Аннотация. Проведены сбор и анализ данных по продуктивности и подземной фитомассы различных типов сообществ вторично обводненного торфяника Берказан-Камыш (Республика Башкортостан). Выполнена оценка растительных сообществ в углеродном балансе болотного комплекса.

Ключевые слова: торфяник, запасы фитомассы, депонирование углерода.

Экосистемы ненарушенных болот имеют важное значение для регулирования газового состава атмосферы и смягчения негативных последствий изменения климата, обеспечивают поглощение и накопление углекислого газа из атмосферы, а депонированный в торфе углерод

изымается из глобального круговорота на многие годы. В то же время, осушение болот изменяет их водный режим и потоки парниковых газов, при разложении осушенного торфа потери углерода экосистемой возрастают. Наиболее эффективным способом снижения выбросов парниковых газов из осушенных торфяников является их вторичное обводнение, способствующее восстановлению структуры и экологических функций болотных экосистем [1–3].

Башкирское Предуралье – западная часть Республики Башкортостан, включающая юго-восточную окраину Русской равнины и западные предгорья Южного Урала, характеризуется высокой степенью хозяйственной освоенности и антропогенной трансформации растительного покрова. В Башкирском Предуралье находится более 350 антропогенно измененных в результате осушения и разработки торфяников, что составляет около 65 % от общей площади болот региона. В настоящее время значительная часть осушенных болот заброшены, а системы их осушительных каналов полноценно не функционируют [4].

Торфяник Берказан-Камыш расположено в Давлекановском административном районе на территории Природного парка «Аслы-Куль». Это низинное болото является одним из самых крупных болотных комплексов лесостепной зоны Республики Башкортостан. В течение прошлого столетия на территории болота неоднократно происходили торфяные пожары. В начале 1970-х гг. болото было осушено, затем в течение нескольких лет проводилась добыча торфа, по окончании которой большая часть территории была подвержена плантажной вспашке [3, 5]. Значительные площади торфяника были подвержены сульфатному засолению, которое характерно для многих районах лесостепной зоны Башкирского Предуралья [6, 7]. В последние годы по окраинам и в необводненной части торфяника проводился выпас скота. В 2017 г. в рамках одного из проектов Программы развития ООН торфяник был вторично обводнен, после чего началось восстановление болотной растительности и активизировались процессы торфообразования [5]. В настоящее время территория торфяника является одним из семи участков «Евразийского карбонового полигона» в Республике Башкортостан.

Целью данной работы является анализ данных по продуктивности надземной и подземной фитомассы разных типов растительности торфяника Берказан-Камыш для оценки объемов депонирования углерода современной растительностью болотного комплекса. Работы проводились летом 2022 г.

До начала вторичного обводнения большая часть осушенного торфяника Берказан-Камыш была покрыта ксерофитными овсяницево-разнотравными сообществами, солонцеватыми лугами и солончаками. Кроме внедрения солеустойчивых видов, произошла активная инвазия сорных видов, на долю которых приходилось 18 % от всей флоры массива (амброзия голометельчатая, циклахена дурнишниковидная, конопля сорная и др.), численность которых была особенно велика на местах бывших торфяных пожаров и на сильно сбитых в результате выпаса участках. Влаголюбивая растительность была распространена только в локальных понижениях рельефа и на участках с ключевыми водами и представлена тростниково-осоковыми, тростниковыми, тростниково-рогозовыми сообществами. После начала обводнения на торфянике повысился уровень грунтовых вод, увеличились площади избыточно увлажненных сообществ с преобладанием рогоза узколистного, увлажненных тростниковых сообществ, влажных солонцеватых лугов с преобладанием клубнекамышового морского [3, 5].

Анализ продуктивности надземной и подземной фитомассы проводился в восьми основных типах растительности (солончаковом, вейниково-луговом, овсяницево-разнотравном, овсяницево-луговом, осоковом, тростниковом, клубнекамышовом и рогозовом). Всего было заложено 166 пробных площадок размером 50х50 см (от 13 до 47 площадок на каждый тип сообществ, в зависимости от уровня мозаичности). Запас биомассы устанавливали в период максимального ее развития (конец июля – начало августа). Надземную фитомассу определяли методом укосов, подземную – методом монолитов.

Установлено, что запасы надземной фитомассы на участке полигона в среднем составляют 588,5 г/м². Максимальные запасы надземной фитомассы характерны для сильно-обводненного рогозового типа (1238,9 г/м²), минимальные – для солончаков, которые находятся на еще не восстановившихся необводненных участках (103,2 г/м²).

Вклад мортмассы в общие запасы биомассы составляет всего 10,8 %. Наибольшая доля мортмассы отмечается в овсяницево-разнотравном, осоковом и вейниково-луговом типах растительности, в которых она состоит в основном из ветоши злаков и осок, но и в этих сообществах ее доля составляет менее 23 % от общей биомассы. Доля подземной фитомассы в среднем составила 48,6 % от общей биомассы. Наибольшая доля подземной фитомассы наблюдается в солончаковом, овсяницево-луговом и клубнекамышовом типах растительности (77,1, 67,7 и 63,9 % соответственно).

Процентное содержание углерода в сухой надземной фитомассе в среднем составило 41,0 %. Наибольшее содержание углерода в надземной фитомассе обнаружено в овсяницево-разнотравном, осоковом, тростниковом и клубнекамышевом типах растительных сообществ (по 42,7 %). Наименьшее процентное содержание углерода выявлено в солончаковом типе (29,7 %). Содержание углерода в мортмассе во всех типах несколько ниже, чем в надземной фитомассе и составляет от 35 до 42,5%. Процентное содержание углерода в подземной фитомассе ниже его содержания в надземной фитомассе во всех типах, кроме солончаков.

Средние запасы углерода в надземной фитомассе составили 248,4 г/м². Наибольшие запасы углерода в надземной фитомассе выявлены в рогозовом типе (525,3 г/м²), наименьшие – в сообществах солончаков (30,6 г/м²). С

Средние запасы углерода в растительном веществе составили 599,1 г/м². Наибольшие общие запасы углерода в биомассе выявлены в тростниковом и клубнекамышовом типах (989,6 и 805,2 г/м²), наименьшие – в солончаках (139,2 г/м²).

Наибольшие доли запасов углерода в растительном веществе при расчете для всего участка Берказан-Камыш приходятся на наиболее распространенные на данном полигоне типы растительных сообществ – тростниковый и овсяницево-луговой. Наименьшие доли в сложении общих запасов углерода растительного вещества имеют солончаки и рогозовый тип, которые имеют небольшие площади.

Вторичное обводнение существенно повлияло на изменение гидрологического режима и водно-болотной растительности торфяника, что будет способствовать восстановлению средообразующих функций, которые были характерны для экосистемы массива Берказан-Камыш в прошлом.

Источники финансирования работы:

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан НОЦ-РМГ-2023 «Создание методологических основ оценки баланса парниковых газов и определения потенциала депонирования углерода в экосистемах».

Список литературы:

1. Сири́н А.А. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142, № 6. С. 560–577.
2. Ильясов Д.В., Сири́н А.А., Суворов Г.Г., Мартыненко В.Б. Летние потоки диоксида углерода и метана на осушенном торфянике в условиях лесостепи Республики Башкортостан // Агрохимия. 2017. № 1. С. 50–62.
3. Ильясов Д.В., Сири́н А.А., Суворов Г.Г., Метелева М.М., Маслов А.А., Мулдашев А.А., Широких П.С., Бикбаев И.Г., Мартыненко В.Б. Почвы и растительность антропогенно-измененного торфяника в степной зоне (на примере массива Берказан-Камыш, Башкирия) // Агрохимия. 2018. № 12. С. 46–59.
4. Баишева Э.З., Широких П.С., Мартыненко В.Б., Бикбаев И.Г. О результатах инвентаризации антропогенно измененных торфяников Башкирского Предуралья // Известия Уфимского научного центра РАН. 2022. № 3. С. 55–61.
5. Природные условия и биота Природного парка «Аслы-Куль» / кол. авт.; под ред. Б. М. Миркина, В. Б. Мартыненко. Уфа : Башк. энцикл., 2018. 456 с.
6. Хазиев Ф.Х., Мукатанов А.Х. Рациональное использовать осушенные земли. Уфа, 1985. 104 с.
7. Комиссаров А.В., Ковшов Ю.А., Ишбулатов М.Г. Мониторинг мелиорируемых земель в Республике Башкортостан // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011. № 10, Т. 82. С. 56–61.

ЦВЕТ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

И.В. Горбенко

Волгоградский региональный ботанический сад, Волжский, Россия

THE COLOR OF LANDSCAPE ARCHITECTURE

I.V. Gorbenko

Volgograd Regional Botanical Garden, Volzhsky, Russia

gorbenko_i@bk.ru

Аннотация. В настоящее время все более актуальное значение приобретают мероприятия по улучшению окружающей среды, благоустройству, озеленению городов и населенных мест. Возрастает значение естественной природы в озеленении города, формировании его внешнего облика, увеличении площадей под зеленые насаждения, создании новых парков, скверов, бульваров, лесопарков. В современном городе озелененные пространства (отдельные участки и садово – парковые комплексы) объединяются в динамически взаимосвязанную систему населения страны.

Ключевые слова: видеоэкология, интенсификации использования, колористика.

Большую часть суток человек проводит в замкнутом пространстве, находясь дома, на работе или в каком – либо развлекательном месте, будь то кино или кафе, и выходя на улицу, человека так же окружают высокие здания как правило тусклых и серых тонов. Всё это очень негативно сказывается на психологическом состоянии человека. Люди становятся более агрессивными, появляются стрессы, депрессии (не зависимо от времени года), и даже случаи суицида. В связи с этими факторами необходимо ввести цвет, новизну и свежесть в городское пространство средствами озеленения улиц. Всегда, когда человек теряет свои силы, он возвращается к природе, за новыми силами и за энергией. «Человеческому глазу» необходимо за что-то зацепиться, находясь на улице, а сегодня это лишь монотонные и разнообразные, тусклые картины.

Высоко урбанизированная среда отрицательно влияет на самочувствие людей, вызывая утомление, расстройство нервной системы. Для улучшения санитарного состояния городов, рабочих поселков и сельских населенных пунктов необходимо проведение в широких масштабах работ по увеличению площадей зеленых насаждений – садов, парков, скверов, бульваров, защитных зеленых зон и лесопарков, особенно на рекультивируемых землях. Для максимального использования всех возможностей, предоставленных обществом для охраны эстетических качеств ландшафтов, улучшения городской среды в соответствии с требованиями социального и научно-технического прогресса и с учетом природно-климатических условий, необходимы планомерные научно обоснованные действенные усилия.

Основная цель мероприятий по охране природы в городе заключается не в консервации отдельных ценных участков ландшафта или целых природных комплексов, а в создании системы гармоничных взаимоотношений человека и естественной природы, направленной на поддержание экологического равновесия природной среды.

Сегодня можно говорить о том, что всерьез нарушена видеоэкология восприятия среды, огромное количество не к месту расположенных рекламных носителей, изобилие безвкусных, пестрых, разно стиливых киосков искажает облик города. Бурные темпы социально – экономического развития привели к осязательному обострению экологических проблем. В условиях интенсификации использования и усиливающейся многофункциональности городского пространства значение цветовой среды для жителей города существенно возросло [1]. Все более остро встает вопрос озеленения городского пространства, и как следствие актуальна тема исследования: необходимость внедрения цвета в городское пространство (средством озеленения); необходимость цветовой палитры на улицах городов; увеличение растительного и породного состава; исследование может послужить практикумом для озеленителей городов и ландшафтных инженеров; составление сборника цветовых характеристик подбора растений.

Создание гармоничного пространства, экологичного во всех отношениях, невозможно без комплексного решения проблем, связанных с колористикой, архитектурным освещением, поэтому целями исследования являются: 1. Изучение городского пространства, разработка психологического влияния цвета городского пространства и его влияние на человеческую психику. 2. Изучение влияния цвета на человека. 3. Подбор необходимого ассортимента, благоприятно влияющего на жителей мегаполисов. 4. Сочетание зданий архитектуры с архитектурой ландшафта. 5. Значение ночного цветного света.

Для достижения указанных целей были поставлены следующие основные задачи: выявление основных картин городского пространства; изучение адаптированного ассортимента для озеленения городской среды; разработка цветовых схем влияния; разработка ландшафтно – пространственных композиций для городской среды; разработка методики подбора древесных и декоративно – кустарниковых насаждений; разработка методики подбора цветочного оформления для городской среды; выявление основных факторов, определяющих ландшафтную структуру городского пространства.

Для современного города чрезвычайно важен поиск путей упорядочения цветковых характеристик визуально воспринимаемого пространства. Целью цветкового проектирования является разработка способов колористической гармонизации цветовой среды, в которой человек должен чувствовать себя комфортно в эстетическом и в психоэмоциональном аспектах. Предметом проектирования является сама среда, а объектом служит все: от малых форм до макроэлементов города. Тем самым теоретическая значимость исследования состоит в том, что оно показало необходимость пополнения и увеличения зеленых насаждений в городе, приведения к масштабности нахождения человека на улицах городов, создание комфортной среды [2].

Практическая значимость исследования состоит в том, что полученные результаты могут быть применены в городской среде в крупных и в малых городах южных регионов, и в центральной части России.

Сменяются времена года, чередуются день и ночь, светит солнце и идет дождь, распускается, желтеет и опадает листва. Все это образует совокупность объективных факторов, которые своими цветовыми проявлениями так или иначе влияют на настроение и деятельность человека. В какой бы части земного шара ни находилось городское образование и сколь бы велико или мало оно ни было, формирование архитектуры города и дизайна городской среды происходит под воздействием этих факторов, опосредованных через человеческое сознание. Городская архитектура и средовой дизайн представляют собой весьма сложное взаимодействие различных форм, больших и малых объектов визуальной информации, элементов природы и способов обработки земли.

Список литературы:

1. Нефёдов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. С.-Пб.: «Академия», 2002. 295 с.
2. Лимонов Л.Э. Урбанистика. Городская экономика, развитие и управление: учебник и практикум для вузов. Москва: Издательство Юрайт, 2023. 822 с.

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ РЕКИ 1-АЯ ГУСЕЛКА (Г. САРАТОВ)

Л.В. Гребенюк, М.В. Степанов

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

PAST AND PRESENT OF THE 1 ST GUSELKA RIVER (SARATOV)

L.V. Grebenyuk, M.V. Stepanov

Saratov State University, Saratov, Russia

grebenuk2@yandex.ru

Аннотация. Река 1-ая Гуселка в течение нескольких последних десятилетий испытывает на себе антропогенное воздействие города Саратова. Из водоема с чистой водой, река постепенно перешла в разряд загрязненных водоемов, в котором основной сток формируется за счет бытовых и промышленных сточных вод с территории трех близлежащих районов города и предприятий.

Ключевые слова: река 1-ая Гуселка, Саратов, загрязнение, предельно-допустимые концентрации.

Река 1-ая Гуселка является правобережным притоком р. Волги и по данным государственного водного реестра относится к Нижневолжскому бассейновому округу. Протяженность реки – 12 км. Площадь водосбора – 87,7 км². Категория водного объекта – рыбохозяйственная, I категории. Ширина водоохранной зоны реки 1-я Гуселка составляет 100 м, ширина прибрежной защитной полосы – 50 м, ширина береговой полосы – 20 м [1]. 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. Территориально река относится к Елшанско-Гусельскому ландшафтному району, Гусельскому подрайону [2]. 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.

Из опроса садоводов СНТ «Ветеран-57», участки которого расположены на левом берегу р. 1-ая Гуселка и многие годы полив садов осуществлялся водой из этой реки:

1957 год. На Саратовском авиационном заводе проходило собрание коллектива по выбору участка под строительство дач: рядом с Волгой или на левом берегу реки 1-ой Гуселки, выше по течению от пос. Зональный. Большинство будущих садоводов проголосовали за Гуселку, отметив чистоту реки, тихое место, наличие леса вдоль берега.

1967 год. Из личного дневника садовода: «Сегодня дочка (1,4 года) на даче сказала «деда поймал бибу и ак!». В 60-е годы в реке ловили рыбу и раков! Раки очень требовательны к качеству воды, поэтому могут быть своеобразным живым индикатором чистоты водоема.

70-е годы. Дети и взрослые ловили в реке на удочки пескарей, жарили в сметане. Обыкновенный пескарь является представителем семейства карповых рыб. Он предпочитает песчаное или каменистое дно, с небольшим налетом ила и чистой, хорошо насыщенную кислородом воду.

80-е годы. На правом берегу р. 1-ая Гуселка, напротив СНТ «Ветеран-57», на склоне располагался животноводческий комплекс. От него в реку спустили неочищенные сточные воды, после чего в реке садоводы не купались. Позже одно из предприятий города сбросило в реку нефтепродукты. Произошло возгорание. Огонь распространился по реке, как следствие, обгорели все деревья около берегов.

С 80-х годов река 1-ая Гуселка получила печальную славу сточной канавы саратовских заводов из-за целого ряда случаев сброса промышленных отходов в ее воды. В докладах о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области за 90-е годы содержатся данные о превышении ПДК по ряду соединений тяжелых металлов в воде 1-ой Гуселки в десятки раз. Источники загрязнения реки - промышленные предприятия, объекты сельского хозяйства, другие

объекты инфраструктуры города.

Начиная с 90-х годов территория от Усть-Курдюмской улицы стала застраиваться в сторону р. 1-ая Гуселка. С тех пор и до настоящего времени в поселке ведется массовое строительство жилья: пос. Юбилейный, микрорайоны Русинвест, Изумрудный, Березка, Цветочный и др. Возник новый источник загрязнения реки – канализационные стоки от новостроек. Этой проблеме уже несколько лет, ей было посвящено множество публикаций в СМИ.

В 2014 году поступило обращение к губернатору города от членов СНТ «Спутник 65» (р. Гуселка-1), СНТ «Ветеран-57», СПК «Гуселка-58», СНТ «Черемушки»: «Доводим до вашего сведения, что на протяжении двух месяцев с противоположного берега р. Гуселка-1, в районе пос. Юбилейный, мкр. Цветочный, 1-й пр-д Скоморохова, дд. 17, 19 в р. Гуселка-1 из торчащего на поверхности гофрированного шланга диаметром 150 мм непрерывным потоком сливаются канализационные стоки из вышестоящих домов. Данный слив никем не санкционирован и не предусмотрен проектом. Экологическая обстановка катастрофическая!» [3]. И сейчас в микрорайоне "Цветочный" канализационные стоки новых многоквартирных домов, построенных в непосредственной близости от реки Гуселка-1, загрязняют водоем из-за постоянных поломок насоса, перекачивающего стоки в коллектор.

Из-за ненадлежащей организации водоотведения от ЖК «Изумрудный» в поселке Юбилейный, в течение ряда лет, включая последние, осуществляется несанкционированный сброс канализационных сточных вод на рельеф местности с попаданием в реку 1-я Гуселка. По результатам отобранных лабораторией ООО «Биосфера» в 2021 году пробам сточных вод, поступающих в реку 1-я Гуселка по рельефу местности и из водного объекта, выявлено загрязнение: по иону аммония превышение показателей в 2,4 раза, фосфору - в 3,3 раза, нитрит-иону - в 3 раза. В декабре 2021 года возбуждено уголовное дело по факту отравления, загрязнения или иной порче земли вредными продуктами, повлекшие причинение вреда окружающей среде (ч. 1 ст. 254 УК РФ). Ущерб оценен в 2,6 млн руб. [4].

Загрязнение воды в реке происходит и другими способами. Практически на всем протяжении берега и русло 1-ой Гуселки завалены мусором. Отходы разлагаются с выделением в окружающую среду продуктов распада, происходит проникновение токсичных веществ в грунтовые и поверхностные воды. Ртуть, мышьяк, свинец, кадмий накапливаются в почве, смываются в реку.

Авторами проведено исследование точечных проб воды в реке 1-ая Гуселка с целью определения уровня загрязнения ее соединениями тяжелых металлов. Точечная проба характеризует состав воды в данное время в данном месте. Пробы воды отобраны в 2023 году с участка реки, ниже по течению от микрорайона Цветочный, в месте расположения СНТ «Ветеран-57». Время отбора проб соответствовало спаду половодья (май) и межени (август).

Пробы воды отбирались в чистую пластиковую тару объемом 1,5 литра. Концентрация водорастворимых форм тяжелых металлов (медь, цинк, никель, свинец, кадмий, ртуть, железо, кобальт, молибден) в воде определялась на спектрофотометре HACH DREL 2800, специально разработанном для анализа состава воды: технологической, сточной, питьевой и др. Анализы каждой пробы воды проводились в трех повторях. Для сравнения результатов исследования с ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования брались осредненные значения. Результаты исследования приведены в таблице.

Концентрации соединений тяжелых металлов в пробах, отобранных в мае и в августе, имеют вариабельность. Практически по всем соединениям, кроме свинца, фиксируется понижение их концентрации в воде в летний период из-за отсутствия привноса их паводковыми водами с территории города. Содержание соединений железа, кобальта, меди и цинка во всех пробах воды не превышает нормативов. В весенний период отмечаются повышенные концентрации соединений кадмия, молибдена, никеля и свинца. Содержание ртути приближается к верхней границе нормы. В августе зафиксированы превышения концентраций над ПДК по соединениям кадмия, никеля и свинца.

Таблица. Результаты исследования проб воды из реки 1-ая Гуселка на содержание тяжелых металлов

Наименование тяжелых металлов	Средняя концентрация тяжелых металлов в воде, мг/л		ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л [5]	Средние превышения над ПДК	
	май	август		май	август
Cd	0,005	0,003	0,001	5	2,7
Fe	0,038	0,01	0,3	0,13	0,03
Co	0,06	0,02	0,1	0,6	0,2
Cu	0,066	0,036	1	0,07	0,04
Mo ⁶⁺	0,11	0,057	0,07	1,57	0,76
Ni	0,07	0,033	0,02	3,5	1,7
Pb ²⁺	0,013	0,013	0,01	1,3	1,3
Zn	0,065	0,027	1	0,06	0,03
Hg	0,0005	0,0003	0,0005	1	0,6

Так как вода в реке 1-ая Гуселка содержит в своем составе соединения тяжелых металлов в концентрациях, превышающих нормативы, то она является опасной для использования садоводами для полива участков. Рыбы в реке нет, а исследования участка реки в месте отбора проб показало и отсутствие водной растительности.

Список литературы:

1. Максимов Е.К. Энциклопедия Саратовского края. Саратов: Приволжское книжное издательство, 2002. 112 с.
2. Саратовский научно-образовательный геоэкологический полигон: Учеб. пособие для студ. естеств. фак. / под ред. А.В.Иванова, В.З.Макарова, А.Н.Чумаченко. Саратов: изд-во Сарат. ун.-та, 2007. 286 с.
3. Лица губернии [Эл. ресурс] URL: <http://lizagubernii.ru/> (дата обращения: 18.09.2023).
4. СаратовБизнесКонсалтинг. Новости. [Эл. ресурс] URL: <https://news.sarbc.ru/main/2021/12/24/269476.html> (дата обращения: 18.09.2023).
5. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

УДК 58.051

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ СЕЛА ВОРОНЦОВКА НОВОБУРАССКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.О. Зумаева, Е.А. Нющенко, М.В. Степанов

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

SOIL CHARACTERISTICS IN THE ENVIRONS OF THE VILLAGE OF VORONTSOVKA, NOVOBURASKY DISTRICT, SARATOV REGION

M.O. Zumaeva, E.A. Nyushchenko, M.V. Stepanov

Saratov State University, Saratov, Russia

zumaevamaryam@mail.ru

Аннотация. Проведено морфологическое описание почвы в окрестностях села Воронцовка Саратовской области. Приведены показатели степени кислотности, общей щелочности, содержания хлорид-ионов, представленные в сравнении с результатами 1987 г. Выявлена незначительная трансформация почвы за 32 года.

Ключевые слова: почва, с. Воронцовка, Саратовская область.

Современная экологическая ситуация свидетельствует о том, что подавляющая часть антропогенных изменений биосферы ведет к разбалансировке и деградации биосферной системы и почвенной оболочки Земли [1]. По мере исчезновения огромных просторов степной зоны,

резкого сокращения и видоизменения ее оставшихся островков, все острее встает вопрос о необходимости изучения степей и охраны наиболее крупных по площади участков. Один из таких участков расположен в окрестностях с. Воронцовка Саратовской области, на основании предварительных исследований может считаться эталонным для степных сообществ.

Для подтверждения этого предположения в типичном месте данной территории в 2019 г. был заложен почвенный разрез с отбором проб из каждого горизонта, в 2023 г. проводились химические анализы по общепринятым методикам [2–4]. Для изучения трансформации почв были использованы неопубликованные результаты, полученные в 1987 г. Михайлиной Еленой Геннадьевной, приведены ниже.

- A $\frac{1-30}{30}$ темно-серый, сухой, мелкокомковатый, тяжелосуглинистый, переход заметный.
- B₁ $\frac{30-53}{23}$ темно-серый с коричневатым оттенком, свежий, глинистый, комковато-ореховатый, плотный, переход заметный.
- B₂ $\frac{53-68}{15}$ неравномерно окрашенный, на грязно-желтом фоне гумусовые затеки, свежий, глинистый, ореховатый.
- C $\frac{68-90}{22}$ темно-серый с мучнистыми пятнами, глинистый, комковатый, свежий.

Морфологическое описание почвенного разреза выполненного в июле 2019 г. следующее:

- A $\frac{1-19}{19}$ бурый, с темными пятнами, свежей влажности, пластинчато-комковатой структуры, тяжелосуглинистый, резкий переход, граница языковатая.
- B₁ $\frac{19-36}{17}$ светло-бурый, влажнее предыдущего, плитчато-комковатый, средний суглинок, резкий переход, граница размытая.
- B₂ $\frac{36-48}{12}$ светло-бурый, влажный, комковато-плитчатый, средний суглинок, резкий переход, граница волнистая.
- B₃ $\frac{48-64}{16}$ желтоватый с белыми пятнами, влажный, комковато-плитчатый, средний суглинок, постепенный переход, граница волнистая.
- B₄ $\frac{64-72}{8}$ буро-желтый с желтыми пятнами, сильно влажнее предыдущего, комковато-плитчатый, средний суглинок, постепенный переход, граница волнистая.
- C 72 и глубже буро-желтый.

Е.Г. Михайлина не выделяла горизонты B₃ и B₄, однако, в результате сравнения границ горизонтов, мы считаем возможным соотнести ее данные со своими таким образом, как видно из таблицы 1.

Таблица 1. Соотношение пределов почвенных горизонтов

Описание 1987 г.		Описание 2019 г.	
Почвенные горизонты	Пределы горизонтов, см	Почвенные горизонты	Пределы горизонтов, см
A	1-30	A	1-19
B ₁	30-53	B ₁	19-36
B ₂	53-68	B ₂	36-48
		B ₃	48-64
C	68-90	B ₄	64-72
		C	72

Кислотность горизонтов почвы 30 лет назад варьировалась от нейтральной до слабощелочной, данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика pH почвенной вытяжки

Горизонты	pH, 1987 г.	Горизонты	pH, 2023 г.
А	7,97	А	7,32
		В ₁	
В ₁	7,87	В ₂	8,03
В ₂	7,65	В ₃	6,31
С	7,39	В ₄	6,04
		С	6,02

В настоящее время кислотность слоев можно считать близкой к слабокислой. В нижележащих слоях профиля отмечено подкисление почвы.

По результатам анализа на содержание гидрокарбонатов, полученным в 1987 г., можно отметить наибольшее содержание гидрокарбонатов в В₁, а наименьшее в С (табл. 3).

Таблица 3. Щелочность почвы

Горизонты	Общая щелочность, 1987 г.		Горизонты	Общая щелочность, 2023 г.	
	ммоль	%		ммоль	%
А	0,60	0,04	А	0,083	0,005
			В ₁	0,146	0,008
В ₁	0,65	0,04	В ₂	0,187	0,011
В ₂	0,60	0,04	В ₃	0,146	0,008
С	0,40	0,02	В ₄	0,083	0,005
			С	0,103	0,006

В настоящее время наибольшее содержание гидрокарбонатов в В₂, а наименьшее, как в 1987 г., в С, что, возможно, связано с непромывным режимом и особенностями биологического режима черноземных почв [5].

По данным 1987 г. можно сказать, что наибольшее содержание хлорид-ионов было определено в В₂, а наименьшее в А и С, что представлено в таблице 4.

Таблица 4. Содержание хлорид-ионов в почве

Горизонты	Содержание Cl ⁻ , 1987 г.		Горизонты	Содержание Cl ⁻ , 2023 г.	
	ммоль	%		ммоль	%
А	0,29	0,01	А	-	-
			В ₁	2,31	0,082
В ₁	0,34	0,01	В ₂	2,28	0,080
В ₂	0,59	0,02	В ₃	3,50	0,125
С	0,29	0,01	В ₄	4,97	0,176
			С	2,60	0,092

Результаты, полученные в 2023 г., показывают, что в А хлорид-ионы отсутствуют, наибольшее содержание их приходится на В₄, а наименьшее на В₂.

Подводя итог, можно сказать, что почвы в районе исследования подверглись слабой трансформации. По степени кислотности и содержанию гидрокарбонатов отмечены незначительные изменения, по содержанию хлорид-ионов – значительные.

Список литературы:

1. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв. М.: МАКС Пресс, 2009. 576 с.
2. Кауричев И.С. Почвоведение. М.: «Колос», 1982. 480 с.
3. Комов И.М. О земледелии. М.: «Типография Пономарева», 1989. 410 с.
4. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: «Академический Проект», 2004. 432 с.
5. Алексеева Т.Н. Повышение кислотности почв сельскохозяйственных земель // Экологічна безпека. 2010. № 1, Т. 9. С. 43–46.

**ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ФЛОРЫ УРОЧИЩА «ЖАРИН БУГОР»
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

С.С. Ивашкина, Е.А. Нющенко, М.В. Степанов
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

**THE HISTORY OF STUDYING OF THE FLORA OF THE NATURAL BOUNDARY «ZHARYN
BUGOR» OF SARATOV REGION**

S.S. Ivashkina, E.A. Nyushchenko, M.V. Stepanov
Saratov State University, Saratov, Russia
ivashkina13092002@mail.ru

Аннотация. Представлена история изучения и использования флоры урочища «Жарин Бугор». Установлено три версии происхождения названия, а также на основании материалов гербария СГУ (SARAT) выявлены коллекторы и составлен список видов.

Ключевые слова: урочище, «Жарин Бугор», флора, Саратов.

Урочище «Жарин бугор», имеющие несколько наименований, таких как Жаринов и Жареный - возвышенность к северу от города Саратов. Первое название, возможно, указывает на происхождение названия от фамилии. Второе название «жареный» получило из-за того, что данное место находится на южном склоне возвышенности и быстрее всех в окрестностях освобождается от снега, а летом становится желтым или коричневатым. Третья версия названия основывается на том, на вершине горы во время царствования Екатерины восставшими крестьянами был зажарен один из местных помещиков [1].

Комитет по наследию Саратовской области включил урочище «Жарин Бугор» в реестр объектов археологического наследия в 2007 г., поскольку в 1979 г археологами исторического факультета СГУ по руководством С. Ю. Монахова была организована экспедиция по проверке предположения о возможных погребениях в курганской группе, которая обнаружила могилы людей катакомбной культуры, датированной примерно 4 тыс. лет назад. Территория «Жарин Бугор» используется и для полетов на планерах, т. к. часть склонов являются полигоном Саратовского аэроклуба ДОСААФ, созданного в 1923 г. На холме Ю.А. Гагарин совершил свой первый прыжок с парашютом [1].

В 90-х гг. XX века было предложено организовать на территории урочища «Жарин Бугор» особо охраняемую природную территорию категории памятник природы. Авторами предложения были сотрудники ботанического сада СГУ Владимир Серафимович Сукачев и биолог Евгений Александрович Киреев. Они утверждали, что сохранившийся степной участок площадью 0,5 га (близ ТЭЦ – 5) – единственное вблизи города Саратов местообитания тюльпана Шренка (*Tulipa schrenkii*), занесенного в Красную книгу. Так же произрастает весьма ценный в генетико-селекционном отношении ирис карликовый (*Iris pumila*). Из видов, подлежащих охране согласно решению Саратовского облисполкома, кроме них отмечены 11 видов: адонис волжский (*Adonis volgensis*), валериана клубненосная (*Valeriana tuberosa*) эфедра двухколосковая (*Ephedra distachya*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*), ковыль перистый (*Stipa pennata*), ковыль украинский (*Stipa ucrainica*), копеечник крупноцветковый (*Hedysarum grandiflorum*), миндаль низкий (*Amygdalus nana*), тимьян Маршалла (*Thymus marschallianus*), тюльпан Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana*), фиалка душистая (*Viola odorata*). Областной совет охраны природы просил обсудить вопрос об отнесении участка, предварительно переименовав его в «Пригородная степь», к памятникам природы и определить организацию, ответственную за сохранность памятника [2].

Гербарий СГУ (SARAT) содержит материалы с изучаемой территории, которые были сделаны с 1904 по 2019 гг. Самые многочисленные сборы (68 листов) принадлежат Чернову, который работал в урочище «Жарин Бугор» в 1919 г. в периоде с мая по июнь. В этикетках

указаны инициалы В. Н. Есть предположение, что это Виктор Николаевич Чернов. В 1946 г. в Карело-Финской республике была организована Западно-Карельская экспедиция. Начальником экспедиции стал доцент Петрозаводского госуниверситета Виктор Николаевич Чернов. Он был ботаником-систематиком, известным исследователем водной флоры и растительности Карелии. В гербарий Саратова немалый вклад внес В.Н. Чернов, который изучал водную растительность нашей территории в 1930 г., о чем свидетельствует его коллекция, которая находится в материалах фонда гербария СГУ. Поэтому предполагаем, что это один и тот же человек, который был репрессирован и выслан на Север СССР, поскольку последние сборы его в гербарии СГУ относятся к 1930 г. [3].

Андреев С., чье имя, отчество и статус, к сожалению, не удалось установить, занимался изучением урочища «Жарин Бугор» на протяжении нескольких лет (начало исследований в 1925 г.). Им было собрано 64 гербарных листа. Андреев приводит самые подробные этикетки, указывая тип почвы, обилие видов, точное место сбора. Материалов исследования после 1927 г. не обнаружено.

Сборы гербария проводились в разные годы с разной интенсивностью. Наибольшее число сборов приходится на 1919 и 1925 гг., в остальное время число листов одинаково мало: собрано 2 листа, очевидно, студентками (Шугокова и Окладнова), датированные 1967 и 1975 гг.

Согласно данным гербария на изученной территории отмечены следующие виды, занесенные в Красную Книгу Российской Федерации (2008 г.) и Красную Книгу Саратовской области (2021 г.), – ирис карликовый (*Iris pumila*), рябчик русский (*Fritillaria ruthenica*), ковыль перистый (*Stipa pennata*) [4, 5].

Таким образом, урочище «Жарин бугор» испытывая долгое время разнообразную антропогенную нагрузку, сохранило редкие биологические, археологические и исторические объекты, следовательно, целесообразно эту территорию взять под охрану, что позволит сохранить многообразие флоры Саратовской области.

Список литературы:

1. Не за тридевять земель: детская областная краеведческая газета №1 [Электронный ресурс] // URL: <https://nztz.narod.ru> (дата обращения: 22.02.2023).
2. Жарин Бугор. Наследие – культурно-исторические и природные достопримечательности Саратовской области [Электронный ресурс] // URL: <http://nasledie.sgu.ru/content/zharenyi-bugor> (дата обращения : 22.02.2023).
3. Кафедра ботаники и физиологии растений. Общество физиологов растений [Электронный ресурс] // URL: <https://ofr.su/kafedra-botaniki-i-fiziologii-rastenij> (дата обращения: 22.02.2023).
4. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные / Министерство природных ресурсов и экологии в области. Саратов: Папирус, 2021. 496 с.
5. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН ; Российское ботаническое общество ; МГУ им. М.В. Ломоносова / Гл. редколл. Ю.П. Трутнев и др.; сост. Р.П. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

**АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРА
ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

А.Ю. Кудрявцев

Государственный Природный заповедник «Приволжская лесостепь», Саратов, Россия
Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Саратов, Россия

**ANTHROPOGENOUS TRANSFORMATION OF THE FOREST ECOSYSTEMS
AT THE CENTRAL PART OF VOLGA UPLAND**

A.Yu. Kudryavtsev

State Natural Reserve «Privolzhskaya Lesostep'», Russia, Saratov
Saratov Branch of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Russia, Saratov
akydtaks@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования динамики широко распространенного типа лесных экосистем центральной части Приволжской возвышенности – свежей субори (B2). Исследования проводили на территории участка «Верховья Суры» заповедника «Приволжская лесостепь». Проведенное исследование показало, что полученный возрастной ряд представляет собой ряд трансформации лесных сообществ.

Ключевые слова: Приволжская возвышенность, антропогенная трансформация.

Верхнесурский участок заповедника «Приволжская лесостепь», созданный в 1991 г., расположен в центральной части Приволжской возвышенности неподалеку от истоков р. Суры. Площадь участка составляет 6339 га. В районе расположения участка работали несколько поколений исследователей [1–4].

Средняя высота территории участка около 300 м н.у.м. Поверхность сложена породами палеогенового возраста, преимущественно песками и песчаниками. Рельеф слабоволнистый. Преобладают коренные сосновые леса, различные по составу, строению и производительности [5]. Производные леса представлены, в основном, березняками с примесью осины и липы.

Свежие субори (B2) – наиболее распространенный на территории участка тип лесорастительных условий. Они занимают 2829.9 га, или 45.9% от общей площади участка (за исключением линейных и водных объектов). Древостои естественного происхождения занимают 66.7%, лесные культуры – 32.5%. На прогалины приходится 0.8%. Основной массив земель этого типа расположен на юге участка и приурочен к водоразделу Суры и ее правого притока р. Час. Почвы дерново-подзолистые неполноразвитые слабодифференцированные супесчаные на песках, склоновые дерново-подзолистые супесчаные на песках и дерново-подзолистые слабодифференцированные супесчаные на песках, подстилаемые песчаником на глубине до 150 см.

Анализ хозяйственных мероприятий, проведенных на территории участка с 1982 по 1991 г., показал следующее. Площадь рубок всех видов в древостоях свежей субори естественного происхождения составила более 770 га. В том числе: осветления – 25.4 га; прочистки – 16.0 га; прореживания – 17.1 га; проходные – 183.1 га; добровольно-выборочные – 24.6 га; санитарные – 21.7 га; сплошнолесосечные – 282.0 га. Таким образом, в течение 10 лет, предшествующих созданию участка заповедника, различными видами рубок было пройдено более 30% лесов, причем основная нагрузка пришлась на древостои высокого возраста. Кроме того, за этот период на лесосеках было создано 104.6 га лесных культур.

Анализ данных динамики всех ярусов растительности позволил разделить рассматриваемый возрастной ряд на периоды, каждый из которых, в свою очередь, состоит из отдельных фаз.

Первый период продолжительностью до 40 лет характеризуется преобладанием мелколиственных пород с небольшой примесью широколиственных видов и сосны. Подрост отсутствует, только в конце периода отмечено появления сосны и дуба на незначительной площади.

В течение второго периода от 40 до 80 лет происходит коренное изменение состава древостоя. Доля сосны значительно возрастает, а доля лиственных видов соответственно уменьшается. При этом наиболее резко сокращается степень участия осины и широколиственных видов.

Третий период – полное господство сосны. Его продолжительность составляет 100 лет. Примесь всех видов лиственных деревьев сокращается до минимума.

В период более 180 лет формируются смешанные многоярусные древостои с преобладанием сосны. За счет образования нижнего яруса появляется значительная примесь как мелколиственных, так и широколиственных деревьев.

Изменение лесной растительности в результате хозяйственной деятельности можно описать следующим образом.

После рубки коренных сосновых лесов формировались преимущественно сосновые древостои с небольшой примесью мелколиственных пород. Вырубка древостоев на месте коренных насаждений привела к формированию значительных площадей сообществ смешанного состава и мелколиственных древостоев (преимущественно березняков). К этому времени в экотопе происходят заметные изменения. Наличие примеси лиственных пород способствовало заметному увеличению плодородия почв. Под пологом мелколиственных и смешанных древостоев начинается развитие подроста широколиственных деревьев (прежде всего липы). Под пологом изреженных сосняков формируется березовый подрост. Изменение светового режима в результате сплошных и выборочных рубок привело к коренному изменению напочвенного покрова. Интенсивное развитие травостоя и, прежде всего корневищных злаков приводит к исчезновению яруса мхов и лишайников, а также брусники и черники. Особенно велика роль вейника, которую отметил еще А.А. Крюденер (1910). Начинается процесс задернения, который является главным фактором, препятствующим возобновлению сосны. Ведущую роль приобретает вегетативное возобновление лиственных пород, а молодое поколение березы продуцирует огромное количество семян. Семенным и вегетативным путем происходит новая, еще более мощная, чем на вырубках коренных сосняков, вспышка возобновления лиственных пород. Для них характерен энергичный рост, особенно в первое десятилетие после рубки, что еще более усугубляет угнетение сосны (Громцев, 1990, 2008).

Лесные сообщества следующего поколения возникают уже на месте различных по составу производных лесов второго поколения. В результате образовались значительные площади осинников и древостоев с преобладанием широколиственных пород. В старовозрастных сосняках, пройденных выборочными рубками, формируются нижние ярусы, образованные различными видами лиственных деревьев. На вырубках появляется хорошо развитый травяной покров. В его составе заметно участие неморальных видов, характерных для широколиственных лесов, и мощное развитие злаков. Теневыносливые неморальные виды развиваются и под пологом многоярусных древостоев. Густой травостой и хорошо развитая дернина препятствуют возобновлению сосны, но не сдерживают рост вегетативного возобновления лиственных пород. В результате доля сосны в составе древостоев, как и доля сосновых лесов младших возрастов, становится минимальной.

Обработка таксационных описаний позволила выявить в экотопах, соответствующих свежей субли, различные по составу и строению сообщества. Объединение полученных материалов во временной ряд показало, что каждой возрастной стадии присущ определенный спектр сообществ. При этом наибольшим разнообразием характеризуются ранние возрастные стадии. После начала применения сплошнолесосечных рубок площадь, занятая лиственными деревьями (прежде всего березой), постоянно росла. Следствием масштабного применения рубок промежуточного пользования, санитарных и добровольно-выборочных рубок стало формирование изреженных сосновых древостоев. Обильное плодоношение молодых мелколиственных древостоев обусловило возникновение в старовозрастных сосняках яруса из лиственных деревьев (преимущественно березы). Одновременно происходила и трансформация нижних ярусов сообществ, что в свою очередь привело к масштабному развитию дернового процесса.

Таким образом, проведенное исследование показало, что полученный возрастной ряд

представляет собой ряд трансформации лесных сообществ, а выделенные периоды и фазы характеризуют этапы этой трансформации. Доказательствами этому служат как широкое распространение в сообществах молодого возраста, теневыносливых видов, характерных для поздних стадий сукцессии, так и возникновение в древостоях высокого возраста яруса с преобладанием светолюбивых видов – березы и осины. Эти факторы вызвали ухудшение условий естественного возобновления сосны. В результате к настоящему времени возможность формирования сосновых древостоев путем естественного возобновления почти полностью исключена.

Нарушение хода лесообразовательного процесса привело к масштабной смене коренных насаждений на производные. При этом среди наиболее молодых сообществ, наряду с мелколиственными (березняки и осинники), довольно значительную площадь занимают древостои с преобладанием широколиственных пород (липы и дуба).

Однако, несмотря на значительные изменения, сообщества свежей субори расположенные на территории участка заповедника во многом сохранили особенности первозданных лесов центра Приволжской возвышенности: господство сосновых лесов естественного происхождения с развитым лишайнико-моховым покровом и целым комплексом таежных видов, большинство из которых находится около южной границы своих ареалов.

Список литературы:

1. Крюденер А.А. Сплошные и семеннелесосечные рубки в типах насаждений приволжских губерний лесостепной области с преимущественно сосновым древостоем р // Лесной журнал. 1910. № 6. С. 685–756.
2. Калашников Л.Н. К характеристике боровой растительности Кададинской лесной дачи Кузнецкого уезда Саратовской области // Известия ССХИ. Вольск: Красный печатник, 1927. Вып.3. С. 38.
3. Барабанщиков А.С. Сосновые типы леса Приволжской лесостепи (на примере Кададинского леспромхоза Пензенского ОУПР лесного хозяйства) // Бот. журн. 1962. Т. 47, № 12. С. 1775–1785.
4. Благоевский В.В. Растительность Приволжской возвышенности в связи с ее историей и рациональным использованием. Ульяновск: УЛГУ, 2005. 715 с.
5. Курнаев С.Ф. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука, 1968. 354 с.

УДК 581.526

ЧИСЛЕННОСТЬ ПРОРОСТКОВ ИЗ ПОЧВЕННОГО БАНКА СЕМЯН СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ВОЗЛЕ КАРАБАШСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

Н.Б. Куянцева¹, Д.А. Молчанова^{1,2}, А.Г. Мумбер¹, Д.В. Веселкин²

¹Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского
отделения Российской академии наук, Миасс, Россия

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

THE NUMBER OF SEEDLINGS FROM THE SOIL SEED BANK OF PINE FORESTS NEAR THE KARABASH COPPER SMELTER

N.B. Kuyantseva¹, D.A. Molchanova^{1,2}, A.G. Mumber¹, D.V. Veselkin²

¹South Ural Scientific Centre Mineralogy and Environmental Geology of the Ural branch Russian
Academy of Sciences, Miass, Russia

²Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

borisovna_k@mail.ru

Аннотация. В вегетационном эксперименте оценили численность проростков из банка семян лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами из выбросов Карабашского медеплавильного комбината, и из почв, собранных в фоновой зоне в Ильменском государственном заповеднике. Образцы субстратов из почвенных горизонтов А0 и А1, отобранные на 16 пробных площадях, экспонировали с июня по сентябрь. Установлено, что число проростков из почв, собранных в заповеднике, было в среднем в 7–8 (А0) и в 5–6 (А1) раз больше, чем число проростков из загрязненных субстратов.

Ключевые слова: почвенный банк семян, тяжелые металлы, лесная подстилка, гумусовый горизонт.

Почвенные банки семян (ПБС) важны для восстановления сообществ и сохранения их устойчивости, поскольку при разного рода нарушениях почвенные банки являются источником жизнеспособных семян видов, не всегда присутствующих в сообществах в вегетирующем состоянии. Почвенные банки изучаются в связи с использованием для восстановления сообществ, деградировавших в результате сельскохозяйственного использования [1], сплошных рубок и пожаров [2-4], инвазий чужеродных организмов [5, 6].

Семена некоторых растений могут оставаться жизнеспособными в почвах, сильно загрязненных тяжелыми металлами [7-11]. При этом потери семян ПБС в условиях загрязнения могут быть небольшими из-за токсического влияния тяжелых металлов на гетеротрофные организмы и паразитов [12]. С другой стороны, из-за угнетенного состояния растений, продуцирующих семена, формирование ПБС при загрязнении может быть замедленно. Дефицит питательных веществ в нарушенных почвах и чувствительность проростков к кислотности почвы и токсическому влиянию металлов также может ограничивать восстановление сообществ из почвенных банков [10]. Прорастание семян может ограничиваться также неблагоприятными физическими свойствами техногенных субстратов.

Мы полагаем, что изучение численности и состава почвенных банков семян может помочь лучше понять механизмы устойчивости и способности к восстановлению сообществ при их нарушении вследствие накопления тяжелых металлов. Поэтому целью работы было оценить численность проростков из банка семян лесных почв, загрязненных выбросами Карабашского медеплавильного комбината (КМК). Проверяли две гипотезы: (1) в условиях загрязнения лесных экосистем тяжелыми металлами численность проростков из ПБС снижается; (2) численность проростков из ПБС подстилок выше, чем в гумусовом горизонте.

Исследование провели в 2023 г. Пробы из почвенных горизонтов A0 и A1 дерново-подзолистых почв собрали с 16 пробных площадей (ПП): (1) с 8 ПП в березово-сосновых лесах в импактной зоне вблизи КМК в 3.5–9.5 км северо-восточнее КМК; (2) с 8 ПП в сосновых зеленомошных и зеленомошно-разнотравных лесах в фоновой зоне на территории Ильменского государственного заповедника (ИГЗ) в 33–50 км южнее КМК. По 3 независимых повторности материала (субстрата) из подстилок и почв с каждой ПП экспонировали в сосудах (ящиках) объемом 5 литров. Всего было 96 сосудов (16 ПП × 2 горизонта × 3 сосуда). Сосуды с июня по сентябрь экспонировали на открытом воздухе, прикрыв сеткой для защиты от животных и от местного семенного дождя. Поливали по мере высыхания субстратов. Проростки учитывали каждые 2 недели. Закономерности изменения численности проростков в сосудах в зависимости от зоны техногенной нагрузки, почвенного горизонта и тура учета проанализированы с использованием трехфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с помощью программы JMP Pro 13.2.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2016).

Всего за время эксперимента провели 7 туров учета (рисунок). Семена из ПБС лучше прорастали на субстратах, собранных в фоновых лесах, чем на субстратах из импактной зоны. Число проростков из почв, собранных в заповеднике, в среднем в 7–8 (A0) и в 5–6 (A1) раз больше, чем число проростков из загрязненных субстратов. Например, во второй тур учетов число всходов в одном сосуде на субстрате из ИГЗ в среднем составило 14.9 ± 3.6 экземпляров на лесной подстилке и 10.2 ± 2.0 экземпляров на гумусовом горизонте. Аналогичные оценки для субстратов, собранных вблизи КМК, были заметно меньше: 2.2 ± 0.5 и 2.0 ± 1.0 , соответственно. Для субстратов, собранных в ИГЗ, заметна разная численность всходов, появившихся на материале из горизонтов A0 и A1: на подстилке всходов было больше, чем на материале из гумусового горизонта. Также для субстратов, собранных в ИГЗ, и в подстилке, и в гумусовом горизонте заметно, что максимальное число новых проростков появилось ко II–III турам учета. На субстратах, собранных в загрязненных лесах вблизи медеплавильного комбината, разности чисел появившихся проростков между почвенными горизонтами и между турами учетов не просматривается.

В трехфакторном ANOVA факторы «зона нагрузки», «горизонт» и «тур» влияли на

численность проросших семян на высоких уровнях значимости: зона – $F_{(1;644)}=58.81$, $P<0.0001$; горизонт – $F_{(1;644)}=11.32$, $P=0.0008$; тур – $F_{(6;644)}=7.86$, $P<0.0001$. Большинство взаимодействий факторов также были значимы: зона × горизонт – $F_{(1;644)}=7.99$, $P=0.0048$; зона × тур – $F_{(6;644)}=5.44$, $P<0.0001$; горизонт × тур – $F_{(6;644)}=0.88$, $P=0.5102$; зона × горизонт × тур – $F_{(6;644)}=0.65$, $P=0.6899$.

Мы сделали следующие выводы. (1) В среднем число проростков, появившихся из ПБС, было больше на субстратах, собранных в ИГЗ, по сравнению с КМК. Следовательно, техногенное загрязнение отрицательно повлияло на число жизнеспособных семян ПБС в почве или на их прорастание. (2) В среднем число проростков, появившихся из ПБС, было больше на субстратах из лесной подстилки, по сравнению с субстратами из гумусового горизонта. Это может быть следствием преимущественного попадания семян в ПБС с семенным дождем в верхние горизонты почв. (3) Существуют особенности численности прорастающих семян из ПБС в разных частях техногенного градиента: различия в числе проростков между почвенными горизонтами и в зависимости от тура учета выражены, в основном, в отношении субстратов из незагрязненных лесов.

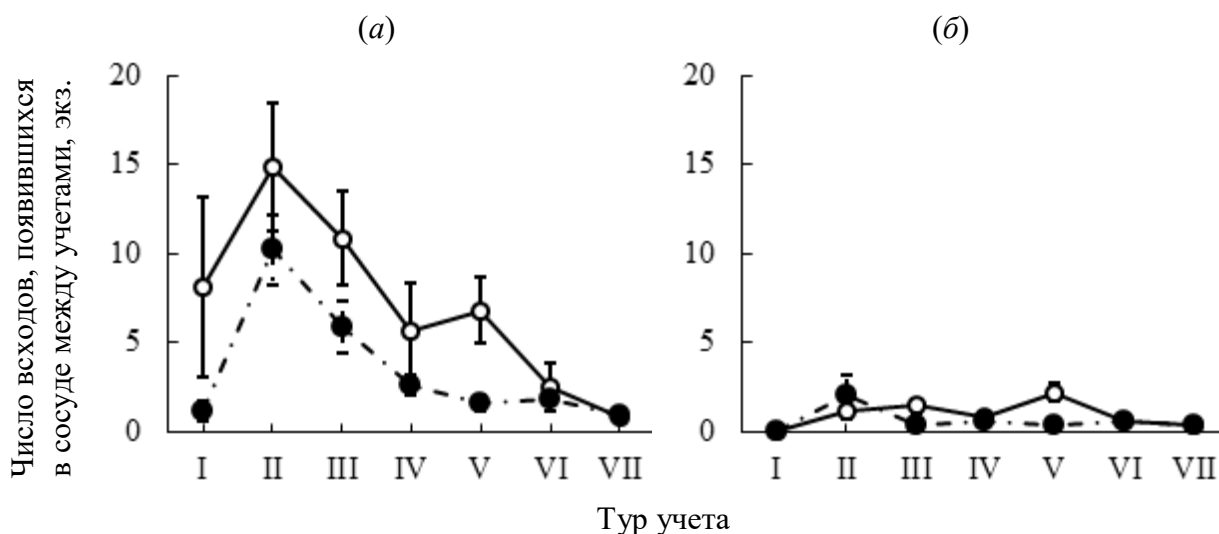


Рисунок. Динамика прорастания всходов из почвенного банка семян с разных территорий (а – территория ИГЗ, б – территория возле КМК) в пробах из лесной подстилки (сплошные линии и белые кружки) и из гумусового горизонта (штрихпунктирные линии и черные кружки). Вертикальные линии – SE

Следовательно, наша первая гипотеза подтвердилась полностью. Вторая гипотеза, согласно которой численность проростков из ПБС в лесных подстилках выше, чем в гумусовом горизонте, подтвердилась частично. Эта закономерность проявилась только в ненарушенных лесах. До окончания этапа таксономической идентификации всходов какие-то обобщающие заключения преждевременны. Но, вероятно, можно говорить о низкой восстановительной способности лесных сообществ в окрестностях КМК из-за низкой численности семян в их почвенных банках.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-24-10055).

Список литературы:

1. Mohammed S.A., Denboba M.A. Study of Soil Seed Banks in Ex-closures for Restoration of Degraded Lands in the Central Rift Valley of Ethiopia // *Scientific Reports*. 2020. V. 10. P. 1–9.
2. Konsam B., Phartyal S.S., Todaria N.P. Impact of forest fire on soil seed bank composition in Himalayan Chir pine forest // *Journal of Plant Ecology*. 2020. V. 13, № 2. P. 177–184.
3. Комарова Т.А., Терехина Н.В., Орехова Т.П. Покой жизнеспособных семян в почве и их прорастание после пожаров в широколиственно-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня // *Ботанический журнал*. 2021. Т. 106, № 3. С. 255–271.
4. Комарова Т.А., Терехина Н.В., Прохоренко Н.Б. и др. Лесовосстановительный процесс после низового пожара и сплошной рубки в лианово-разнотравно-широколиственно-темнохвойно-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня // *Ботанический журнал*. 2023. Т. 108, № 2. С. 111–126.

5. Hilton M., Konlechner T., McLachlan K. et al. Long-lived seed banks of *Ammophila arenaria* prolong dune restoration programs // *Journal of Coastal Conservation*. 2019. V. 23. P. 461–471.
6. Grewell B.J., Gillard M.B., Futrell C. J. et al. Seedling Emergence from Seed Banks in *Ludwigia hexapetala* - Invaded Wetlands: Implications for Restoration // *Plants*. 2019. V. 8, № 11. P. 451.
7. Komulainen M., Vieno M., Yarmishko V.T. et al. Seedling establishment from seeds and seed banks in forests under long-term pollution stress: a potential for vegetation recovery // *Can. J. Bot.* 1994. V. 72. P. 143–149.
8. Huopalaainen M., Tuittila E.-S., Vanha-Majamaa I. et al. The potential of soil seed banks for revegetation of bogs in SW Finland after long-term aerial pollution // *Annales Botanici Fennici*. 2000. V. 37. P. 1–9.
9. Huopalaainen M., Tuittila E.-S., Vanha-Majamaa I. et al. Effects of Long-Term Aerial Pollution on Soil Seed Banks in Drained Pine Mires in Southern Finland // *Water, Air, & Soil Pollution*. 2001. V. 125. P. 69–79.
10. Salemaa M., Uotila T. Seed bank composition and seedling survival in forest soil polluted with heavy metals // *Basic and Applied Ecology*. 2001. V. 2, № 3. P. 251–263.
11. Wagner M., Heinrich W., Jetschke G. Seed bank assembly in an unmanaged ruderal grassland recovering from long-term exposure to industrial emissions // *Acta Oecologica*. 2006. V. 30, № 3. P. 342–352.
12. Meerts P., Grommesch C. Soil seed banks in a heavy-metal polluted grassland at Prayon (Belgium) // *Plant Ecology*. 2001. V. 155. P. 35–45.

УДК 574.4:502.5

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫБРОСОВ КАРАБАШСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА И ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Н.Б. Куянцева¹, А.Г. Мумбер¹, Д.А. Молчанова^{1,2}, Д.В. Веселкин²

¹Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского
отделения Российской академии наук, Миасс, Россия

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

NATURAL REGENERATION OF PINE IN PINE FORESTS UNDER THE INFLUENCE OF EMISSIONS FROM THE KARABASH COPPER SMELTER AND FOREST FIRES

N.B. Kuyantseva¹, A.G. Mumber¹, D.A. Molchanova^{1,2}, D.V. Veselkin²

¹South Ural Scientific Centre Mineralogy and Environmental Geology of the Ural branch Russian
Academy of Sciences, Miass, Russia

²Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia
borisovna_k@mail.ru

Аннотация. Оценили особенности естественного возобновления сосны в разновозрастных горельниках на Южном Урале в зависимости от уровня загрязнения тяжелыми металлами. Высокая изменчивость оценок плотности всходов сосны не позволила выявить сопряженность плотности всходов с уровнем загрязнения и/или пожарными нарушениями. Плотность всходов нелинейно связана с проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса. С увеличением покрытия травяно-кустарничкового яруса плотность всходов увеличивалась на участках с высокими уровнями загрязнения и снижалась на участках с фоновым загрязнением.

Ключевые слова: тяжелые металлы, низовые лесные пожары, сосновые леса, всходы, сеянцы.

Успешность естественного возобновления лесных деревьев определяется их биоэкологическими свойствами и условиями среды [1, 2]. В промышленных регионах все компоненты экосистем и экосистемные процессы, в том числе, послепожарное восстановление сообществ, могут зависеть от уровней техногенного загрязнения [3–5]. В Челябинской области в настоящее время площади сосновых лесов сокращаются, что связывают с недостаточной обеспеченностью приспевающих и спелых сосняков подростом сосны [6, 7]. Цель работы: изучение особенностей естественного возобновления сосны в ходе послепожарного восстановления экосистем при разных уровнях техногенного загрязнения. Предполагали, что плотность всходов сосны зависит как от техногенной нарушенности экосистем, так и от давности пожарных нарушений.

Работы провели в 2018–2023 гг. на Южном Урале в градиенте между лесами Ильменского государственного заповедника (ИГЗ, 85% площади которого занимают леса) и импактной зоной Карабашского медеплавильного комбината (КМК). Пожары – закономерный и перманентный фактор существования сосновых лесов; за 1948–2014 гг. число пожаров в ИГЗ увеличилось и наблюдалось перераспределение локализации очагов возгораний [8]. КМК (г. Карабаш) – крупный источник атмосферных выбросов SO_2 и пыли тяжелых металлов. Зона нарушенных экосистем простирается до 15–25 км от КМК [9]. 81 ПП расположена в приспевающих, спелых и перестойных сосновых лесах естественного происхождения в трех типах лесорастительных условий (ТЛУ). По давности пожарного воздействия ПП относили к одной из двух групп: «недавно горелые» (давность последнего пожара 1–14 лет) и «давно горелые» (давность пожара более 14 лет; сюда же отнесли ПП, на которых пожары не были задокументированы; для таких ПП давность пожара приняли за 55 лет). Горелыми считали ПП, пройденные низовыми устойчивыми средними пожарами. Годы пожаров устанавливали по Книгам учета пожаров Ильменского заповедника и Карабашского лесничества. Уровень техногенного загрязнения определяли на основании концентраций кислоторастворимых форм Cu, Zn, Pb и Cd, в гумусово-аккумулятивном горизонте почв [10]. На каждой ПП определяли сомкнутость крон деревьев, индекс жизненного состояния древостоя (ИЖС) [11], общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (ОПП ТКЯ), плотность однолетних всходов сосны обыкновенной на 15 учетных площадках 2×2 м [12].

Сильных или однозначных детерминантов плотности всходов сосны не установлено. В нашем массиве данных плотность всходов сосны оказалась не связанной ни со свойствами местообитаний (ТЛУ), ни с состоянием древостоев (возраст древостоя, ИЖС, сомкнутость крон), ни с внешними воздействиями (уровень загрязнения, давность пожарного нарушения), ни с методическими особенностями исследования (год учетов). Не удалось установить значимого влияния этих факторов на успешность естественного возобновления ни по отдельности, ни при учете их совместного влияния. Одно из объяснений этого – высокая изменчивость оценок плотности всходов. Например, на ПП в ИГЗ плотность всходов варьировала в диапазоне 0–62 тыс. всходов / га, на ПП вблизи КМК – в диапазоне 0–79 тыс. всходов / га, т.е. изменчивость оценок плотности всходов составляла 3–5 порядков. Поэтому все расчеты проводили с логарифмированными величинами плотности всходов.

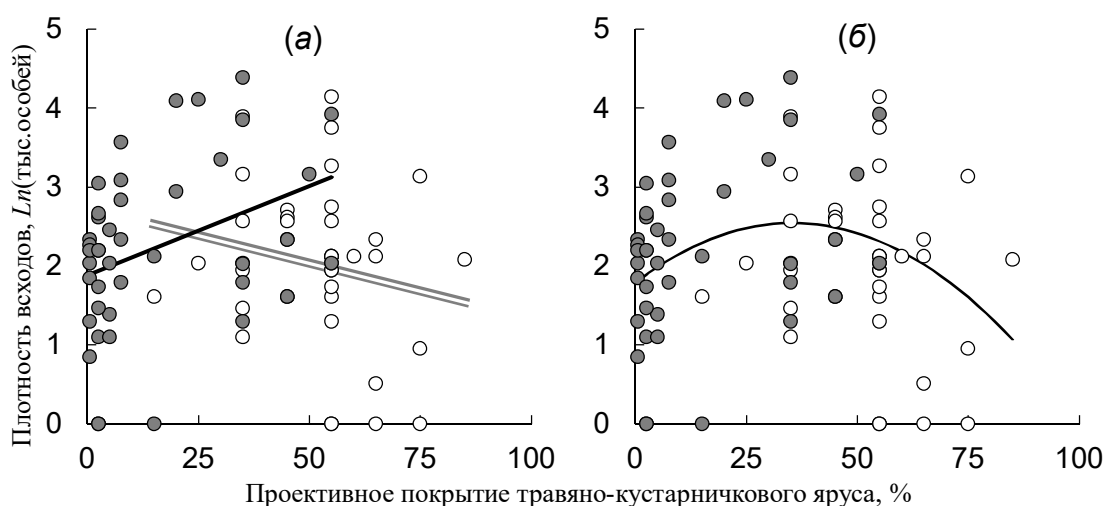


Рисунок. Зависимость плотности всходов сосны в районе КМК (серые круги; одиночная черная линия) и ИГЗ (белые круги; двойная линия) от проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса с отдельной аппроксимацией зависимостей в районах КМК и ИГЗ (а) и с общей параболической аппроксимацией (б)

Установлена зависимость плотности всходов сосны от проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса. Эта связь по-разному проявлялась в разных частях изучаемого градиента. На ПП вблизи КМК плотность всходов с ростом ОПП ТКЯ увеличивалась (рис. а; $r = 0.32$; $P = 0.0409$; $n = 41$). На ПП в ИГЗ плотность всходов с ростом ОПП ТКЯ уменьшалась ($r = -0.22$;

$P = 0.1644$; $n = 40$). Несмотря на то, что в районе ИГЗ обсуждаемая корреляционная связь статистически незначима, можно доказать, что зависимости между ОПП ТКЯ и плотностью всходов в разных частях изучаемого градиента различны. Для этого использовали общие линейные модели (GLM) с континуальным предиктором "ОПП ТКЯ" ($dF = 1$), дискретным предиктором "часть градиента" (ИГЗ или КМК, $dF = 1$) и оценкой взаимодействия между ними. Установлены следующие эффекты: для фактора "ОПП ТКЯ": $F = 0.02$; $P = 0.8844$; для фактора "часть градиента": $F = 0.45$; $P = 0.5066$; для взаимодействия "ОПП ТКЯ" $\times$ "часть градиента": $F = 5.58$; $P = 0.0207$. Значимое взаимодействие указывает, что направления связей между проективным покрытием ТКЯ и плотностью всходов разные в двух частях изучаемого градиента. Другим образом иллюстрируется нелинейность связи между проективным покрытием ТКЯ (x) и логарифмированной плотностью всходов (y) с использованием параболической аппроксимации (рис. б):

$$y = 1.8176 + 0.0422 \times x - 0.0006 \times x^2$$

(коэффициенты при x и x^2 статистически значимы: $P = 0.0082$ и $P = 0.0054$, соответственно). Следовательно, в полном массиве наших оценок связь между проективным покрытием ТКЯ и плотностью всходов сосны действительно не линейна. Близкие закономерности для возобновления хвойных показаны в техногенном градиенте возле Среднеуральского медеплавильного завода [13].

Низкая плотность всходов сосны при низком покрытии травяно-кустарничкового яруса обусловлена, вероятно, последствиями техногенного загрязнения. Низкая плотность всходов сосны при высоком покрытии ТКЯ может быть объяснена его прямым конкурентным воздействием на всходы. Мы полагаем, что для начальных этапов восстановления сосны в изученном градиенте условий, в основном, критичны косвенные эффекты, связанные с ценотическими перестройками, обусловленными техногенным воздействием. Таким образом, прямые токсические эффекты для плотности всходов сосны не подтверждены, как и какие-либо эффекты, связанные с периодическими пожарными нарушениями сосновых лесов.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-24-10055).

Список литературы:

1. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.
2. Черненко Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002. 191 с.
3. Горшков В.В., Ставрова Н.И. Возрастная структура популяций *Pinus sylvestris* L. в северотаежных сосновых лесах с различной давностью пожара // Растительные ресурсы. 2002. Т. 38, № 1. С. 3–24.
4. Менщиков С.Л., Барановский В.В., Кузьмина Н.А. Плотность подроста сосны обыкновенной после низовых пожаров в зоне аэротехногенного загрязнения // Экология. 2013. № 5. С. 330–333.
5. Ярмишко В.Т., Игнатова О.В. Сообщества *Pinus sylvestris* L. в техногенной среде на Европейском Севере России: структура, особенности роста, состояние // Сибирский лесной журнал. 2021. № 3. С. 44–55.
6. Жучков Е.Л., Степанов А.С., Стародубцева Н.И., Павловский С.А. Приживаемость лесных культур сосны в условиях Джабык-Карагайского бора // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Сб. науч. тр. вып. 3. Брянск, 2002. С. 27–28.
7. Хатмуллин Р.З., Кулагин А.Ю., Уразгильдин Р.В. Оценка естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в естественных и антропогенно-нарушенных ландшафтах Южного Урала // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6. С. 412–414.
8. Veselkin D., Pustovalova L., Kuyantseva N., Mumber A. Trends in forest fire occurrence in the Ilmensky nature reserve, Southern Urals, Russia, between 1948 and 2014 // Forests. 2022. V. 13, № 4. 528. DOI: 10.3390/f13040528.
9. Коротева Е.В., Веселкин Д.В., Куянцева Н.Б., Мумбер А.Г. Накопление тяжелых металлов в разных органах березы повислой возле Карабашского медеплавильного комбината // Агрохимия. 2015. № 3. С. 88–96.
10. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.
11. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
12. Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
13. Веселкин Д.В. Изменение численности всходов и подроста *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. в темнохвойных южно-таежных лесах в условиях загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода (Свердловская область) // Растительные ресурсы. 2004. Т. 40, № 1. С. 28–39.

**ТЕХНОГЕННЫЕ ВОДОЕМЫ, КАК МЕСТА КОНЦЕНТРАЦИИ ПТИЦ
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

Е.Ю. Мосолова, М.Ю. Воронин

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

**TECHNOGENIC RESERVOIRS AS PLACES OF CONCENTRATION OF BIRDS
IN THE NORTHERN PART OF THE SARATOV VOLGA REGION**

E.Yu. Mosolova, M.Yu. Voronin

Saratov State University, Saratov, Russia
ekmosolova@mail.ru

Аннотация. По данным полевых наблюдений в 2014-2023 гг. в техногенных водах северной части Саратовского Поволжья выявлено 127 видов птиц. Приведены данные о значении искусственных водоёмов для зимовки, гнездования и миграций птиц, главным образом водно-болотного комплекса.

Ключевые слова: птицы, техногенные водоемы, Саратовская область.

Видовое разнообразие птиц является одним из индикаторов состояния водно-болотных экосистем. Хозяйственная деятельность человека часто приводит к обеднению орнитофауны естественных водоёмов. Однако некоторые искусственно созданные водные объекты, обладая защитными условиями, кормовой базой, отсутствием хищников служат местом массовых концентраций птиц во время миграций и на гнездовании. В результате недостатка естественных водно-болотных угодий в Заволжье техногенные и искусственные водоемы оказались для водоплавающих и околоводных видов авифауны новыми местообитаниями, иногда превосходящие по разнообразию и плотности размещения естественные биотопы.

Для саратовского Заволжья характерно большое разнообразие климатических условий, резко выраженная континентальность со значительными колебаниями температур, сухость воздуха, малое количество атмосферных осадков. Исследования проводились в 2014–2023 гг. на водоёме-охладителе Балаковской атомной станции (БАЛАЭС), прудах-испарителях БФ АО «Апатит» в рамках сотрудничества с соответствующими организациями. Учёт водоплавающих и околоводных птиц (поганок, веслоногих (бакланов), гусеобразных, цаплевых, чаек и куликов) осуществлялся в несколько периодов: зимний (январь-середина февраля), во время максимальной интенсивности весенних (конец марта – середина апреля для гусеобразных и конец апреля – начало мая для ржанкообразных) и осенних (сентябрь – начало октября) миграций гусеобразных и ржанкообразных; в период строительства гнёзд и откладки яиц (конец апреля – май) и июнь – первая половина июля (учёт выводков). Проводился полный осмотр акватории с использованием бинокля. Ржанкообразные птицы учитывались обычно на линейных маршрутах вдоль берегов. Плотность населения колониальногнездящихся птиц (бакланов, цапель, чаек) определялась путём тотального подсчёта гнёзд в ходе посещения колонии.

За время исследований на указанных выше водоемах зарегистрировано 127 видов птиц из 14 отрядов. Гнездится 49 видов с преобладанием отрядов Воробьинообразных, Ржанкообразных. В периоды миграций зарегистрировано 45 видов. Посетители представлены 31 видом, к ним относятся виды, имеющие трофические связи с территорией водоема или с травянистой и кустарниковой растительностью по берегам и дамбам, а также виды прилетающие на водопой (главным образом синантропные виды). Благодаря тому, что территория изучаемых водоёмов охраняется от посещения людьми и имеет облик естественных экосистем здесь отмечено 17 видов птиц, внесенных в Красные книги РФ (2021) [1] и Саратовской области (2021) [2] (большая белая цапля, гуменник, огарь, пеганка, скопа, орлан-белохвост, европейский тювик, ходулочник, кулик-сорока, поручейник, травник, большой веретенник, большой кроншнеп, степная тиркушка, черноголовый хохотун, малая крачка, серый сорокопут). Наибольшее их количество встречено на

прудах-испарителях в период сезонных миграций.

Видовой состав существенно отличается в зависимости от сезона года. В зимний период и во время весенних миграций преобладают утиные, на гнездовании – воробьинообразные, на осеннем пролете – ржанкообразные. Видовое разнообразие уменьшается после завершения весеннего пролета. Однако на водоеме-охладителе атомной станции суммарное обилие птиц сохраняется за счет размножения колониальногнездящихся видов (серой и большой белой цапель, больших бакланов, чаек-хохотуний). В период постгнездовых трофических кочевок плотность населения птиц существенно возрастает на прудах-испарителях БФ АО «Апатит» за счет молодого поколения.

В зимний период на различных участках водоёма-охладителя БАЛАЭС отмечено пребывание 8 видов водоплавающих птиц из отрядов Поганкообразных и Гусеобразных (большая поганка, кряква, красноголовая и хохлатая чернети, обыкновенный гоголь, большой крохаль, единичные особи лутка и красноногого нырка). В тростниковых зарослях кормятся и ночуют мелкие воробьинообразные: большая синица, обыкновенная лазоревка, полевой воробей, усатая синица, камышовая овсянка. Благоприятные температурные условия и древесная растительность по берегам привлекают синантропные виды птиц: серых ворон, галок, грачей, зимующих в регионе больших и малых пестрых дятлов, рябинников, дубоносов, щеглов, зеленушек, свиристелей, снегирей, единичные особи черных дроздов, под деревьями ночуют серые куропатки. Ежедневно над акваторией можно наблюдать охоту 5-8 особей орланов-белохвостов. Относительно бедное разнообразие водоёма-охладителя в зимний период года компенсируется высокими показателями численности птиц, за счет концентрации кряквы на участках акватории холодноводного канала; здесь в различные годы обилие птиц варьирует от 6 до 120 особ./ 10 км береговой линии. В холодноводной части водоёма постоянно встречаются небольшие стаи большого крохала (2-6 особей в стае) и обыкновенного гоголя (от 20 до 80 птиц в стае) [3].

Наибольшее фаунистическое разнообразие и численность птиц на изучаемых водоемах наблюдается в миграционный период. На водоеме-охладителе, кроме скоплений крякв (скопления до 300-400 особей), появляются многочисленные стаи свиязей, лебедей шипунов (10-20 особей в стае), серых и больших белых цапель, больших бакланов. На прудах-испарителях в этот период отмечено 33 вида транзитных мигранта, преимущественно представителей отряда Ржанкообразных. На иловых отмелях кормятся чибисы, черныши, фифи, кулики-воробы, чернозобики, турухтаны, галстучники, перевозчики, травники, поручейники, большие веретенники, ходулочники, очень редко встречается кулик-сорока. Основу пролетных водоплавающих составляют чирки-трескунки, кряквы, озерные чайки. В период постгнездовых кочевок и на осеннем пролете многочисленны белокрылые, черные и речные крачки.

В гнездовой период на водоеме-охладителе значительно возрастает плотность рыбоядных птиц, образующих крупную поливидовую колонию на четырех островах в западной части водоёма [4]. Здесь, гнездится около 450 пар больших бакланов, 480-550 пар хохотуний и около 120 пар цапель трёх видов (серая, большая белая и рыжая цапли). В прибрежной зоне в зарослях тростника и ивы многочисленными видами являются представители Воробьинообразных: индийская и болотная камышевки, варакушка, славка-завирушка. Обычными видами являются дроздовидная камышевка, камышевка барсучок, соловьиный сверчок, локально, в подходящих местообитаниях, гнездится 1-3 пары широкохвостой камышевки. На прудах-испарителях в условиях высокой кормности и отсутствия фактора беспокойства гнездятся околотовные виды: чибисы, малый зуек, ходулочник, белая трясогузка. Для добывания корма территорию посещают синантропные виды: серые вороны, галки, скворцы, деревенские ласточки, полевые воробы.

Таким образом, водоем-охладитель Балаковской АЭС выступает важным местом зимовок водоплавающих, как местных, так и северных видов и гнездования рыбоядных птиц. Пруды-испарители БФ АО «Апатит», благодаря высокой кормности и отсутствию фактора беспокойства привлекательны для птиц водно-болотного комплекса преимущественно в период сезонных миграций.

Список литературы:

1. Красная книга Российской Федерации. Животные. М. : ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 1128 с.
2. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов, Папирус, 2021. 496 с.
3. Воронин М.Ю., Мосолова Е.Ю., Табачишин В.Г., Еловенко А.Ю. Особенности размещения и численность водоплавающих птиц на водоёме-охладителе Балаковской атомной станции в зимний период // Известия Саратовского университета. Новая серия. 2015.. Серия Химия. Биология. Экология. Вып. 1, Т. 15. С. 99–103.
4. Мельников Е.Ю., Мосолова Е.Ю., Воронин М.Ю. Водоём-охладитель Балаковской АЭС как техногенная территория концентрации рыбацких птиц в Саратовской области // Науч. труды национального парка «Хвалынский». Сб. науч. статей. Саратов-Хвалынский: Изд-во «Амирит», 2018. Вып. 10. С. 5–10.

УДК 632

**ОСНОВНЫЕ ВРЕДИТЕЛИ И БОЛЕЗНИ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ
В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ КАРЕЛИИ**

О.В. Синкевич¹, В.П. Логинова², С.Н. Лябзина^{1,2}

¹Карельский филиал Всероссийского центра карантина растений, Петрозаводск, Россия

²Петрозаводский госуниверситет, Петрозаводск, Россия

THE BASICS PESTS AND DISEASES OF STRAWBERRY GARDEN IN KARELIAN FARMS

O.V. Sinkevich¹, V.P. Loginova², S.N. Lyabzina^{1,2}

¹All-Russian plant quarantine center

²Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ovbio@mail.ru

Аннотация. Использование защищенных почвенных сооружений при выращивании садовой земляники способствует созданию благоприятных условий для произрастания растений на севере, повышая риск проникновения и развития карантинных болезней и вредителей. Регулярное отслеживание насаждений дает возможность оценить их фитосанитарное состояние и своевременно принять соответствующие меры реагирования. За период наблюдения на землянике садовой выявлены паутинный, земляничный клещи, по восемь видов насекомых и грибов, вызывающие задержку развития растений и снижение качества урожая.

Ключевые слова: земляника садовая, рассада фриго, болезни, вредители, мониторинг.

Среди ягодных культур первое место по распространению в мире занимает земляника садовая. Благодаря своим высоким вкусовым качествам она является лидером на рынке свежей ягоды, объем реализации РФ в 2022 году составил более 300 тыс тонн. В Республики Карелия наблюдается тенденция к увеличению площади посадок и числу фермерских хозяйств. В настоящее время производством данной культуры занимаются более 50 хозяйств, активно используя в производстве импортную фриго-рассаду. Регулярный мониторинг посадок земляники садовой инспекторами Управления Россельхознадзора и специалистами ФГБУ «ВНИИКР» позволяют оценивать фитосанитарное состояние и вовремя принимать соответствующие меры реагирования. Данное исследование направлено на выявление карантинных объектов, связанных с земляникой садовой, включенных в единый перечень карантинных видов ЕАЭС. Обследованию подлежали фермерские и личные приусадебные хозяйства, использующие для посадки импортную рассаду.

Ягоду в Карелии выращивают в условиях открытого и защищенного грунта (теплицах, туннелях), что позволяет значительно увеличить период плодоношения до середины октября. Созданные благоприятные условия для роста растений одновременно повышают риск повреждения болезнями и вредителями. За период наблюдений на землянике садовой выявлено два вида клещей, по восемь видов насекомых и грибов, вызывающих угнетение развития растений и снижение качества урожая.

Для выявления грибных патогенов использовали метод влажной камеры с последующим микрокопированием и морфометрией. Для идентификации возбудителя антракноза земляники использовали метод ПЦР в реальном времени. Выявление фитофтороза корней земляники и малины проводили с помощью метода биоприманок.

Подтверждено наличие возбудителей серой гнили *Botrytis cinerea* de Bary Whetzel, белой *Ramularia tulasnei* Sacc. и бурой пятнистости листьев *Marssonina potentillae* Magn. f. *fragariae* Ohl (рис. 1), фузариозного увядания *Fusarium oxysporum* Schltdl., и пятнистости, вызванной *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link.

На корневой системе земляники выявлен ранее отсутствующий псевдогриб *Phytophthora cactorum* ((Lib. et Cohn) Schroet.), который является близкородственным карантинному виду *P. fragariae*.



Рисунок 1. Симптомы повреждения и споры возбудителя бурой пятнистости листьев *Marssonina potentillae*

На всех проверенных участках подтверждено отсутствие возбудителя *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds антракноза земляники, являющимся наиболее вредоносным карантинным заболеванием, поражающим плоды, листья, побеги и корневую систему растений (рис. 2).

28.09.2023

Отчёт по результатам анализа ПЦР

Настройки анализа: метод: Геометрический (Cp) (BF), c=9, vt=10, tp=0, tv=0

Дата: 12 Июль 2023, 17:48:39

Номер протокола: 0

Оператор: Синкевич О.В.

Файл с результатами: Протокол_0_12_Июль_17_48.r48

Комментарий:

Тест: **Антракноз земляники 2022**

Программа амплификации: **example_0 (25мкл)**

1. 95,0 °C - 05:00
 2. 95,0 °C - 00:15
 60,0 °C - 00:40

}

*50

Качественный анализ

Номер лунки	Идентификатор пробирки	Cp, Fat	Cp, Hex	Результат
A1	2191/1 (Антракноз земляники 2022)		32,8	-
A2	2192/1 (Антракноз земляники 2022)		32,8	-
A3	K+ (Антракноз земляники 2022)	28,4	32,1	+
A4	K- (Антракноз земляники 2022)		32,6	-
A5	K- (Антракноз земляники 2022)		32,7	-

Рисунок 2. Отчет по результатам ПЦР-диагностики *Colletotrichum acutatum*.

Стеблевые фитопаразитические нематоды *Aphelenchoides fragariae* (Ritzema Bos, 1891) Christie, ранее обнаруженные в регионе [1] не выявлены, что позволяет говорить о том, что принятые меры по ликвидации вредного организма проведены успешно.

Среди насекомых наиболее часто повреждают землянику малинно-земляничный долгоносик (*Anthonomus rubi* Herbst, 1795), оказывая негативное влияние на цветоносы и листья. Самка

откладывает яйца в цветонос и подрезает стебель, тем самым вызывая его усыхание, а подросшие особи массово объедают молодые листья.

Ягоды земляники часто повреждает трипс цветочный (*Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895) и клоп слепняк (сем. Miridae). Признаки заражения трипсами на плодах являются хорошо заметные следы питания в виде белесых путей, а клопы становятся одной из основных причин деформации («скукоженности») ягод.

Последние года по югу Карелии отмечается повреждения листьев белокрылкой земляничной (*Aleurodes fragariae* Walk.). Личинки и взрослые особи обитают на нижней стороне листа. Первая стадия личинки подвижна, затем она переходит в неподвижную фазу, прикрепляется своим ротовым отверстием к листу, и начинает питаться, выделяя медвяную падь. Эти выделения становятся отличной средой для развития черной плесени (сажистого грибка) и на листе выглядят как черные точки.

Часто отмечают повреждения скелетирование листа земляники крестоцветными блошками. После сильно повреждения в местах питания, также наблюдается усыхание и «сморщивание» листьев.

На клубнике в течении всего вегетационного сезона можно встретить два вида клещей: паутинного (*Tetranychus urticae* Koch, 1836) и земляничного (*Tarsonemus pallidus* Banks) (рис. 3). Признаками поражения в местах укуса листа паутинным клещом могут быть пятна бело-желтого цвета, деформация формы и сухость листа, а в последствии почернение их краев. На растениях не всегда отмечают наличие паутины, ее присутствие сигнализирует уже о поздних стадиях заражения.

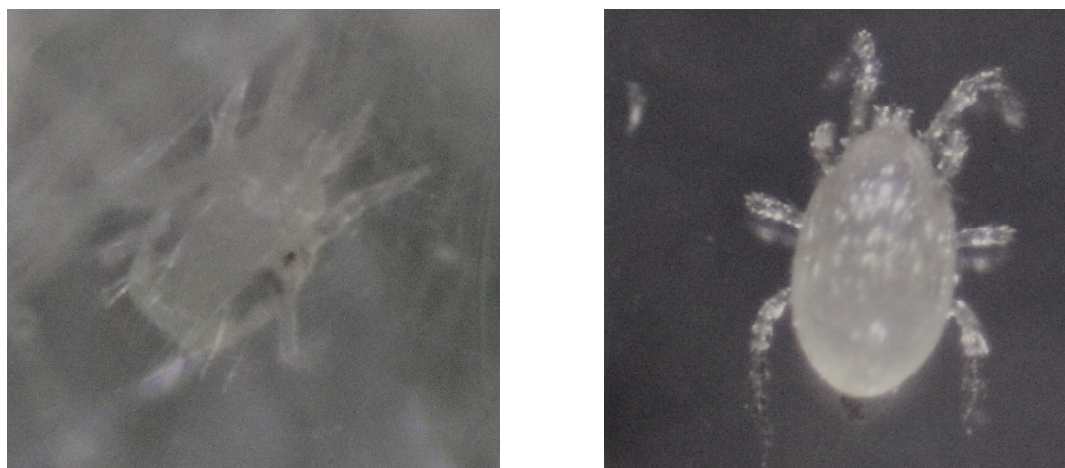


Рисунок 3. Клещи, отмеченные на землянике: паутинный (*Tetranychus urticae*) и земляничный (*Tarsonemus pallidus*)

Земляничные клещи размножаются в разетке листьев и распространяются затем по всему растению. К основным признакам заражения относятся сморщенность и деформацию листовой пластины. Из-за недостатка питательных веществ плоды гораздо мельче, чем на здоровых растениях.

Список литературы:

1. Newsletter of the Russian Society of Nematologists Abstracts of the Fourteenth International Symposium of the Russian Society of Nematologists (Russia, Yaroslavl, 1-6 August, 2021) // Russian Journal of Nematology. 2021. V. 29, № 2. P. 186–203.

**ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ
НА ПРИМЕРЕ ВЕТЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

В.В. Соловьева

ФГБОУ ВО «Самарский государственный социально-педагогический университет»,
Самара, Россия

**FEATURES OF THE EVOLUTION OF NATURAL AND TECHNICAL ECOSYSTEMS
ON THE EXAMPLE OF THE VETLYANSKY RESERVOIR**

V.V. Solovieva

Samara State University of Social Sciences and Education, Samara, Russia
solversam@mail.ru

Аннотация. The results of monitoring the flora of the ecotonic ecosystems of the Vetlyansky reservoir showed that the stable composition is characteristic of helophytes and hygrogelophytes. The main changes affected the extreme groups of hydrophytes, hygrophytes and hygromesophytes. the variability of environmental regimes is an important factor in increasing the species richness of ecotones. Stabilization and reduction of the water regime in conditions of insufficient humidification of the steppe zone can lead to intensive overgrowth of air-water vegetation, aging and dying of the ecosystem.

Ключевые слова: малое водохранилище, экотонные экосистемы, флора, растительность, эволюция экосистемы

Эколого-экономическое значение малых и небольших водохранилищ, достаточно частые изменения в режиме их эксплуатации вызывают необходимость постоянного сбора, анализа и обобщения экологической информации о динамическом состоянии управляемых экосистем с целью прогноза их развития. Высшая водная и прибрежно-водная растительность экотонной зоны, зоны напряжения, служит монитором функционального состояния экосистем, являясь как показателем нагрузки, так и показателем отклика экосистемы на антропогенное воздействие.

Целью настоящей работы явилось изучение современного состояния и прогноз дальнейшего развития экосистемы Ветлянского водохранилища.

Объектом исследования явилась природно-техническая экосистема с особым характером функционирования [1, 2]. Ветлянское водохранилище расположено на территории Нефтегорского района Самарской области, в бассейне реки Самары. Оно создано в 1951 г. на базе р. Ветлянки, притоке р. Съезжей, впадающей в реку Самару. Длина водоема – 7 км, максимальная глубина до 12 м. Максимальная ширина 2,05 км. Мелководья с глубиной до 2 м занимают 3,45 км². Предметом изучения выбрана гидрогенная экотонная экосистема, формирующаяся в зоне контакта водных объектов и суши. Для оценки изменений, происходящих в экосистеме использовался эколого-биологический метод. Критерием динамики или показателем служили изменения состава и структуры растительного компонента исследуемого объекта.

Впервые Ветлянское водохранилище изучалось в 1987 году [3]. Тогда в составе флоры указывалось 61 вид прибрежно-водных и водных растений. В 1996 году проводилось повторное изучение флоры, в результате зарегистрировано 63 вида высших растений из 23 семейств и 45 родов. По последним данным в экотонной зоне водохранилища зарегистрировано 84 вида растений из 28 семейств и 77 родов. Экологический спектр флоры экотонов в настоящее время представляют: 34 гигромезофита и мезофита, 21 гигрофит, 6 гигрогелофитов, 10 гелофитов и 13 гидрофитов. Изучение динамики растительного покрова экотонных экосистем Ветлянского водохранилища с 1987 года по настоящее время показало, что в целом, наблюдается возрастание видового разнообразия. Ценотическое разнообразие прибрежно-водного и водного компонента в количественном отношении почти сохранилось, но качественный состав сообществ изменился, появились сообщества элодеи канадской и урути мутовчатой. Утратили эдификаторную роль ситняг болотный, рдест гребенчатый, горец земноводный. Заполнение мелководного бассейна органическим веществом изменит характер сукцессий в направлении перерождения водной экосистемы с прудово-степными условиями в наземную, к формированию солончаковых лугов и заболоченно-кустарниковых фитоценозов.

Ветлянское водохранилище, как и другие искусственные водоемы Самарской области,

функционирующие более 70 лет, нуждаются в пульсирующей стабильности, только при этом условии они будут оставаться молодыми экосистемами с колеблющимся уровнем воды. На стадии «динамического равновесия» экосистемы смогут находиться благодаря сформированности экотонных экосистем, устойчивых к сезонным и антропогенным колебаниям уровня воды.

Векторное изменение гидрорежима Ветлянского водохранилища в последние годы в сторону постоянного снижения уровня воды приведет экосистему в критическое состояние, когда «диффузия» дискретных единиц растительности приведет к уменьшению биоразнообразия экотонной зоны и полной смене сообществ. При пессимальных условиях водного режима сохранятся только виоленты и стресс-толеранты. В критических условиях, когда накопленные количественные изменения среды приведут к качественным изменениям структуры экосистемы, останутся наиболее конкурентоспособные и выносливые виды – виоленты. Несмотря на нарушение и смену экологического режима экосистемы, сохраняя «память» прошлой среды, они смогут существовать определенное время в новых условиях. В конечном итоге разнообразие экотона «угаснет» и в ходе автогенных и аллогенных сукцессий экотонная система постепенно перейдет к состоянию экоклина, с едва заметным градиентом среды, обширной протяженностью и бедным видовым составом, как правило, это моноценозы тростника южного, реже – двукосточника тростниковидного и вейника ложнотростниковидного.

На рисунке 1 изображена пространственная модель возможных вариантов развития природно-технических экосистем, где арабскими цифрами обозначены стадии или направления изменений экосистемы в пространстве, а римскими – во времени. Существуют три стратегии эволюции экосистем: I – развивающаяся, II – устойчивого развития, III – стареющая или обновленная.

Ведущим фактором функционирования прибрежно-водных экотонных систем является гидрорежим. В условиях динамичности факторов среды, при изменении уровня воды в сторону максимума (высокий уровень воды) не создаются условия для развития всех структурных элементов, обеспечивающих необходимую устойчивость (стабильность и выносливость экосистемы) и упругость переходной зоны (экотонной системы). Такая экосистема будет длительное время находиться в ювенильном развивающемся неустойчивом состоянии (I), в силу своей несформированности она всегда как бы находится «в пути» и при определенных условиях быстро «устареет». Этот «развивающийся» тип стратегии экосистемы более управляем, в виду низкого видового разнообразия и слабых экологических связей.

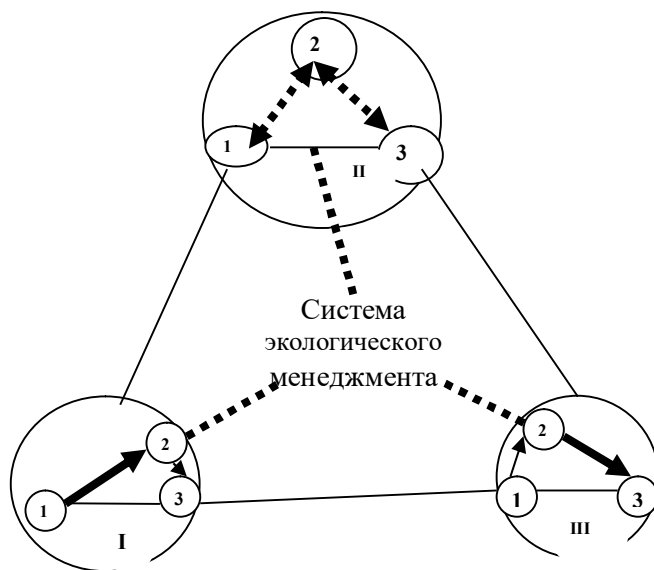


Рисунок 1. Модель эволюции природно-технических экосистем

Условные обозначения: Типы стратегий: I – развивающаяся экосистема; II – экосистема устойчивого развития; III – стареющая; стадии развития экосистем: 1) становления 2) динамического равновесия 3) отмирания или перерождения.

При оптимальных условиях (сбалансированном режиме природопользования, при гибком изменении системы управления в зависимости от развития природных условий) модель стратегии устойчивого развития будет представлена равносторонним треугольником, на вершине которого экосистема, находящаяся длительное время на стадии динамического равновесия (II). Структура и стратегия развития экосистемы в целом (водоем + переходная зона) симметричная, с обратными связями,

обеспечивающими экологическое равновесие, показателями которой являются импульсивность и сбалансированность биологической продуктивности, энергетических потоков и интенсивности круговорота биогенных веществ. Высокое гео- и биоразнообразие, экологическая гибкость экотонной системы обеспечивают максимально-возможную стабильность в изменяющихся условиях среды, поддерживая состояние экосистемы на оптимальном, то есть устойчивом уровне развития.

Третий вариант эволюции связан с доминированием сукцессионных процессов над флуктуационной динамикой. В настоящее время на Ветлянском водохранилище наблюдаются именно эти процессы. В силу интенсивных процессов зарастания и высоких темпов заиления экосистема может прекратить свое существование. Эта «стареющая» стратегия эволюции экосистемы, самая бесперспективная в отношении водных ресурсов, поскольку не в состоянии долгое время выполнять водохозяйственную функцию.

Предложенная модель позволяет: 1) определить пространственно-временную структуру экосистемы на различных этапах эволюции; 2) выявить эволюционную иерархию системы и роль промежуточных сообществ; 3) предвидеть возможные сбои в функционировании экосистем в результате нарушения обратных связей; 4) оценить оптимальное соотношение и возможное разнообразие экотипов гидробионтов в биоценозах.

Особенностью растительности экотонов природно-технических водоемов с неустойчивым гидрорежимом сезонного регулирования, каким является Ветлянское водохранилище, является амфибийный характер слагающих ее видов. На нижней границе экотонов, наряду с сообществами гелофитов заметную фитоценоотическую роль выполняют экологически пластичные виды, жизнеспособные при переменном режиме в условиях ежегодного и сезонного изменения уровня воды.

Список литературы:

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища // Природа мира. – М.: Мысль, 1987. – 325 с.
2. Жариков В.В. Концепция природно-техногенного каскадного комплекса экосистем волжских водохранилищ // Экологические проблемы крупных рек-2. – Тольятти, 1998. С. 15–17.
3. Соловьева В.В., Матвеев В.И. Флора и растительность Ветлянского водохранилища // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. – Куйбышев: Издв- Куйб. гос. ун-та, 1991. С. 32–46.

УДК 59.006

ОПЫТ АКВАКУЛЬТУРЫ ОСЕТРОВЫХ В УСЛОВИЯХ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Соловьева, Е.С. Гущина

Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия

EXPERIENCE OF STURGEON AQUACULTURE IN THE CONDITIONS OF INSTALLATION OF CLOSED WATER SUPPLY IN THE SAMARA REGION

V.V. Solovieva, E.S. Gushchina

Samara State University of Social Sciences and Education, Samara, Russia

solversam@mail.ru, gushchina.e@sgspu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены примеры деятельности осетровых ферм по выращиванию ценной рыбы в условиях закрытых водопроводов Самарской области.

Ключевые слова: аквакультура, осетровые, мальки стерляди, Самарская область, осетровое хозяйство.

С незапамятных времен осетровые считаются ценной промысловой рыбой: в Древней Греции в эпоху Перикла (V в. до н. э.) ни один званый обед не обходился без осетровых. Клавдий Элиан, греко-римский писатель II в. н. э., рассказывает об огромном озере в земле каспиев, населяющих прикуринский округ Мидии. В этом озере, по описанию автора, водятся рыбы, называемые остроносими. Их ловят и везут на продажу. Из жира приготавливают прекрасную мазь, из внутренностей вываривают прозрачный и прочный клей. В древнегреческих колониях на Чёрном море даже чеканили монеты с изображением белуги. По Геродоту известно, что скифские племена еще 2500 лет назад добывали осетровых. Основу промысла составляли белуга, осетр,

севрюга, в меньшей степени стерлядь и шип.

В настоящее время неотъемлемой частью продовольственной безопасности нашей страны является аквакультура. При должном подходе она может обеспечивать не только базовые потребности населения, но и являться источником деликатесной продукции, в частности из чистых видов осетровых рыб и их гибридных форм. Осетровые рыбы издревле ценились своими высокими вкусовыми качествами мяса, ценной икрой и отсутствием костей. Их гибридные формы не только не уступают родительским видам по органолептическим качествам, но и нередко показывают высокую пластичность и темп роста [1].

В последние годы активизировались научные исследования в области изучения биологии размножения, экологии, условий разведения рыб осетровых в аквакультуре [2,3,5].

Природные популяции русского осетра в настоящее время лишены возможности поддержания численности путем естественного нереста. Это произошло из-за зарегулирования стока Волги (строительства плотин ГЭС в 50-х годах XX века), когда значительная часть нерестилищ стала недоступной для рыб, и перелова половозрелой части популяции в более позднее время в результате браконьерства. Численность популяций с тех пор искусственно поддерживается компенсационными мероприятиями – выпуском подрощенной на осетровых рыбоводных заводах молоди [4]. В современных экологических и антропогенных условиях чрезвычайно важной задачей является сохранение генофонда редких и исчезающих видов осетровых рыб. Пополнение их популяций в настоящее время происходит в основном за счет искусственного воспроизводства. Однако стерлядь занесена в Международную Красную Книгу, Красную Книгу России. Это связано с тем, что резко сократилась численность этого вида в реке Волге. Единственная возможность спасти этих ценных рыб – искусственное воспроизводство и выпуск в реки.

С 2014 года в Самарской области в рыбоводческом хозяйстве Свято-Богородичного Казанского мужского монастыря (с. Винновка, Самарская область) в установке замкнутого водоснабжения (УВЗ) разводят стерлядь. УВЗ для выращивания рыбы – это система, которая обеспечивает циркуляцию и переработку воды внутри рыбоводного объекта, минимизируя потери и внешние влияния. В этой системе вода используется повторно, проходя через различные фильтры и очистительные устройства, чтобы удалить загрязнения и поддерживать оптимальное качество воды для рыбы.

17 июля 2019 года в Волгу выпустили 56 тысяч мальков стерляди, выращенной в с. Винновка Волжского района. Поголовье вырастили условиях УВЗ. За последние пять лет в Волгу выпустили более миллиона мальков. Молодь выращивают из икры, закупленной в Астраханской области. Рыбоводы рассчитывают на то, что одна стерлядь сможет давать потомство до шести раз. Мальков выпускают в реку по достижении ими веса в 3-5 граммов. На пристани, куда стерлядь доставляют в бойлере, организована безопасная система выпуска. Мальков спускают в реку с помощью специальной задвижки. Эта работа будет продолжена стараниями разных людей – профессионалов и dobroxodov.

В период санкций 2014 года в нашей стране стали появляться различные предприятия, направленные на импортозамещение. Так, в 2015 в областном центре заработало крестьянско-фермерское хозяйство «Волжский осетр», которое сначала выращивало рыб семейства осетровых, а потом стало производить еще и черную икру. Здесь выращиваются маточные стада самой крупной из пресноводных рыб – белуги, а также маточные стада ленского осетра, стерляди и гибрида стерляди и белуги – бестера.

Учредители предприятия: председатель регионального профсоюза предпринимателей Владимир Николаевич Симбиркин, эколог и кандидат биологических наук, профессор РАЕ Оксана Юрьевна Ковнир. Организация состоит из отдельного здания для фильтрации и обработки воды, помещения с УЗВ, где содержат взрослую рыбу, здания, в котором происходит разведение рыбы и подращивание малька, рыбных цехов, административных помещений. В ноябре 2016 года ферма была представлена Владимиру Владимировичу Путину на юбилейном съезде "Деловой России" в качестве лучшего предприятия Самарской области.

Разведение рыб в осетровом хозяйстве происходит не столько в пищевых и декоративных

целях, сколько для последующей реинтродукции молодых особей. Рыб содержат в УЗВ. Фильтрация воды происходит по средствам физического фильтра, биореактора (содержит кварцевый песок с азотфиксирующими бактериями, микрогрибами, нитрификаторами). Воду насыщают кислородом оксигинатора с баллонами кислорода. Вода поступает из артезианской скважины. В садках регулярно заменяют воду и чистят. Есть аварийные генераторы на случай отключения электроснабжения. Освещается помещение слабо, прожекторами. Вода перед подачей фильтруется и регулярно проходит проверку качества. Температура воды, прозрачность воды и количество кислорода подвергаются жёсткому контролю.

Кормление рыб происходит специальным, гранулированным кормом. Нерест рыбы провоцируется имитацией сезонных колебаний температур и гормонально. Сброс икры и молок производится искусственно на специальном столе. Оплодотворение тоже искусственное. Оплодотворенные икринки обеззараживаются и отсаживаются в инкубатор с проточной водой. Их регулярно перемешивают. После проклевывания личинок (через 10-14 дней после нереста) их переправляют по специальному рукаву в лотки с водой. После появления у личинок рта их начинают кормить артемией. Артемию выращивают в специальных отдельных емкостях. Среди личинок распространен каннибализм. По мере роста мальков их переносят в большие емкости. Размножение рыб производят с мая по октябрь.

Осетр притязателен к условиям содержания. Поэтому чистоту воды и насыщенность ее кислородом обеспечивают установки замкнутого водоснабжения, в которых происходит многоступенчатая система фильтрации. Рыба вскармливается на высококачественных кормах из Дании, изготовленных на основе натуральных ингредиентов, насыщенных необходимыми витаминами. В таких условиях осетр не только полноценно развивается, но и дает потомство. Икра добывается гуманным методом доения. После забора икры особь восстанавливается и вновь готовится к нересту.

Осетровые рыбы стали национальным символом – теперь охрана ведется на государственном уровне. Начиная с начала 2000-х, Россия ввела ограничения на коммерческий промысел осетров и белуг. Теперь за незаконный отлов и уничтожение этих ценных рыб браконьерам грозит не только серьезный штраф, но и уголовная ответственность. Сейчас ведутся работы по созданию общего механизма по отслеживанию происхождения товара на каждом этапе промысла.

Благодаря действию специальной программы ведущие российские рыбные хозяйства, поставляющие икру потребителю, будут получать от государства поощрение. Помимо этого, у покупателей благодаря успешным маркетинговым кампаниям будет понемногу формироваться понятие о легальном продукте и выгоде его покупки перед незаконно добытой икрой. Все эти меры помогут сохранить популяцию осетровых, сберечь национальный символ русских рек и преумножить численность этих ценных рыб. Главное в работе рыбоводных ферм, это то, что предприятия содействуют восстановлению популяции осетровых рыб, каждый год и по сей день выпуская малька в Волгу для поддержания экологического баланса. Важно, что крестьянско-фермерские хозяйства Самарской области ведут научно-исследовательскую работу, активно занимаются эколого-просветительской деятельностью, проводят экскурсии для туристов, горожан, школьников, студентов.

Список литературы:

1. Арчибасов А.А. Рост внутривидового гибрида сибирский осетр× амурский осетр на первом году выращивания в условиях УЗВ // X международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (10-11 ноября 2022 года, г. Москва). Москва: Издательство ВНИРО, 2022. С. 20–23.
2. Воробьев А.П. Сравнительная характеристика рыбоводно-биологических показателей повторно созревающих самцов сибирского осетра // X международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (10-11 ноября 2022 года, г. Москва). Москва: Издательство ВНИРО, 2022. С. 32–34.
3. Головина Н.А., Романова Н.Н., Головин П.П.. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 88 с.

4. Ходоревская Р.П. Значение естественного нереста и искусственного осетроводства в формировании запасов осетровых Каспийского моря // Астраханский вестник экологического образования. 2015. № 2, Т. 32. С. 74–89.
5. Яковлева Е.П., Макарова Е.Г., Козлова Н.В., Ковалёв К.В., Барина В.В. Характеристика образцов половых продуктов самцов осетровых видов рыб, собранных для пополнения коллекции низкотемпературного генетического банка // X международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (10-11 ноября 2022 года, г. Москва). Москва: Издательство ВНИРО, 2022. С. 65–68.

УДК 639.2/3

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫБОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ФИЛЬТРУЮЩЕГО ТИПА НА КРУПНОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Е.Э. Сони́на, С.Н. Мака́ров, Е.А. Зото́ва, Л.В. Гузее́ва, А.С. Пудовкина
Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО»), Саратов, Россия

PECULIARITIES OF STUDYING THE EFFICIENCY OF A FISH-PROTECTING DEVICE OF A FILTERING TYPE ON A LARGE RESERVOIR

E.E. Sonina, S.N. Makarov, E.A. Zotova, L.V. Guzeeva, A.S. Pudovkina
Saratov Branch of the FSBSI “VNIRO” («SaratovNIRO»), Saratov, Russia
eelsonina@rambler.ru

Аннотация. Проведены ихтиологические исследования на Саратовском водохранилище, определена эффективность рыбозащитного сооружения в виде фильтрующего ряжевого оголовка согласно методике, приведённой в приложении С к СП 101.13330.2012. По результатам исследований выявлены проблемы в осуществлении исследований в полном объёме по данной методике, подготовлены предложения к внесению изменений.

Ключевые слова: рыбозащитное сооружение, водные биоресурсы.

Хозяйственная деятельность человека оказывает разнообразное негативное воздействие на водные биоресурсы (ВБР) и среду их обитания. Одним из видов деятельности, приводящим к значительному ущербу ВБР, является забор воды из водных объектов [1]. В целях предотвращения попадания биоресурсов в водозаборы, согласно действующему природоохранному законодательству [2–4], оголовки заборных устройств обязательно должны снабжаться эффективными рыбозащитными сооружениями (РЗС).

Требования к конструкции РЗС, местам их установки, перечень рекомендованных к применению устройств, содержатся в Своде правил (СП) [5]. РЗС работает эффективно и отвечает предъявленным к нему требованиям, если нормативная величина эффективности (70%) укладывается в пределы доверительного интервала (ниже верхней границы) вычисленной величины эффективности РЗС.

С 24.06.2020 г. вступило в силу Изменение №1 к СП, которым в том числе были внесены дополнительные пункты в Методику проведения необходимых натурных испытаний для определения функциональной эффективности РЗС (Приложение С к СП): ихтиологические наблюдения необходимо осуществлять во все сезоны года, для исследования влияния РЗС предложен метод искусственного зарыбления потока и т.д.

В 2021–22 гг. Саратовским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО») в соответствии с требованиями Методики были проведены ихтиологические исследования для определения эффективности РЗС, установленного на русловом водозаборе в акватории Саратовского водохранилища. Обследованное РЗС – ряжевый оголовок с секциями – сооружение фильтрующего типа (группа 1), рекомендовано к применению СП для установки на водотоках, для него не установлены ограничения по расчетному расходу воды.

РЗС обследованного водозабора невозможно демонтировать (отключить) на период проведения исследований, поэтому его эффективность определялась методом сравнения

количества рыб, попадающих в устройство забора воды, и количества рыб в потоке ниже РЗС.

Защитное сооружение располагалось на водозаборе крупного промышленного предприятия проектной мощностью 5,7 м³/с. РЗС представляло собой ряд отдельных секций – ряжей из деревянного бруса, заполненных камнем, смонтированных вплотную друг к другу и работающих единой конструкцией. Общая площадь водоприёмной поверхности составляла более 150 м². Со стороны забираемого водного потока, вдоль водоприёмной поверхности, расположены сороудерживающие металлические решётки, сверху конструкция закрыта бетонной плитой. Рыбоотвода у РЗС нет. Внутрь ряжей входят раструбы самотёчно-сифонных водоводов, забираемая ими вода попадает в приёмные камеры водозабора глубиной около 19 м.

Конструкция установлена на дне водохранилища, на удалении от берега более 50 м, на глубине около 14 м.

Скорость течения воды в периоды проведения исследований составляла 0,2-0,4 м/с. Рассчитанная скорость втекания воды в водоприёмные отверстия, исходя из мощности насоса и конструктивных особенностей РЗС, составила 0,04 м/с. При таких соотношениях скоростей течения и скорости втекания в водозаборное устройство, молодь рыб может свободно находиться в зоне действия водозабора в течение продолжительного периода времени без риска быть прижатой к фильтрующей поверхности РЗС.

Учитывая месторасположение оголовка водозабора на значительной глубине и удалении от берега водохранилища, а также глубину и конфигурацию водоприёмных камер, установка и подъём орудий лова в них, а также техническое осуществление придонных ихтиологических наблюдений и искусственного зарыбления потока производилось с привлечением специализированной организации водолазов.

Для учёта молоди рыб, прошедшей через РЗС, в приёмную камеру устанавливались специально изготовленные ловушки на металлических объёмных каркасах. Продолжительность экспонирования ловушек в приёмной камере подбиралась таким образом, чтобы было обловлено не менее 5% расхода воды на водопользование (требование СП), затем они поднимались и тщательно обследовались. По результатам проведенных работ было выяснено, что в орудиях лова в приёмной камере водозабора личинки и молодь рыб отсутствовали во все периоды исследований.

Параллельно с обловом в приёмной камере водозабора, ихтиологические исследования проводили в акватории Саратовского водохранилища.

Покатная молодь рыб в естественных условиях в районе водозабора отбиралась ихтиопланктонными ловушками через каждые 3 часа в активном режиме путем буксировки ихтиопланктонной сети за моторной лодкой в горизонтальном направлении поочередно в двух горизонтах: поверхность и придонный слой. В весенний период были отловлены личинки чехони в поверхностном и придонном слоях, бычка – в придонном слое. В летний период были отловлены личинки уклей в поверхностном слое, чехони – в придонном.

На участках выше и ниже водозабора мальковым неводом была отловлена молодь плотвы, окуня, уклей, бычка–песочника, бычка–цуцика, сетями в придонном слое ниже РЗС по течению были отловлены двухлетки и рыбы более старших возрастов: в весенний период – густера и чехонь; в летний период – плотва и окунь, в осенний период – плотва, окунь, густера, ёрш.

В зимний период провести ихтиологические исследования в акватории водохранилища не представилось возможным: в течение всей зимы лед в районе расположения водозабора был тонким, с промоинами, была обловлена только приёмная камера водозабора.

Отловленную в Саратовском водохранилище молодь рыб каждого вида классифицировали по размерным рядам: до 12 мм, от 12 до 18 мм, от 19 до 24 мм, от 25 до 30 мм, более 30 мм, расчет эффективности РЗС согласно требованиям СП, необходимо производить для каждой из этих размерных групп.

Средняя концентрация личинок в придонном слое в весенний период не превышала 1,7 экз./1000 м³, в летний – 1,1 экз./1000 м³.

Анализ условий размещения водозаборного устройства показал, что защита рыб в значительной мере обеспечивается экологическими условиями размещения РЗС: на удалении от

участков нереста, нагула, миграции молоди рыб, на значительной глубине, где концентрация молоди рыб в естественных условиях минимальна, однако использовать это для обоснования эффективности РЗС без проведения дополнительных исследований (искусственного зарыбления потока) Методикой не разрешено.

В связи с тем, что в естественных условиях в зоне влияния водозабора наблюдались разреженные концентрации личинок рыб, летом и осенью были проведены дополнительные исследования эффективности РЗС с искусственным зарыблением водозаборного потока, согласно требованиям СП. Суть этого метода заключается в том, что перед РЗС проводят запуск дозированного количества рыбной молоди заданных вида и размера, которую затем отбирают на всех участках ее возможного распределения: в устройстве забора воды и транзитном потоке.

В качестве зарыбка нами использовались жизнеспособные личинки и молодь разных видов рыб, обитающих в районе расположения водозабора: в летний период личинки, ранняя молодь и сеголетки плотвы, сеголетки уклей, в осенний период - сеголетки уклей. Молодь рыб (сеголетки) доставлялась в район РЗС водолазом в садке из безузловой дели, личинки и ранняя молодь рыб – в полиэтиленовом пакете, используемом для транспортировки рыбы на рыбоводных предприятиях. Выпущенная в районе водозаборного устройства молодь рыб не притягивалась к водоприёмной поверхности РЗС, а беспрепятственно распределялась по акватории водохранилища, преимущественно поднимаясь к поверхности.

Проведённые исследования показали, что при подготовке работ по зарыблению потока наблюдается высокий отход личинок и ранней молоди рыб: при её вылове, пересадке из орудий лова в садки для определения видовой принадлежности, размеров, мечения, дальнейшем перенесении в устройства для доставки к месту эксперимента на глубину расположения водозабора, погибает значительная часть рыб, независимо от влияния РЗС. Необходимые манипуляции лучше переносит подросшая молодь рыб, однако она и более устойчива к действию водозаборного сооружения по сравнению с ранней молодью. Решением этой проблемы мог бы явиться выпуск искусственно выращенной на рыбоводных предприятиях молоди рыб, отличающейся определенной устойчивостью к подобным воздействиям, однако использование такого зарыбка Методикой не разрешено.

По результатам проведённых работ сформулированы предложения к внесению изменений в Методику проведения исследований СП.

Благодарности:

Авторы статьи выражают благодарность сотрудникам лаборатории ихтиологии Саратовского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО») Белянину И.А., Гашникову М.П., Боброву С.М., Тен В.С., Шинкевичу М.Ю., Левенкову Е.В. за отбор и обработку ихтиологических проб, водолазам ООО «НПО «ЭПРОН» за помощь в установке и съёме ловушек и зарыблении потока.

Список литературы:

1. Сони́на Е.Э., Зо́гова Е.А., Мака́ров С.Н., Гузеева Л.В., Пудовкина А.С. Итоги проведения оценки антропогенного воздействия на водных объектах Поволжья и Южного Урала с расчетом ущерба согласно «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам // Рыбохозяйственные водоёмы России: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 2-4 апреля 2018 г.) С. 474–479.
2. Федеральный закон от 20 декабря 2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», Ст. 50.
3. Федеральный закон от 24.04.1995 № 52-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О животном мире» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2021). Ст.22.
4. Постановление Правительства РФ от 29 апреля 2013г. №380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания»
5. СП 101.13330.2012 «СНиП 2.06.07-87 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения», Изменение №1 от 23 декабря 2019 г. № 837/пр.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР (ПОСАДКИ 1982-1986 ГГ.)
НА ОТВАЛАХ КУМЕРТАУСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА
(РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)**

А.Р. Тагиров^{1,2}, А.Ю. Кулагин², Л.З. Тельцова¹

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

**CURRENT STATE OF FOREST CROPS (PLANTED 1982-1986) ON THE DUMPS OF THE
KUMERTAU BROWN COAL MINE (REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)**

A.R. Tagirov^{1,2}, A.Y. Kulagin², L.Z. Teltsova¹

¹Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

²Ufa Institute of Biology – a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

albertoc22@mail.ru

Аннотация. В работе показана успешность произрастания лесных культур, посаженных в 1982 году на отвалах Кумертауского бурого угольного разреза. Представлена оценка относительного жизненного состояния насаждений сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева, березы повислой. Состояние этих насаждений относится к категории «здоровые».

Ключевые слова: лесные культуры, рекультивация, относительное жизненное состояние.

Разработка месторождений полезных ископаемых предполагает формирование транспортно-энергетической инфраструктуры и комфортных условий для жизни людей. С течением времени месторождение полностью вырабатывается и на конкретной территории остается населенный пункт и техногенный карьерно-отвалный ландшафтный комплекс [4]. В 1942 г. было открыто Бабаевское месторождение бурого угля, в 1947 г. начата разработка Кумертауского бурого угольного разреза; а в 1998 г. в связи с завершением добычи угля была осуществлена ликвидация разреза «Кумертауский» ОАО «Башкируголь» [5].

Карьер и отвалы Кумертауского бурого угольного разреза расположены в подзоне южной лесостепи в административных границах Кюргазинского района Республики Башкортостан вблизи Оренбургской области. Процесс естественного восстановления растительности на отвалах происходит с момента отсыпки отвальных пород и продолжается в настоящее время [2]. При оценке особенностей формирования растительного покрова показано, что древесные растения успешно поселяются и произрастают через 5-15 лет после прекращения отсыпки отвальных пород. В период 1982-1986 гг. были выполнены опытно-производственные работы по лесной рекультивации отвалов Кумертауского бурого угольного разреза. Лесные культуры, созданные с использованием стандартного посадочного материала и общепринятой в лесном хозяйстве технологии, обеспечили восстановление продуктивного растительного покрова и повышение лесистости территории отвалов [2, 3].

Цель исследования – оценить современное состояние лесных насаждений на участке лесной рекультивации отвалов Кумертауского бурого угольного разреза.

Объекты исследования – лесные насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), березы повислой (*Betula pendula* Roth). Исследование состояния лесных насаждений на территории отвального комплекса Кумертауского бурого угольного разреза выполнялись в 2022 г. – 2023 г. (рисунок).

В насаждениях у деревьев сосны, лиственницы, березы определяли: высоту (измеряли лазерным дальномером Nikon Laser Forestry Pro, Japan с точностью до 0,1 м); диаметр (измеряли на высоте ствола дерева 1,3 м мерной вилкой Haglof, Sweden с точностью до 1 см); возраст (на высоте 0,4 м с помощью приростного бурава Suunto, Finland отбирали керны с последующим

подсчетом годовичных колец на микроскопе МБС-1, Россия); относительное жизненное состояние (ОЖС) (ОЖС оценивали по методике В.А. Алексеева [1]).



Рисунок. Насаждения сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева, березы повислой на отвалах Кумертауского бурогольного разреза.

На территории отвального комплекса средняя высота сосны обыкновенной с закрытой корневой системой (ЗКС) составляет 8,9 см, средний диаметр – 15,2 мм, средний возраст – 45 лет (таблица, рисунок); средняя высота сосны обыкновенной (стандартный посадочный материал) составляет 12,1 см, средний диаметр – 16,4 мм, средний возраст – 45 лет; средняя высота лиственницы Сукачева составляет 11,9 см, средний диаметр – 18,8 мм, средний возраст – 45 лет; средняя высота березы повислой составляет 10,9 см, средний диаметр – 15,7 мм, средний возраст – 45 лет.

Относительное жизненное состояние всех исследуемых пород относится к категории «здоровое». Густота кроны составляет 80-90%. Наличие на стволе мертвых сучьев от 0% до 10%. Степень повреждения хвои и листьев составляет от 0% до 10%. Суховершинность на данной территории не выражена.

Установлено (таблица), что в лесных культурах по достижении 45-летнего возраста происходит дифференциация древостоев по высоте и диаметру стволов. Это соответствует описанным ранее общим закономерностям формирования древостоев в лесных культурах в различных лесорастительных условиях [2].

Таблица. Характеристика насаждений на отвалах Кумертауского бурогольного разреза

Значение	Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	ОЖС
Сосна обыкновенная (ЗКС)				
Максимальное	12,0	26,0	45	здоровое
Среднее	8,9	15,2		
Минимальное	7,5	8,0		
Сосна обыкновенная (стандартный посадочный материал)				
Максимальное	13,0	20,0	45	здоровое
Среднее	12,1	16,4		
Минимальное	11,5	12,0		
Лиственница Сукачева (стандартный посадочный материал)				
Максимальное	13,0	22,0	45	здоровое
Среднее	11,9	18,8		
Минимальное	10,5	16,0		
Береза повислая (стандартный посадочный материал)				
Максимальное	14,0	20,0	45	здоровое
Среднее	10,9	15,7		
Минимальное	9,5	10,5		

Проведенные в 1982-1986 годы опытно-производственные работы по ликвидации экологического ущерба окружающей среде в результате разработки Кумертауского бурогольного разреза путем создания лесных культур сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева и березы повислой, показали перспективность метода лесной рекультивации в лесостепной зоне. Следует указать, что при посадке сосны саженцами с ЗКС деревья в 45-летнем

возрасте уступают по высоте и диаметру стволов деревьям которые выросли из стандартных саженцев. Оценка современного состояния и особенностей формирования лесных насаждений на нарушенных антропогенной деятельностью территориях свидетельствует о целесообразности проведения посадки древесных растений через 10-15 лет после завершения отсыпки отвальных пород. В целом посадка древесных сокращает сроки восстановления растительности на 25-30 лет. При лесной рекультивации в лесостепной зоне предпочтение следует отдавать аборигенным видам древесных растений, которые устойчивы к комплексу природных и техногенных факторов окружающей среды и успешно произрастают в данном регионе.

Источники финансирования работы:

Исследования проводились с использованием оборудования центра коллективного пользования «Агидель» в рамках выполнения плановых исследований по бюджетной теме Рег. № НИОКТР АААА-А18-118022190103-01.

Список литературы:

1. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С.38–54.
2. Баталов А.А., Мартыанов Н.А., Кулагин А.Ю., Горюхин О.Б. Лесовосстановление на промышленных отвалах Предуралья и Южного Урала. Уфа, 1989. 140 с.
3. Кулагин А.А. Роль лесовосстановления антропогеннонарушенных территорий для повышения биоразнообразия (на примере отвалов Кумертауского бурогоугольного бассейна) // Проблемы сохранения биоразнообразия на Южном Урале: Тез. докл. науч.-практ. конф. Уфа, 2004. С. 58–59.
4. Кулагин А.Ю. Ретроспективный анализ формирования ландшафтно-экологического подхода при лесной рекультивации нарушенных ландшафтов // Лесной вестник. 2022. Т. 26, № 6. С. 48–54. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-48-54
5. Региональный, интерактивный энциклопедический портал «Башкортостан» <https://bashenc.online/ru/articles/90428/>

УДК 630*161:581.52

**СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА
ИМ. Ю.А. ГАГАРИНА, СОЗДАННОГО НА ОСНОВЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР
В ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЕ Г. КУМЕРТАУ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)**

О.В. Тагирова

Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

**THE STATE OF THE PLANTINGS OF THE PARK OF CULTURE AND RECREATION
NAMED AFTER YU.A. GAGARIN, CREATED ON THE BASIS
OF FOREST CROPS IN THE GREEN ZONE OF KUMERTAU CITY
(REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)**

O.V. Tagirova

Ufa Institute of Biology – a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
olecyi@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен породный состав и состояние насаждений парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина г. Кумертау. Представлены таксационные характеристики, оценено относительное жизненное состояние сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева, березы повислой, клена татарского и клена ясенелистного. Отмечено, что состояние древесных растений относится к категории «ослабленное». Контроль состояния насаждений и своевременное проведение лесохозяйственных мероприятий обеспечивает сохранение и эффективное функционирование ландшафтного комплекса парка.

Ключевые слова: городские леса, относительное жизненное состояние.

Городские леса и древесные насаждения являются важной составляющей техногенной экосистемы. В промышленных городах зеленые насаждения подвержены рекреационным нагрузкам. Люди, живущие в городах, посещают эти территории во все сезоны года в выходные, праздничные и в рабочие дни [2]. Древесные насаждения в условиях современного города выполняют различные функции: ландшафтно-экологические, эстетические, средостабилизирующие. Для г. Кумертау, расположенного в лесостепной зоне, наличие древесных насаждений в парках, скверах, уличных и внутриквартальных территориях обеспечивает комфортные условия жизни людей. В данных условиях древесные насаждения вносят значительный вклад в формирование микроклимата промышленного города (нивелируются перепады температур и влажности приземных слоев воздуха). Формируются условия, способствующие сохранению и увеличению биоразнообразия и устойчивости экосистем на основе городских зеленых насаждений [3].

Город Кумертау расположен в лесостепной зоне на юге Башкирского Предуралья. Город основан в 1947 г. как поселок Бабай в связи с освоением месторождения Бабаевского бурого угля, с 1949 г. рабочий посёлок Кумертау, с 1953 г. присвоен статус города [4].

В процессе выполнения плановых работ предприятиями лесного хозяйства Республики Башкортостан были созданы лесные культуры, которые впоследствии вошли в границы г. Кумертау (южная часть города). На основе этих культур в 1981 г. был создан парк культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина.

Цель работы – оценить состояние древесных насаждений на территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина г. Кумертау (Республика Башкортостан).

Объекты исследования – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), клен татарский (*Acer tataricum* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.). Исследования на территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина осуществлялись в вегетационный период 2023 г.

На территории парка были выделены участки насаждений, на которых у древесных растений определили высоту (дальномер Nikon Laser Forestry Pro, Japan), диаметр (мерная вилка Haglof, Sweden), возраст (приростной бурав Suunto, Finland) и оценено относительное жизненное состояние (ОЖС) по методике В.А. Алексеева [1] (рисунок).



Рисунок. Древесные насаждения на территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина

На территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина заложена пробная площадь и методом сплошного перече́та оценено состояние деревьев.

Сосна обыкновенная (15 деревьев): средний диаметр ствола 25,1 см, средняя высота 11,9 м, средний возраст 65 лет. 3 дерева относятся к категории «здоровое», 1 дерево относится к категории «ослабленное», 10 деревьев относятся к категории «сильно ослабленное», 1 дерево относится к категории «усыхающее». На данной территории отсутствуют деревья сосны обыкновенной, относящиеся к категории «сухое». Относительное жизненное состояние насаждения относится к категории «ослабленное» ($L_N=51,7$).

Лиственница Сукачева (21 дерево): средний диаметр ствола 18,4 см, средняя высота 12,2 м,

средний возраст 65 лет. Деревья лиственницы Сукачева, которые относятся к категории «здоровое» отсутствуют, 2 дерева относятся к категории «ослабленное», 19 деревьев относятся к категории «сильно ослабленное», деревья, относящиеся к категориям «усыхающее» и «сухое» отсутствуют. Относительное жизненное состояние насаждения относится к категории «сильно ослабленное» ($L_N=42,9$).

Береза повислая (81 дерево): средний диаметр ствола 28,4 см, средняя высота 16,7 м, средний возраст 65 лет. 66 деревьев березы относятся к категории «здоровое», 10 деревьев относятся к категории «ослабленное», 1 дерево относится к категории «сильно ослабленное», 2 дерева березы относятся к категории «усыхающее», 2 дерева березы относятся к категории «сухое». Относительное жизненное состояние насаждения относится к категории «здоровое» ($L_N=90,7$).

Клен татарский (4 дерева): средний диаметр ствола 15,5 см, средняя высота 8,4 м, средний возраст 20 лет. 1 дерево относится к категории «здоровое», 1 дерево относится к категории «ослабленное», 2 дерева относятся к категории «сильно ослабленное», деревья, относящиеся к категориям «усыхающее» и «сухое» отсутствуют. Относительное жизненное состояние насаждения относится к категории «ослабленное» ($L_N=62,5$).

Клен ясенелистный: 1 дерево (диаметр ствола 22 см, высота 13 м, возраст 30 лет), относится к категории «ослабленное».

В целом, состояние древесных насаждений на территории парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина относятся к категории «ослабленное» ($L_N=76,6$). Для сохранения насаждений и улучшения их состояния целесообразно на основе мониторинга состояния деревьев своевременно проводить лесохозяйственные мероприятия (санитарные рубки, рубки ухода, лесозащитные мероприятия, противопожарные мероприятия, дополнительный полив в засушливые периоды, реконструкцию насаждений путем посадки деревьев крупномерным посадочным материалом).

Источники финансирования работы:

Исследования проводились с использованием оборудования центра коллективного пользования «Агидель» в рамках выполнения плановых исследований по бюджетной теме Рег. № НИОКТР АААА-А18-118022190103-01.

Список литературы:

1. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 38–54.
2. Кулагин А.Ю., Тагирова О.В. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2015. 196 с.
3. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда [Woody plants and industrial environment in Russia]. М.: Наука, 1974. 124 с.
4. Региональный, интерактивный энциклопедический портал «Башкортостан» <https://bashenc.online/ru/articles/90428/>

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ОСВЕЩЕННОСТИ, ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЕСТЕСТВЕННОГО ДРЕВЕСНОГО
ВОЗОБНОВЛЕНИЯ НА ЗАЛЕЖАХ ЮГА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Г.Г. Фролова¹, К.Н. Изотова²

¹Пушчинский научный центр биологических исследований РАН, Пушкино, Россия

²Тульский государственный университет, Тула, Россия

**RELATIONSHIP OF LIGHT, SPATIAL DISTRIBUTION OF FOREST GROUND
VEGETATION AND NATURAL REFORESTATION IN ABANDONED
AGRICULTURAL LANDS OF THE SOUTH OF THE MOSCOW REGION**

G.G. Frolova¹, K.N. Izotova²

¹Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences,
Pushchino, Russia

²Tula State University, Tula, Russia
gulfina.frolova@gmail.com

Аннотация. Исследования проведены в 20-летних березовых зарастаниях юга Московской области. В 100 ячейках (5×5м), составляющих ППП (50×50м) проведена оценка присутствия, проективного покрытия видов-доминантов живого напочвенного покрова, подсчет подроста, фотосъемка полого в зенит и определение индекса GLI. Ячейки с высокой освещенностью заняты видами-доминантами ЖНП, вследствие чего древесное возобновление происходит в основном в ячейках со средней и низкой освещенностью.

Ключевые слова: залежи, молодые леса, освещенность, живой напочвенный покров, естественное древесное возобновление.

Живой напочвенный покров (ЖНП), представляющий собой совокупность мхов, лишайников, травянистых растений, кустарничков и полукустарников, является важной частью лесных экосистем, а также одним из ведущих факторов, оказывающих влияние на процесс возобновления, прорастание семян, дальнейшее развитие проростков как под пологом древостоя, так и на вырубках [1]. Видовое разнообразие ЖНП и его развитие определяются комплексом условий, включающих в себя как совокупность эдафических и климатических факторов, так и структурные особенности древостоев. В молодых лесах, в том числе формирующихся на залежах, идет активное освоение и преобразование среды древесной растительностью, как следствие, высокая конкуренция за ресурсы приводит к интенсивному самоизреживанию древостоя, результатом которого может быть изменение уровня освещенности под пологом и увеличение мозаичности условий произрастания как для растений живого напочвенного покрова, так и для древесного подроста.

Цель работы: выявить особенности пространственного расположения видов-доминантов живого напочвенного покрова и древесного подроста с учетом освещенности под пологом молодых березовых зарастаний.

Исследования проводились на территории опытно-полевой станции Института фундаментальных проблем биологии РАН (г. Пушкино, Московская обл.). Объект расположен в лиственно-лесной зоне, на автоморфных позициях правобережья реки Оки (северные отроги Средне-Русской возвышенности). Процесс почвообразования идет на покровных лессовидных породах, представленных средними и тяжелыми суглинками, легкими глинами, с преобладанием пылеватой фракции [2]. Микрорельеф характеризуется чередующимися бороздами, почва серая постагрогенная. До забрасывания в 2003 году на исследуемом участке культивировался картофель. Близость к населенным пунктам определяет антропогенную нагрузку на участок в форме вытаптывания во время сбора ягод и грибов, обламывания веток деревьев.

Постоянная пробная площадь (ППП) была заложена в июле 2023 года, представляет собой квадрат со сторонами 50 м, разделенный на ячейки по квадратной сетке с шагом 5м (количество

ячеек 100 шт). В каждой ячейке было проведено определение видового состава и проективного покрытия (ПП) видов-доминантов ЖНП, а также подсчет малого подроста (до 0.5 м). В центре каждого малого квадрата была проведена полусферическая съемка полого с помощью фотоаппарата Canon D600 с полусферическим объективом Sigma AF 4.5/2.8 EX DC HSM Fisheye Canon, угол обзора которого равен 180 градусов. Фотосъемка проводилась в зенит (выравнивание фотоаппарата проводилось при помощи гидравлического уровня), верх кадра ориентировался на истинный север с учетом магнитного склонения, которое вычислялось для конкретной точки съемки по всемирной магнитной модели геомагнитного поля Земли WMM [3].

Изображения были бинаризованы с разделением всех пикселей на два класса «небо» и «не небо» с использованием синего канала RGB. Для бинаризации изображений применялась сверточная нейросеть, основанная на U-Net технологии [4]. Полученные бинарные изображения использовались в качестве маски для расчета пропускания прямой и рассеянной радиации в программе Hemisfer v 3.02 и вычисления средневзвешенного показателя пропускания излучения global light index (GLI).

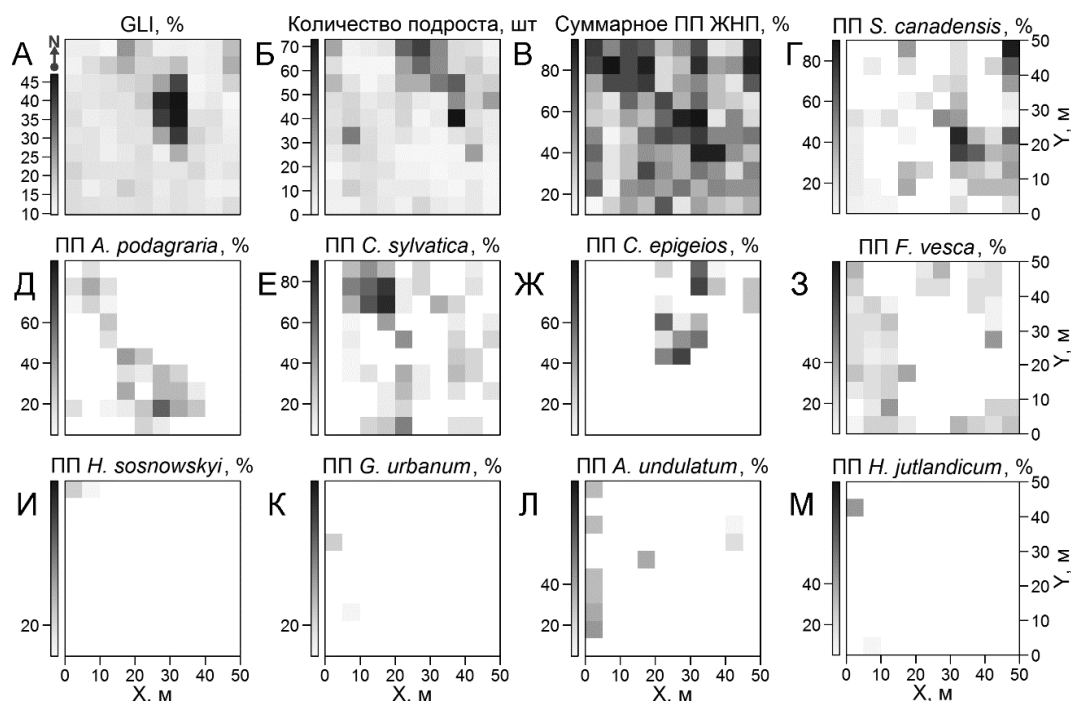


Рисунок. А) Мозаика освещенности под пологом. Б) Пространственное распределение древесного подроста. В) Мозаика ПП: суммарная для видов-доминантов ЖНП, Г) *Solidago canadensis* L., Д) *Aegopodium podagraria* L., Е) *Carex sylvatica* Huds., Ж) *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, З) *Fragaria vesca* L., И) *Heracleum sosnowskyi* Manden., К) *Geum urbanum* L., Л) *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv., М) *Hypnum jutlandicum* Holmen & E. Warncke.

Древостой в рамках ППП характеризуется неравномерной густотой, представлен в основном видами рода береза (*Betula* sp.), ивой козьей (*Salix caprea* L.), единичными особями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), средняя высота деревьев 10 м. Средний подрост незначительный, представлен теми же видами. Мелкий подрост (в ювенильной и имматурной (Im1) стадиях) представлен следующими видами: клен обыкновенный (*Acer platanoides* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.), клён американский (*Acer negundo* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), береза (*Betula* sp.), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.), ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) H.Karst.), вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.).

Мозаика освещенности под пологом леса отражает пространственное распределение этого ресурса для видов ЖНП и подроста (рис. 1). В ячейках, относящихся к центральному окну, показатель GLI принимал максимальные значения для ППП и варьировал в пределах 35–45%, это. В этих ячейках доминировали золотарник и вейник, древесное возобновление в среднем

составляло 10 особей. На три ячейки с GLI 45% и абсолютным доминированием золотарника был обнаружен один проросток клена обыкновенного. Индекс GLI варьировал в пределах 20–35% в ячейках, расположенных у северной-западной границы окна, где доминировала главным образом осока лесная и обнаруживалось до 40 особей подроста. В ячейках у северо-восточной границы окна индекс GLI изменялся от 10 до 30%, здесь обнаружено максимальное количество подроста (от 40 до 70 особей на ячейку), доминировали земляника лесная, вейник наземный и золотарник канадский, их суммарное проективное покрытие не превышало 50%.

Остальные ячейки ППП имели индекс освещенности под пологом от 10 до 20%. Суммарное ПП видов-доминантов ЖНП (земляника лесная, сныть обыкновенная, осока лесная, золотарник канадский) не превышало 50%, обнаружено до 20 особей древесного подроста на ячейку. Также обнаружен борщевик сосновского на площади 50 м² (ПП до 40%, GLI = 10%).

Таким образом, на ППП выявлено заселение инвазивным видом золотарником канадским. Вид обнаружен в 50 ячейках, в центральном окне и северо-западном углу в зонах с высоким индексом GLI (до 45%) сформированы монодоминантные сообщества (более 50 м²), а в затененных ячейках проективное покрытие этого вида достигало 20%. При этом для древесного возобновления остаются ячейки с более низкой освещенностью, но и более низким проективным покрытием видов ЖНП.

Учитывая высокую скорость освоения территорий золотарником канадским [5], естественное возобновление лесной растительности под пологом исследуемых березовых зарастаний может оказаться под угрозой.

Благодарность:

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении полевых работ сотрудникам лаборатории моделирования экосистем ИФХиБПП РАН Фролову П. В и Никонову А. В.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено в рамках работы Молодежной лаборатории карбомониторинга наземных экосистем по теме государственного задания ИФХиБПП РАН №122111000095-8.

Список литературы:

1. Грязькин А.В. Экологические факторы регулирования возобновительных свойств таежных ельников: (На примере преобладающих типов леса): дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. Сыктывкар, 1998. 270 с.
2. Алифанов В.М. Палеокриогенез и современное почвообразование. Пушино: Издательство ОНТИ Пушинского научного центра Российской академии наук, 1995. 318 с.
3. Chulliat A., Macmillan S., Alken P., Beggan C., Nair M., Hamilton B., Woods A., Ridley V., Maus S., Thomson A., 2015, The World Magnetic Model for 2015–2020: Technical Report, National Geophysical Data Center.
4. Shubin A., Frolov P. Application of convolutional neural networks in the processing of hemispherical photos of the canopy // Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2022). 2022. P. 253–253.
5. Панасенко Н.Н., Володченко Ю.С., Холенко М.С., Колесникова Ю.В. Особенности распространения и биологии *Solidago canadensis* L. и *Solidago gigantea* Ait. в Брянской области // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2018. № 4, Т. 16. С. 30–38.

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 502.3:911.52

СИСТЕМА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ООПТ) ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.А. Алаева, Е.А. Негрובה, О.И. Негрובה
Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

SYSTEM OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS (SPNA) OF THE VORONEZH REGION

L.A. Alaeva, E.A. Negrobova, O.I. Negrobova
Voronezh State University, Voronezh, Russia
liliya-250477@yandex.ru

Аннотация. Воронежская область расположена на стыке лесостепной и степной зон, что предопределило ее сложные флористический, фаунистический комплексы и уникальный почвенный покров с преобладанием черноземов. Многолетнее сельскохозяйственное использование почв региона привело к сокращению территорий с естественными экосистемами. Все это создало предпосылки к созданию сложной, разветвленной сети ООПТ на территории области. Она включает 256 ООПТ, из них 4 федерального значения, 211 областного значения, 41 местного значения.

Ключевые слова: биоразнообразие, особо охраняемые природные территории (ООПТ), Красная книга почв.

Северная часть Воронежской области расположена в лесостепной зоне с преобладанием степных ландшафтов и островным распространением лесных экосистем. Южная часть области относится к степной зоне, где гидротермический коэффициент меньше 1, поэтому лесные экосистемы на фоне степных ландшафтов представлены байрачными дубравами по овражно-балочной сети. Уникальное сочетание разнообразных экологических условий, нарастающее антропогенное освоение естественных ландшафтов предопределило создание сложной сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в пределах Воронежской области.

Создание ООПТ опирается на сложную нормативно-правовую базу, основу которой составляют Конституция Российской Федерации, Федеральный закон "Об особо охраняемых природных территориях", "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (Статья 95. Земли особо охраняемых природных территорий), "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (Статья 66. Особо охраняемые водные объекты), "Лесной кодекс Российской Федерации" от 04.12.2006 N 200-ФЗ 9 (Статья 112. Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях). На территории Российской Федерации ведется Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий (утвержден приказом Минприроды России от 19.03.2012 № 69). Кадастр является систематизированным сводом документированной информации об особо охраняемых природных территориях федерального, регионального и местного значения.

На областном уровне создание и функционирование сети ООПТ регламентируют следующие нормативные документы: Постановление администрации области от 16.01.96 г. № 41 «Об утверждении Положения о памятниках природы Воронежской области», Постановление Правительства Воронежской области от 30 сентября 2021 года N 568 «О региональном государственном контроле (надзоре) в области охраны и использования особо охраняемых

природных территорий Воронежской области», закон Воронежской области от 27 мая 2014 года №68-ОЗ "О регулировании отдельных отношений в сфере особо охраняемых природных территорий в Воронежской области и признании утратившими силу некоторых законодательных актов (положений некоторых законодательных актов) Воронежской области", решение Воронежской городской Думы от 22 апреля 2015 г. N 1769-III «Об утверждении основных положений создания и развития системы особо охраняемых природных территорий местного значения в городском округе город Воронеж», перечень особо охраняемых природных территорий областного и местного значения на территории Воронежской области по состоянию на 01.01.2023 утвержден приказом департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 13.01.2023 № 18 [1], схема развития и размещения особо охраняемых природных территорий областного значения Воронежской области утверждена приказом департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 02.08.2019 № 320.

В настоящее время общая площадь ООПТ Воронежской области насчитывает 230857,4401 га, что составляет 4,4% от общей площади области (5 221 600 га). Общая площадь ООПТ федерального значения – 76042,8048 га (32,94% от общей площади ООПТ), общая площадь ООПТ областного значения – 154626,2826 га (66,98%), общая площадь ООПТ местного значения – 188,3527 га (0,08%).

Таблица. Структура сети ООПТ Воронежской области.

Категория ООПТ	Профиль ООПТ	Кол-во, шт.	Доля от общего кол-ва ООПТ, %	Площадь, га	Доля от общей площ. ООПТ, %
Федерального значения (1,56 % от общего количества ООПТ)					
Заповедники		2	50	47811,1048	62,88
Заказники	Всего, из них	2	50	28231,7	37,12
	Биологический	1	50	22999,70	81,47
	Комплексный	1	50	5232,00	18,53
Областного значения (82,42% от общего количества ООПТ)					
Заказники	Комплексные	20	9,48	129891,183	84,00
Памятники природы	Всего, из них	186	88,15	19354,22	12,52
	биологический	112	60,21	6208,683	32,08
	ботанический	4	2,20	559,23	2,89
	гидрологический	19	10,21	3183,18	16,45
	комплексный	24	12,89	6657,51	34,39
	геологический	13	6,98	102,4	0,53
	ландшафтный	10	5,37	2111,66	10,91
	дендрологический	3	1,61	103,56	0,54
	без профиля	1	0,53	428,00	2,21
Природный парк	Всего, из них	4	1,90	2654,047	1,72
	Без профиля	3	75	2647,11	99,74
	Комплексный	1	25	6,937	0,26
Дендрологический парк	Комплексный	1	0,47	1,00	0,0006
Местного значения (16,02% от общего количества ООПТ)					
Садово-парковый ландшафт	Всего, из них	36	87,80	103,4883	54,94
	Ландшафтный	2	5,56	1,9963	1,93
	Без профиля	34	94,44	101,492	98,07
Ландшафтный памятник	Всего, из них	5	12,20	84,8644	45,06
	Биологический	2	40	1,84	2,17
	Без профиля	3	60	83,0244	97,83

На территории Воронежской области создана сеть из 256 ООПТ, из них 4 федерального значения, 211 областного значения, 41 местного значения (таблица). Исходными данными для расчета количественных показателей, представленных в таблице, послужили сведения из перечня особо охраняемых природных территорий областного и местного значения на территории Воронежской области по состоянию на 01.01.2023 [1].

В целях расширения сети ООПТ и сохранения биоразнообразия экосистем лесостепных и степных ландшафтов Воронежской области планируется к выделению 323 новых ООПТ, из них 275 памятников природы, 45 заказников и 3 природных парка.

Создание новых ООПТ и функционирование уже созданных сталкивается с рядом проблем, среди которых можно выделить основные:

1) ограничение природопользования на территории ООПТ приводит к возмущению местного населения, что требует дополнительных разъяснений в ходе проведения общественных обсуждений;

2) все особо охраняемые природные территории Воронежской области рассматриваются как независимые друг от друга объекты, и степень их объединения в единую систему не является предметом нормативно-правового регулирования;

3) территории областных ООПТ не имеют ограждений по периметру, что приводит к нарушениям режима охраны, которые сложно поддаются фиксации и часто остаются безнаказанными;

4) недостаточное информирование населения о необходимости создания ООПТ как инструмента сохранения природы и ее биологического разнообразия, тогда как успешное сохранение природы на таких территориях возможно только при непосредственной заинтересованности местного населения;

5) ООПТ Воронежской области подчинены разным ведомостям (федерального значения – Министерству природных ресурсов и экологии РФ, областного – департаменту природных ресурсов и экологии Воронежской области, местного – районным администрациям), что затрудняет принятие решений, определяющих развитие единой сети ООПТ;

6) отсутствует единая система показателей, отражающих эффективность деятельности ООПТ по степени сохранности самой территории и по тенденциям её изменения;

7) длительность процесса согласования создания ООПТ в ряде случаев приводит к тому, что объект охраны за это время деградирует в результате интенсивной эксплуатации.

Таким образом, для поддержания эффективного функционирования сети ООПТ необходима разработка программ экологического мониторинга, включающих систему определяемых показателей, с целью дальнейшего прогнозирования состояния ООПТ. Особое значение имеет экологический мониторинг ООПТ, расположенных в пределах городов, так как они выступают экологически эффективными территориями, выполняющими ряд экологических функций. Организация их системного мониторинга способствует поддержанию устойчивого функционирования.

Список литературы:

1. Перечень особо охраняемых природных территорий областного и местного значения на территории Воронежской области по состоянию на 01.01.2023. URL: http://www.oopt.aari.ru/system/files/documents/departament-prirodnih-resursov-i-ekologii-Voronezhskoy-oblasti/N2_10-01-2020.pdf (дата обращения: 29.09.2023)

**РОСТ И СОСТОЯНИЕ *QUERCUS ROBUR* L. И *QUERCUS RUBRA* L.
В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ
(НА ПРИМЕРЕ ООПТ «ДЕНДРАРИЙ НИИСХ ЮГО-ВОСТОКА»)**

Е.А. Арестова

Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия

**GROWTH AND CONDITION OF *QUERCUS ROBUR* L. AND *QUERCUS RUBRA* L.
IN THE CONDITIONS OF THE SARATOV VOLGA REGION (ON THE EXAMPLE
OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA "ARBORETUM
OF THE RESEARCH INSTITUTE OF THE SOUTH-EAST")**

E.A. Arestova

Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia

arestova.ea@mail.ru

Аннотация. В статье приведены особенности роста и состояния растений *Quercus robur* L. и *Quercus rubra* L. произрастающих на территории особо охраняемой природной территории «Дендрарий НИИСХ Юго-Востока», расположенной в черте города Саратова. Проведено сравнение размеров растений на родине и в дендрарии. Приведены биометрические показатели. С целью изучения механизма адаптации видов проведено изучение водного режима, жаростойкости и газостойкости видов. По результатам визуальных наблюдений проведена интегральная оценка жизнеспособности и определены группы перспективности.

Ключевые слова: род *Quercus* L., биометрические показатели, водный режим, жаростойкость, перспективность.

Саратовская область – уникальный по природным особенностям регион Европейской России. Учитывая особенности рельефа и климата, разнообразие естественных и антропогенных экосистем, многообразие флоры и фауны, на территории области создана широкая сеть особо охраняемых природных территорий. Дендрарий НИИСХ Юго-Востока относится к категории ООПТ «дендрологические парки и ботанические сады». На протяжении всех лет своего существования занимается созданием коллекции древесных растений, поддержанием ее жизнеспособности, с целью сохранения разнообразия и обогащения растительного мира. Лесной фонд Саратовской области занимает 568,5 тыс.га. Основной лесобразующей породой является *Quercus robur* L., на долю которого приходится 251,6 тыс.га [1]. В коллекции дендрария *Q. robur* произрастает с 1949 года [2], представлен 12 образцами, различающимися пунктом мобилизации, способом посадки, возрастом, фенотипом, количеством экземпляров. Помимо *Q. robur* в коллекции имеется *Quercus rubra* L., который представляет интерес как перспективный, успешно адаптированный инородный вид. Введен в 1957 году, представлен 5 образцами.

Цель данной работы – сравнить рост и состояние *Q. robur* и *Q. rubra*, произрастающих в коллекции дендрария НИИСХ Юго-Востока.

Исследования проводили по общепринятым методикам и инструктивным указаниям, разработанным для учреждений ботанического и лесохозяйственного профиля [3, 4], а также по модифицированным методикам, усовершенствованным нами на основании результатов многолетних исследований [5].

В процессе исследования было проведено комплексное сравнение двух видов рода *Quercus* L., произрастающих в идентичных условиях и выращиваемых по одинаковым технологиям. Даны рекомендации по их использованию в различных типах зеленых насаждений.

Проведенные биометрические измерения показали, что в условиях дендрария все растения сохраняют свою жизненную форму, растут в виде деревьев, но не достигают максимальных размеров свойственных им в естественном ареале. Наибольших размеров как по высоте, так и по диаметру достигают растения *Q. rubra* (15,5 м. и 25,0 см. соответственно). Они же обладают наиболее развитой, симметричной кроной (8,1 / 7,6 м.). Самая компактная крона у *Q. robur* формы

пирамидальной (1,3 / 1,5), что объясняется морфологическими особенностями растений.

В условиях засушливого резко-континентального климата Саратовской области основным лимитирующим фактором успешности адаптации растений является засуха. С целью изучения механизма адаптации видов к экологическим условиям нашего региона было проведено изучение водного режима. Определяли содержание общей воды, время потери листьями 50 % содержащейся воды, водный дефицит. Результаты показали, что в течение вегетации содержание общей воды в листьях наибольшее у *Q. robur*, наименьшее у *Q. rubra*. В течение вегетации общее количество воды уменьшается.

Потеря листьями 50 % воды считается критической. *Q. rubra* теряет 50 % влаги за более продолжительное время (8,4 ч), *Q. robur* – за наименьшее (5,0 ч). *Q. rubra*, при содержании наименьшего количества воды, теряет ее за наибольшее время, что говорит о высокой степени засухоустойчивости. Наибольший дефицит воды в листьях растения *Q. robur* испытывали в самый засушливый июль месяц. У *Q. rubra* дефицит влаги увеличивался в течение вегетационного сезона.

Для большинства растений умеренной зоны температура свыше 40°C оказывается неблагоприятной и при длительном воздействии приводит растение к гибели. Исследования показали, что изученные виды дуба в наших условиях являются жаростойкими. Единичные повреждения начинаются при 50°C. Более устойчивыми являются растения *Q. rubra*, у которых при 55°C отмечаются повреждения 51-80 % площади листа. Менее устойчив *Q. robur*, у которого при 55° листья повреждаются полностью. Выявлено, что жаростойкость не зависит от погодных условий года, но отмечается тенденция ее уменьшения в течение вегетации (то есть растения становятся более устойчивыми к концу вегетации).

В условиях крупного города актуально изучение устойчивости растений к промышленным газам. Искусственное погружение листьев в слабые растворы кислот вызывает нарушения по внешним признакам идентичные тем, которые образуются от соответствующих газов. Была проведена оценка сравнительной устойчивости *Quercus* L., к действию растворов соляной и серной кислот (HCl и H₂SO₄). Отмечено, что материнские растения обоих видов более устойчивы, чем репродукции. Исследуемые виды в большей степени подвергаются повреждениям HCl, чем H₂SO₄.

Декоративность определяли по 9 признакам, учитывающим различные характеристики. Бальная оценка у *Q. robur* – средняя (23 балла), у *Q. rubra* – высокая (32 балла). *Q. rubra* лидирует по показателям цвета коры, формы листьев, яркой осенней окраски (от красной до пурпурной), продолжительности осеннего окрашивания.

Для комплексной характеристики был использован метод интегральной оценки, позволяющий на основании суммирования количественно выраженных значений судить о перспективности растений для новых условий. При оценке учитывали 7 биоэкологических показателей: зимостойкость, степень одревеснения побегов, побегообразовательная способность, сохранение формы роста, прирост в высоту, способность к генеративному развитию, способ размножения в культуре. После оценки показателей жизнеспособности подсчитывали сумму баллов. За время проведения исследований повреждений от мороза зафиксировано не было, побеги одревесневают полностью на 100%. Все виды сохраняют форму роста, растут в форме дерева. Обладают средней побегообразовательной способностью. На одном двухлетнем побеге образуется от 3 до 5 однолетних побегов. Прирост побегов у всех видов ежегодный. Все изученные виды цветут и плодоносят, семена вызревают. Имеют разновозрастный самосев.

Бальная оценка жизнеспособности и перспективности исследованных видов показала, что как аборигенный вид – *Q. robur*, так и *Q. rubra* относятся к группе вполне перспективных интродуцентов набрав 93 и 98 баллов соответственно.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Исследованные виды успешно растут в условиях Саратовского Поволжья. Имеют жизненную форму дерева, но не достигают предельных размеров свойственных им в естественном ареале.

2. Растения засухоустойчивы, жаростойки, газоустойчивы.

3. Комплексная оценка показала, что *Q. robur* и *Q. rubra* относятся к 1 – высшей группе перспективности и могут рекомендоваться к широкому внедрению во все виды защитных и озеленительных насаждений.

Список литературы:

1. Лесной план Саратовской области на 2019-2028 годы / [Электронный ресурс] // [сайт] URL: <https://www.minforest.saratov.gov.ru/lesnoe-hozyaistvo/files> (дата обращения 20.09.2023).
2. Фондовые материалы дендрария НИИСХ Юго-Востока (1949-2023 гг).
3. Лапин П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–67.
4. Рысин С.Л., Плотникова Л.С., Немова Е.М., Гринаш М.Н. Мониторинг интродуцированных древесных растений на урбанизированных территориях // Мониторинг природного наследия. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С 132–168
5. Арестова Е.А., Арестова С.В. Оценка адаптации интродуцированных древесно-кустарниковых растений в условиях Саратовского Поволжья (методические рекомендации). Саратов, ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока, 2017. 28 с.
6. Деревья и кустарники СССР. Т. 2. М.–Л.: Изд-во. АН СССР, 1951. 613 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья – 95, 1995. 961 с.

УДК 582.29

**РЕИНТРОДУКЦИЯ ЛОБАРИИ ЛЕГОЧНОЙ (КРАСНАЯ КНИГА РОССИИ)
НА ТЕРРИТОРИИ ПУШКИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Н.Б. Истомина

Псковский государственный университет, Псков, Россия

**REINTRODUCTION OF LOBARIA PULMONATA (RED BOOK OF RUSSIA)
IN THE PUSHKIN RESERVE**

N.B. Istomina

Pskov State University, Pskov, Russia

pgpu.istomina@mail.ru

Аннотация. Лишайники принадлежат к организмам, которые реагируют на антропогенные трансформации ландшафтов и сокращают свою численность по всему ареалу. В работе представлены результаты реинтродукции лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (Красная книга РФ) с использованием метода трансплантации на территории Пушкинского заповедника (Псковская область). В результате проведенных практических мероприятий численность популяции лобарии легочной на территории Пушкинского заповедника составляет более 500 талломом.

Ключевые слова: Красная книга, лишайники, лобария легочная, реинтродукция, трансплантация.

Сохранение биологического разнообразия являются одной из ключевых проблем современности. Антропогенные воздействия на природные ландшафты (рост крупных городов, развитие промышленности, загрязнение воздушной среды, вырубание коренных лесов и др.) приводят к уничтожению многих видов. Одними из наиболее уязвимых групп организмов являются лишайники, которые, в первую очередь, сокращают численность и исчезают. Число видов лишайников, требующих охраны, постоянно растет. В настоящее время в Красную книгу РФ включено 42 вида [1]. Одним из элементов сохранения редких видов является реинтродукция, в результате которой происходит возвращение видов в природу[2].

Целью настоящего исследования является с использованием метода трансплантации провести реинтродукцию *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (лобария легочная) в естественные экосистемы Пушкинского заповедника.

«Государственный мемориальный историко-архитектурный и природно-ландшафтный

музей-заповедник А.С. Пушкина «Михайловское» (Пушкинский заповедник, Псковская область) был создан в 1922 году и хранит уникальные историко-архитектурные объекты, связанные с жизнедеятельностью А.С. Пушкина, а также включает уникальные природные ландшафты. В них входят парковые комплексы Михайловское, Тригорское, Петровское с хорошо сохранившимися старовозрастными деревьями (липа, дуб, ясень, вяз, клен, ель, сосна и др.) и естественными лесными экосистемами, прилегающими к паркам. Статус «природно-ландшафтного» заповедника подразумевает проведение на территории комплексных инвентаризационных исследований различных систематических групп. Особенно это касается индикационных групп организмов, к которым относятся лишайники. В Пушкинском заповеднике, в результате проведенной инвентаризации, выявлено 157 видов лишайников из 342 известных в настоящее время для территории Псковской области [3]. На территории музея-заповедника произрастает три вида лишайников, занесенных в Красную Книгу РФ: *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Usnea florida* (L.) Weber ex F. H. Wigg. [1]. В 2001 году в Михайловском парке на аллее Керн обнаружена самая многочисленная ценопопуляция вида на территории Псковской области. На 20 липах произрастает 330 талломов *Lobaria pulmonaria*. Для каждого дерева отмечались его основные характеристики (диаметр, высота, возраст, тип коры). Для всех слоевищ *Lobaria pulmonaria* указывалась высота произрастания, экспозиция, размеры талломов в см², наличие органов размножения. Отмечались все виды лишайников произрастающие на липах совместно с *Lobaria pulmonaria*. За ценопопуляцией лобарии легочной проводятся постоянные наблюдения.

На территории Псковской области известно всего 15 местонахождений *Lobaria pulmonaria*. Почти везде вид характеризуется низкой численностью. Поэтому мероприятия по сохранению и восстановлению вида являются актуальными. Результаты лишенологических исследований на территории Пушкинского заповедника показали, что его естественные лесные экосистемы пригодны для проведения работ по реинтродукции лобарии легочной с использованием метода трансплантации. Для восстановления численности вида разработана и апробирована авторская методика трансплантации талломов лобарии легочной [4].

В 2008 году была проведена трансплантация *Lobaria pulmonaria* в Михайловских рощах Пушкинского заповедника (табл. 1). Талломы были доставлены из Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская обл.), который является крупнейшим резерватом вида в Европейской части России. Образцы для трансплантации были собраны с ветровальных деревьев. Лобария легочная является эпифитным лишайником и произрастает только на живых деревьях.

Таблица 1. Число деревьев и количество трансплантированных на них талломов *L. pulmonaria* (Михайловские рощи) в 2008 году

Древесная порода	Число деревьев	Число талломов
Осина	11	23
Липа	6	27
Дуб	1	2
Рябина	1	1
Всего	19	53

Для создания искусственных ценопопуляций *Lobaria pulmonaria* учитывали экологические и фитоценоотические требования вида. Перед трансплантацией были выбраны участки леса и породы деревьев пригодные для произрастания талломов. Учитывалось местоположение на стволе дерева, экспозиция и наличие других видов. Трансплантировано 53 таллома лобарии. За трансплантированными слоевищами ведется мониторинг. Наиболее пригодными для трансплантации являются лиственные породы деревьев, среди которых на липах и осинах отмечена высокая приживаемость талломов (80%). Кроме того, для талломов *Lobaria pulmonaria* характерен ежегодный прирост. Все это свидетельствует об удачном опыте выполненных реинтродукционных мероприятий и увеличении численности вида на территории Пушкинского заповедника и Псковской области в целом.

По запросу сотрудников Пушкинского заповедника в июле 2021 году была проведена

трансплантация талломов лобарии легочной с аварийной липы аллеи Керн № 706 (52) в новое местообитание на территории Михайловского парка. Перед трансплантацией на дереве были описаны все талломы лобарии и определено их жизненное состояние. На молодые липы Михайловского парка перенесено 95 слоевищ (табл. 2). За талломами будут проведены режимные наблюдения.

Таблица 2. Число деревьев и количество трансплантированных талломов *L. pulmonaria* (Михайловский парк) в 2021 г.

№ дерева	Диаметр, см	Количество талломов
1	25	21
2	23	25
3	26	31
4	28	18
Всего		95

Положительные итоги трансплантации талломов лобарии легочной позволяют использовать данный метод и в будущем, в том числе, в случае неизбежной утраты и выпадения старых деревьев, на которых произрастает данный вид в парках заповедника.

В настоящее время общая численность ценопопуляции *L. pulmonaria* на территории Пушкинского заповедника составляет более 500 талломов. Наличие редких и охраняемых видов позволяет рассматривать музей-заповедник как важный резерват для поддержания биоразнообразия лишайников региона.

Список литературы:

1. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М., 2008. 855 с.
2. Флинт В.Е. Стратегия сохранения редких видов в России: теория и практика. Москва: Московский зоопарк, 2004. 371 с.
3. Истомина Н.Б., Лихачева О.В. Лишайники «Государственного мемориального историко-литературного и природно-ландшафтного музея-заповедника А.С. Пушкина «Михайловское» (Псковская область)». Псков, 2010. 120 с.
4. Истомина Н.Б. Использование метода трансплантации для восстановления численности лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (Stictaceae) в Европейской части России // Флора лишайников России: состояние и перспективы исследований. Труды международного совещания, посвященного 120-летию со дня рождения В.П. Савича. СПб., 2006. С. 112–116.

УДК 574.2

СОСТАВ КОЛЛЕКЦИИ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВЯТГУ

И.А. Коновалова, М.Н. Скоробогатая
Вятский государственный университет, Киров, Россия

THE COMPOSITION OF THE COLLECTION OF RARE AND PROTECTED PLANT SPECIES OF THE BOTANICAL GARDEN OF VYATKA STATE UNIVERSITY

I.A. Konovalova, M.N. Skorobogataya
Vyatka State University, Kirov, Russia
s-dulcamara@yandex.ru

Аннотация. Коллекционный фонд редких и охраняемых растений развивается в ботаническом саду Вятского государственного университета на протяжении 18 лет. В связи с неустойчивостью некоторых видов в культуре и регулярным пополнением коллекции, ее состав менялся. На данный момент коллекционный фонд представлен 30 видами, включенными в Красную книгу Кировской области, 16 видами из списка Приложения 2 к Красной книге Кировской области и 24 видами из Красной книги РФ.

Ключевые слова: редкие и охраняемые виды, ботанический сад, коллекция растений, сохранение биоразнообразия.

Один из путей сохранения редких видов растений – их культивирование в ботанических садах. Именно эти структуры разрабатывают методологические подходы по сохранению растений *ex situ* и *in situ* путем разработки рекомендаций по их охране [1]. Выращивание редких и исчезающих видов растений в условиях культуры является одним из способов сохранения биологического разнообразия, частью стратегии ботанических садов всего мира, и в том числе России [2].

Ботанический сад Вятского государственного университета – один из старейших садов Северо-Востока европейской части страны. Он основан в 1912 г. и спустя десятилетие передан в систему органов народного образования. В настоящее время ботанический сад функционирует как научно-образовательный центр Института биологии и биотехнологии Вятского государственного университета.

Сад расположен в центре города Кирова и занимает площадь 1,7 га. Ежегодно на его территории проводятся работы по развитию и расширению коллекций, в том числе редких и уязвимых видов [3]. Мероприятия по выращиванию редких и охраняемых растений в ботаническом саду организованы с 2005 г. На тот момент в экспозиции сада было представлено 7 видов растений, охраняемых в Кировской области (*Paeonia anomala* L., *Lilium martagon* L., *Primula macrocalyx* Bunge, *Agrostemma githago* L., *Betonica officinalis* L., *Geranium sanguineum* L., *Thalictrum aquilegiifolium* L.). К 2009 г. коллекционный фонд составил 27 редких и уязвимых видов: 23 из Красной книги Кировской области и 4 вида из Приложения 2 к Красной книге Кировской области [4]. К 2013 г. коллекция была пополнена преимущественно степными травами, собранными на территории ООПТ «Медведский бор» Кировской области: *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Dianthus borbasii* Vandas, *Dianthus arenarius* L., *Centaurea sumensis* Kalen, *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb., *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht. [5]. На протяжении ряда лет коллекция редких и охраняемых растений ботанического сада развивалась, ежегодно проводились фенологические наблюдения.

В настоящее время коллекционный фонд насчитывает 30 видов из 18 семейств растений, включенных в Красную книгу Кировской области. Среди них три вида (*Adonis vernalis* L., *Delphinium cuneatum* Steven ex DC., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench) имеют I категорию охраны – виды, находящиеся под угрозой исчезновения. Растений, численность которых быстро сокращается (II категория), насчитывается пять: *Dianthus arenarius* L., *Stipa pennata* L., *Lilium martagon* L., *Paeonia anomala* L., *Cortusa matthioli* L. Основная доля коллекции (73 %) представлена редкими малочисленными видами (III категория): *Trifolium lupinaster* L., *Geranium sanguineum* L., *Gentiana pneumonanthe* L., *Nepeta pannonica* L., *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Laser trilobum* (L.) Borkh. ex G.Gaertn., *Eryngium planum* L., *Campanula bononiensis* L., *Anemone sylvestris* L., *Thalictrum aquilegiifolium* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Dactylorhiza maculate* (L.) Soó, *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Carex flava* L., *Primula macrocalyx* Bunge, *Prunus fruticosa* Pall., *Filipendula vulgaris* Moench, *Potentilla humifusa* Willd. ex Schldl., *Salvinia natans* (L.) All., *Eupatorium cannabinum* L., *Tanacetum corymbosum* (L.) Sch.Bip., *Serratula coronata* L.

Следует отметить, что наиболее устойчивыми в культуре, произрастающими на территории сада с 2005 г., являются: *P. anomala*, *L. martagon*, *P. macrocalyx*, *G. sanguineum*, *T. aquilegiifolium*. Акклиматизация некоторых растений, особенно степных (*P. patens*, *D. borbasii*, *C. sumensis*, *J. cyanoides*), происходит сложнее ввиду специфических экологических предпочтений видов. В настоящее время подбираются оптимальные условия для выращивания этих растений в культуре. Тем не менее с 2013 г. коллекция пополнилась на 8 видов, которые устойчивы в условиях интродукции: *D. arenarius*, *N. pannonica*, *C. bononiensis*, *D. cuneatum*, *D. maculate*, *G. conopsea*, *S. natans*, *H. arenarium*, *S. coronata*.

Из приложения 2 к Красной книге Кировской области в коллекции ботанического сада представлено 16 видов растений из 9 семейств. Среди них: *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Salvia verticillata* L., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench,

Betonica officinalis L., *Iris pseudacorus* L., *Iris sibirica* L., *Campanula sibirica* L., *Campanula latifolia* L., *Campanula trachelium* L., *Convallaria majalis* L., *Delphinium elatum* L., *Anemone nemorosa* L., *Atragene sibirica* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Spiraea media* Schmidt.

В соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 23.05.2023 г. № 320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу РФ», актуализированы списки культивируемых редких и охраняемых растений, включенных в Красную книгу РФ. Среди них 22 представителя цветковых растений (*Galanthus woronowii* Losinsk., *Aralia cordata* Thunb., *Crambe steveniana* Rupr., *Crambe cordifolia* Steven, *Campanula komarovii* Maleev, *Euonymus nanus* Bieb., *Rhodiola rosea* L., *Rhododendron schlippenbachii* Maxim., *Gentiana lagodechiana* (Kusn.) Grossh., *Hydrangea petiolaris* Siebold & Zucc., *Paeonia lactiflora* Pallas, *Paeonia mlokosewitschii* Lomakin, *Paeonia wittmanniana* Hartwiss ex Lindl., *Glaucium flavum* Crantz, *Papaver bracteatum* Lindl., *Globularia bisnagarica* L., *Globularia trichosantha* Juss., *Primula juliae* Kusn., *Pulsatilla vulgaris* Mill., *Alchemilla alpina* L., *Sanguisorba magnifica* I.Schischk. et Kom., *Ampelopsis japonica* (Thunb.) Makino) и два вида, принадлежащие к Gymnospermae (*Microbiota decussata* Kom., *Taxus baccata* L.).

Таким образом, актуализирован состав коллекции редких и охраняемых видов растений ботанического сада Вятского государственного университета, над развитием которой ведется дальнейшая работа.

Список литературы:

1. Мартынова Н.А., Тохтарь В.К., Жиликова Е.Т., Новиков О.О. Редкие растения юго-запада среднерусской возвышенности в коллекции ботанического сада НИУ «БелГУ» и возможности их применения // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. 2013. № 25 (168, Вып. 24/1. С. 93–99.
2. Глобальная стратегия сохранения растений. Текст на русском языке. BGCI: Richmond, U.K., 2002. 16 с.
3. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / под ред. О.Г. Барановой, Е.П. Лачохи, В.М. Рябова, В.Н. Сотникова, Е.М. Тарасовой, Л.Г. Целищевой. Киров, 2014. 336 с.
4. Зимирева Е.Н., Тарасова Е.М., Вострикова О.Н. Коллекция редких и исчезающих растений в ботаническом саду Вятского государственного гуманитарного университета // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 63–66.
5. Канина Л. Г., Вострикова О. Н. Коллекция редких и охраняемых растений в ботаническом саду Вятского государственного университета // Современная экология: образование, наука, практика. Материалы международной научно-практической конференции / под ред. В.И. Федотова, С.А. Куролапа. Т. 2. Воронеж: изд-во «Научная книга», 2017. С. 209–214.

УДК 581.5

ЧТО МЫ СОХРАНАЕМ И ВОССТАНАВЛИВАЕМ? ВЗГЛЯД ПАЛЕОЭКОЛОГА

М.Б. Носова

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

WHAT DO WE SAVE AND RESTORE? PALAEOECOLOGICAL POINT OF VIEW

M.B. Nosova

Main botanical garden RAS, Moscow, Russia

mashanosova@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены с палеоэкологической точки зрения варианты восстановления степной и лесостепной растительности на особо охраняемых территориях. Высказано предположение о том, что без учета изменений климата сохранение существующих степных участков и восстановление новых будет требовать все больше ресурсов.

Ключевые слова: голоцен, лесостепь, реставрация, палеоэкология.

Идея о реставрации экосистем возникла вслед за земельным кризисом конца 19 в., когда земли степной и лесостепной зон Европейской России оказались перенаселены и выпажаны. О

необходимости заповедания и реставрации степей говорил еще В.В. Докучаев в 1892 году [1]. После освоения целины в середине 20 в. стало очевидно, что последствия коренных преобразований могут быть катастрофичны, а степь и лесостепь в результате неразумного подхода к природопользованию трансформированы человеком настолько сильно, что коренные биогеоценозы, которые подвергались трансформации, сохранились лишь на небольших участках.

Экстенсивное сохранение ненарушенных участков степей и ожидание их самопроизвольного восстановления на залежах, часто не приводят к ожидаемым результатам. Следует понимать, что восстановление утраченного ландшафта – это не прямое наследование, а реконструкция состояния, существовавшего в какой-то период времени. И дальше следует важный вопрос – в какой период? И насколько современные условия позволяют создать самовоспроизводящуюся систему?

Палеоэкологические данные, полученные с использованием комплекса методов, показывают, что в течение голоцена несколько раз под действием изменений климата происходили значительные трансформации растительного покрова на глобальном уровне [2,3]. Антропогенная трансформация растительного покрова происходила поступательно, например, в пределах юга лесной зоны Восточной Европы таковых периодов от 4 до 5 [4], но значимо изменили облик ландшафта последние два (1000 л.н. и 400 л.н.).

В настоящее время происходит быстрое потепление климата [5], что будет неизбежно отражаться на устойчивости экосистем. Степные и лесостепные экосистемы относятся к наименее устойчивым, а их охрана и восстановление требуют более сложного подхода, чем строгий заповедный режим, поэтому стоит рассмотреть лесостепной экотон ретроспективно.

Динамику северной границы лесостепного экотона с зоной широколиственных лесов на примере Среднерусской возвышенности изучали Л.В. Шумиловских с соавторами [6]. Они заключили, что структура лесостепного экотона чувствительна к климатическим изменениям, и накануне превращения его в агро-пасторальные степи, положение северной границы значительно отличалось от современного, что очень важно при планировании проектов по восстановлению растительности и ландшафтов. В теплый период (7000-4500 л.н.) граница проходила на 50-70 км северо-западнее современной, после 4500 л.н. она продвинулась на 100-130 км на юго-восток. И начиная с 2000 л.н., землепользование по всей лесостепи в некоторые периоды влияло на облик ландшафта сильнее, чем климат. Климат имел тенденцию к дальнейшему похолоданию, то есть способствовал бы продвижению лесов дальше на юго-восток, но антропогенное воздействие поступательно сдвигало границу леса в обратном направлении.

В пределах Приволжской возвышенности смены растительности в голоцене изучала Н.В. Благовещенская [7], которая показала, насколько разного облика ландшафты существовали в разное время на этой территории. Ландшафт на юге ее менялся в следующем порядке: степной (10300–7500 л.н.); лесостепной с преобладанием лесов (7500–3200 л.н.); лесостепной с преобладанием степей и степной – (3200–0 л.н.); с 2500 л.н. – значимое воздействие антропогенного фактора. На северо-западе Приволжской возвышенности картина иная [8]: сосново-березовая фаза в развитии лесов – 8000–6000 л.н.; время появления и расцвета зонального комплекса широколиственных видов – 6000–4500 л.н., начало антропогенных изменений растительности – около 3000 л.н.

Все авторы сходятся во мнении, что значительная антропогенная трансформация лесостепи началась в бронзовом или раннем железном веке, а современный облик лесостепного экотона сформировался 300-400 лет назад, когда: а) исчезла угроза из Великой степи; 2) были преодолены последствия Смутного времени, вследствие чего увеличилось население и площадь распахки [9].

Рассмотрим вопрос выбора критериев и путей для реконструкции естественной растительности на наиболее дискуссионном примере – лесостепном экотоне. В двух наиболее современных картографических источниках лесостепь входит в состав разных биомов: на карте DMEER (Digital Map of European Ecological Regions - <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/dmeer-digital-map-of-european-ecological-regions>) она относится к восточно-европейской лесостепи (Eastern European forest-steppe), а на карте «Биомы России» [10] – к «неморальному широколиственному и лесостепному биому» (Nemoral broad-leaf and forest-steppe).

biome). То есть, согласно разным точкам зрения, это либо самостоятельный биом, либо производный от широколиственных лесов на их южной границе, либо – от степи на северной. Как правило, работы по восстановлению растительности ориентированы на степные участки, как наиболее угрожаемые фитоценозы, однако лесостепь представляет собой комплекс фитоценозов с подвижными границами и это следует учитывать при планировании охраны и восстановления.

Девственные участки восточноевропейских степей исчезли еще в 18 в. [11], и после попыток в 20 в. охранять степные участки путем запрета хозяйственной деятельности, стало очевидным, что для стабильного существования степной растительности необходимо постоянное воздействие на нее фитофагов, либо сенокосения. Многие лесостепные особо охраняемые территории в настоящее время имеют в своем составе некосимые, косимые и выпасаемые залежные участки, например, заказник Каменная Степь [1] и Центрально-Черноземный заповедник [12]. В противном случае происходит закустаривание, зарастание бурьяном и внедрение древесных видов на бывшие степные участки. Таким образом, находясь в режиме особой охраны, естественные и близкие к естественным луговые степи теряют свои ландшафтные функции и биоразнообразие, и требуют приложения усилий для поддержания стабильного состояния.

С другой стороны, есть примеры комплексного подхода к реконструкции лесостепного ландшафта на залежных землях, как, например, работы в Музее-заповеднике «Куликово поле», начатые В.И. Даниловым [13] с опорой на методы Д.С. Дзыбова [14]. Реконструкция предшествовала работа по локализации палеоэкологическими методами расположения степных и лесных участков в пределах территории [15]. Помимо серии степных опытных участков с использованием разных методов восстановления, в работы по реставрации ландшафтов были включено восстановление лесных участков. Такой подход также требует усилий по поддержанию степных участков, но учитывает особенности лесостепного экотона, что очевидно имеет смысл в случае Куликова Поля как природно-исторического музея-заповедника.

Возможным третьим подходом к охране и реставрации лесостепных территорий в условиях меняющегося климата является создание или сохранение особо охраняемых участков на площадях, достаточных для самопроизвольного восстановления и существования степных и лесостепных биогеоценозов. При этом следует учитывать, что в долговременной перспективе изменения климата приведут к движению границ природных зон и трансформации ландшафтов. Возможно на этот процесс следует смотреть с точки зрения натуроцентризма, предоставляя ландшафтам возможность изменяться вслед за внешними факторами в условиях бережного отношения к существующим резерватам и расширении количества и площадей охраняемых территорий.

Источники финансирования работы:

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», № госрегистрации 122042700002-6.

Список литературы:

1. Тишков А.А. Экологическая реставрация нарушенных степных экосистем // Вопросы степеведения. 2000. Т. 2. С. 47–61.
2. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. №. 2. С. 5–20.
3. Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 224 с.
4. Ершова Е.Г., Кренке Н.А., Носова М.Б. История развития производящего хозяйства в Московском и сопредельных регионах: обзор палеоботанических и археологических данных (к 50-летию книги Ю.А. Краснова “Раннее земледелие и животноводство в лесной полосе Восточной Европы”. М.: Наука, 1971) // Российская археология. 2022. № 2. С. 7–19.
5. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.
6. Shumilovskikh L.S., Novenko E., Giesecke T. Long term dynamics of the East European forest-steppe ecotone // Journal of Vegetation Science. 2018. V. 29, №. 3. P. 416–426.
7. Благовещенская Н.В. Взаимоотношения леса и степи на юге Приволжской возвышенности в голоцене // Экология. 2020. №. 1. С. 36–42.
8. Благовещенская Н.В., Исаев И.Е. Эволюция растительного покрова северо-запада Приволжской возвышенности в

- голоцене // Экология. 2018. № 2. С. 83–91.
9. Носова М.Б., Волкова Е.М., Столяров Е.В. Трансформация растительности в зоне широколиственных лесов в течение 4000 лет по палинологическим данным болота "Быковка" (Тульская область) // Бюлл. МОИП. Отд. Биологический. 2021. Т. 126, № 1. С. 27–39.
 10. Ogureeva G.N., Leonova N.B., Emelyanova L.G., Buldakova E.V., Kadetov N.G., Arkhipova M.V.,...& Ignatov M.S. A Map "Biomes of Russia," Scale 1: 7500000. Moscow: Fin //Org. Konsalting. 2015.
 11. Кириков С.В. Человек и природа Восточноевропейской лесостепи в X нач. XIX в. М.: Наука, 1979. 184 с.
 12. Филатова Т.Д. Восстановительная динамика восточноевропейских луговых степей (на примере Центрально-Черноземного биосферного заповедника им. проф. В. В. Алексина) : Дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.23. Москва, 2005. 157 с.
 13. Данилов В.И., Бурова О.В. Попыты по восстановлению степной растительности на Куликовом поле // Степной бюллетень. 2006. № 20. С. 34–37.
 14. Дзыбов Д.С. Метод агростепей. Ускоренное восстановление природной растительности. Саратов, Научная книга, 2001. 40 с.
 15. Гласко М.П., Гольева А.А., Сычева С.А., Бурова О.В. Ландшафты Донского побоища: возвращение утраченного // Куликово поле и Донское побоище 1380 года. Труды ГИМ. 2005. № 150. С. 227.

УДК 581.9 (470.44)

**ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОЦЕНОЗОВ С УЧАСТИЕМ *EPHEDRA DISTACHYA* L.
НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ХВАЛЫНСКИЙ»**

Е.А. Ньющенко¹, В.В. Соляников¹, Т.М. Лысенко^{2,3,4}

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

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

³Институт экологии Волжского бассейна – филиал Самарского научного центра РАН,
Тольятти, Россия

⁴Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия

**CHARACTERISTICS OF PHYTOCENOSES WITH THE PARTICIPATION OF *EPHEDRA*
DIACHYA L. ON THE TERRITORY OF THE KHALYNSKY NATIONAL PARK**

E.A. Nyushchenko¹, V.V. Solyannikov¹, T.M. Lysenko^{2,3,4}

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Komarov Botanical Institute RAS, Saint-Peterburg, Russia

³Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS - Branch of the Samara Scientific Center RAS,
Togliatti, Russia

⁴Tobolsk complex scientific station Ural Branch of the RAS, Tobolsk, Russia
lacrimas.777@mail.ru

Аннотация. Исследованы сообщества с участием *Ephedra distachya* L. на территории Национального парка «Хвалынский», расположенного в Саратовской области. Изучены особенности флористического состава и структуры данных сообществ.

Ключевые слова: растительные сообщества, *Ephedra distachya* L., Национальный парк «Хвалынский», Саратовская область.

Национальный парк «Хвалынский» располагается на Приволжской возвышенности в пределах Саратовской области. Одной из главных его особенностей является уникальное физико-географическое положение. Парк расположен на пересечении двух ботанико-географических зон – лесостепи и степи. Значительную площадь территории парка занимают меловые склоны. На обнажениях мела и мергелей развиваются экотонные растительные сообщества, отличающиеся от зональной растительности. Одним из диагностических видов петрофитных степей является *Ephedra* [1].

Эфедрa двухколосковая (*Ephedra distachya* L.) представляет собой вечнозеленый ксерофитный кустарничек, произрастающий как в лесостепных, так и в аридных зонах Евразии,

отдавая предпочтения меловым отложениям, нижним поясам гор и песчаным массивам [2]. Данный вид был занесен во второе издание Красной книги Саратовской области [3]. В настоящее время эфедра внесена в Приложение 3 «Аннотированный перечень таксонов и популяций грибов, лишайников и растений, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде» Красной книги Саратовской области (2021 г.) [4].

Фитоценозы с участием эфедры двухколосковой на территории Национального парка «Хвалынский» представляют собой важный объект изучения в области экологии петрофитов. Кроме того, на территории Национального парка «Хвалынский» ранее отмечались сообщества охраняемого вида – *Hedysarum grandiflorum* с участием эфедры [1].

В данной работе проводятся комплексные исследования степных фитоценозов с участием *E. distachya* в Саратовской области. Основной целью является изучение структуры и динамики экотонных сообществ эфедры и оценка их экологического состояния.

Комплексные полевые исследования проводились в июле 2017 г. Для нахождения эфедры и сообществ с ее участием были исследованы подходящие для нее местообитания с учетом разнообразия экологических особенностей и геологического строения, рельефа, почв, растительности и флоры. Районом исследования послужили меловые склоны Национального парка «Хвалынский». Для характеристики фитоценозов использовались стандартные методики с заложением учетных площадей 100 м², названия ассоциаций даны в соответствии с доминантно-детерминантным подходом к классификации растительности [5, 6]. Проективное покрытие видов сосудистых растений оценено в процентах. Названия видов сосудистых растений в статье даны в соответствии со сводкой С. К. Черепанова [7]. Для сравнения видового состава фитоценозов районов исследования использовался коэффициент общности Жаккара.

В Национальном парке «Хвалынский» были описаны сообщества трех ассоциаций: *Festuca valesiaca* + *Salvia nutans*; *Hedysarum grandiflorum* + *Onosma simplicissima* + *Scabiosa isetensis*; *Festuca valesiaca*.

Общее проективное покрытие травостоя (ОПП) шалфейно-типчакового фитоценоза составляет 80%. В его составе отмечено 38 видов. В верхнем подъярусе доминирует *Festuca valesiaca*, ее проективное покрытие достигает 25%. Содоминантом является *Salvia nutans*, с проективным покрытием 16%. Среди сопутствующих видов наибольшая роль принадлежит *Hedysarum grandiflorum* и *Thymus cimicinus*. В вертикальной структуре фитоценоза можно выделить 3 подъяруса. Первый, высотой 110 см, образован такими видами, как *Salvia nutans*, *Bromopsis riparia*. Во втором подъярусе, высота которого 70 см, такие виды, как *Koeleria cristata*, *Echinops ruthenicus* и другие. Высота третьего подъяруса до 20 см. В его составе отмечены *Astragalus testiculatus*, *Thymus cimicinus*, *Onosma simplicissima*.

ОПП оносмово-копеечниково-скабиозного фитоценоза 50%. В составе сообщества отмечено 23 видов растений. Доминирует *Onosma simplicissima*, содоминантами являются *Hedysarum grandiflorum* и *Thymus cimicinus*, на их долю приходится 35 и по 15% проективного покрытия, соответственно. Среди сопутствующих видов наибольшая роль принадлежит *Centaurea marschalliana*. В вертикальной структуре сообщества можно выделить 3 подъяруса. Первый, высотой 60 см, образован такими видами, как *Stipa capillata*, *Bromopsis riparia*. Во втором подъярусе – *Erysimum canescens*, *Allium globosum* и др. Его высота 40 см. В третьем подъярусе, высотой 10 см, отмечены *Alyssum lenense*, *Centaurea marschalliana* и др.

ОПП типчакового фитоценоза составляет 80%. В составе сообщества отмечено 30 видов растений. Доминирует *Festuca valesiaca*, содоминантом является *Centaurea marschalliana*, на их долю приходится 35 и 10% проективного покрытия, соответственно. Среди сопутствующих видов наибольшая роль принадлежит *Hedysarum grandiflorum* и *Koeleria sclerophylla*. В вертикальной структуре сообщества можно выделить 3 подъяруса. Первый, высотой 80 см, образован такими видами, как *Bromopsis riparia*, *Gypsophila altissima* и др. Во втором подъярусе, высота которого 60 см, такие виды, как *Erysimum canescens*, *Echinops ruthenicus* и др. В третьем подъярусе, высотой 10-30 см, отмечены *Iris pumila*, *Ephedra distachya* и др.

Сообщества с участием *E. distachya* характеризуются невысоким проективным покрытием (в среднем до 2%), приуроченностью к меловым склонам преимущественно южных экспозиций с

небольшим уклоном (до 15°). ОПП во всех фитоценозах довольно велико (50-80%).

В составе сообществ с участием эфедры двухколосковой было отмечено 55 видов высших растений. При сравнении флор изученных сообществ с помощью коэффициента Жаккара, оказалось, что они соотносятся между собой на уровне малого сходства.

В составе изученной флоры отмечены растения, относящиеся к 19 семействам. Ведущими семействами являются Asteraceae (10 видов), Poaceae (8 видов), Fabaceae (6 видов), что соответствует распределению, характерному для степной зоны.

В изученных фитоценозах 8 видов занесены в Красную книгу Саратовской области (2021 г.) – *Alyssum lenense*, *Centaurea carbonata*, *Globularia punctata*, *Hedysarum grandiflorum*, *Iris pumila*, *Koeleria sclerophylla*, *Polygala sibirica*, *Thymus cimicinus*; из них 5 в Красную книгу Российской Федерации (2008 г.) – *Globularia punctata*, *Hedysarum grandiflorum*, *Iris pumila*, *Koeleria sclerophylla*, *Thymus cimicinus*.

Таким образом, в составе растительности Национального парка «Хвалынский» были описаны сообщества с участием эфедры двухколосковой, относящиеся к трем ассоциациям: шалфейно-типчаковой, оносмово-копеечниково-скабиозной и типчаковой. При определении сходства флористического состава изученных фитоценозов с помощью коэффициента Жаккара было установлено, что они характеризуются низкой степенью однородности.

Благодарности:

Авторы благодарят руководство ФГБУ Национального парка «Хвалынский» и лично директора В. А. Савинова за возможность проведения исследований.

Источники финансирования работы:

Исследования выполнены в рамках госзаданий БИН РАН и при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-04-00747а.

Список литературы:

1. Лаврентьев М.В. Ботанико-экологическая характеристика *Hedysarum grandiflorum* Pall. и фитоценозов с его участием в Национальном парке «Хвалынский»: научная монография / под ред. В.А. Болдырева, В.А. Савинова. Саратов: Амирит, 2022. 117 с.
2. Флора СССР / под ред. В.Л. Комарова, Б.К. Шишкина, Е.Г. Боброва. М.: Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. Т. 26. 919 с.
3. Красная книга Саратовской области: грибы, лишайники, растения, животные (2-е изд.). Саратов: Изд-во Торгово-промышленной палаты Саратовской области, 2006. 526 с.
4. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные / Министерство природных ресурсов и экологии в области. Саратов: Папирус, 2021. 496 с.
5. Корчагин А.А. Строение растительных сообществ. В 5 т. Т. 5 / Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1976. 320 с.
6. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. 488 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
8. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова / Гл. редколл. Ю.П. Трутнев и др.; сост. Р.П. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

СОЗДАНИЕ ИТ- ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСОБО-ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Д.А. Фролов, С.П. Борисова

Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова,
Ульяновск, Россия

CREATION OF AN IT TOOL FOR ASSESSING A SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA

D.A. Frolov, S.P. Borisova

Ulyanovsk State University of Education, Ulyanovsk, Russia
frolka-daniil@yandex.ru

Аннотация. В данной статье предложен и разработан ИТ-инструмент, который позволит автоматизировать оценку ООПТ как существующих, так и перспективных, по заранее выбранным критериям, предназначенным для оценки особо-охраняемых природных территорий. Полученный ИТ-инструмент будет рекомендован профильным министерствам.

Ключевые слова: особо-охраняемые природные территории, редкие и охраняемые виды растений, сверточная нейронная сеть, экологический паспорт.

Охрана природы является необходимым условием рационального использования растительных и животных ресурсов, особенно, когда хозяйственная деятельность человека связана с интенсивным их использованием. В этой связи важнейшее значение имеет конкретная работа по обеспечению научно обоснованного режима природопользования территорий, на которых находятся нуждающихся в охране виды растений и животных, а также создание природоохранных документов, содержащих наиболее исчерпывающую информацию о таких таксонах и обеспечивающих реальное выполнение рекомендаций специалистов по охране редких и исчезающих групп. Зачастую, помимо подготовки соответствующих природоохранных документов, специалистам-исследователям необходим простой и понятный инструмент для оценивания текущего состояния ООПТ и обоснования её перспективности в дальнейшем. Объективно, существенную помощь при первоначальной оценке ООПТ может принадлежать информационным и геоинформационным технологиям, которые используя программируемый интерфейс и комплексный анализ данных ландшафтно-спутникового зондирования помогут ускорить процесс оценивания той или иной территории. Современные подходы к оценкам раритетных территорий основаны на операциях с достаточно большими объемами данных и требует соответствующей квалификации со стороны исследователя. Конечным продуктом таких исследований является подготовка документа – паспорта особоохраняемой природной территории. Нами предложен и разработан ИТ-инструмент, который позволит автоматизировать оценку ООПТ на примере работы с растительным миром [6-8, 11, 12].

Исходными данными для работы послужили результаты многолетних флористических исследований, конспекты и базы данных по флорам бассейнов рек Свияги и Инзы, разработанные критерии оценивания ООПТ и реализованные программные алгоритмы для их расчета; подготовленная информационная среда для оценивания [2, 8, 9]

В настоящее время по данным Росстата суммарная площадь ООПТ в Ульяновской области составила 274 845, 7 га, что составляет 7,3% от общей площади. В сравнительной динамике регион занимает 7 место из 14 субъектов Приволжского Федерального Округа и 61 место среди субъектов Российской Федерации, что является довольно неплохим показателем с учётом площади региона [1, 4-6, 13, 14]. Однако, следует признать, что несмотря на положительную динамику в выявлении перспективных природных территорий необходимо в дальнейшем продолжить работу по выявлении объектов, представляющих интерес и способствующих укреплению «изумрудной» сети ООПТ Ульяновской области. В том числе, должны проводиться работы по оформлению и мониторингу экологических паспортов ООПТ.

Существующие методики по оценке природоохранной ценности, значимости и эффективности ООПТ, в частности, предлагаемые Всемирным фондом дикой природы (World Wide Fund for Nature, WWF) – достаточно трудоёмки, требуют операций со значительными объемами данных и рекомендованы к применению для крупных профильных природоохранных ведомств, поэтому нами создан и предложен ИТ инструмент, позволяющий упростить учет природоохраняемых территорий (ООПТ) и процесс создания их экологического паспорта.

В качестве методики для оценки существующих и выделения перспективных ООПТ предлагается методика фитосозологической оценки памятников природы. Она основана на баллировании важнейших параметров функционирования охраняемого природного объекта [3, 12].

Данный метод позволяет получить качественную информацию по степени изученности охраняемой территории, демонстрационному (эталонному значению), соответствию площади охраняемой территории поставленным природоохранным задачам, оценить антропоустойчивость, видовое и ценозное разнообразие, степень трансформированности и восстановительный потенциал охраняемого комплекса, что являются экологическими характеристиками и необходимыми элементами экологического мониторинга.

Каждый памятник природы получает определенную сумму баллов, составляя рейтинг в диапазоне от 0 до 180 баллов. Разработанная модель данных, необходимая для работы с предлагаемой методикой, представлена ниже. Пока же рассмотрим построение лингвистической шкалы для вербализации оценки территории. Так как у разных экспертов может быть разная смысловая интерпретация полученного рейтинга для ООПТ, то была разработана шкала для вербализации оценки с использованием методов нечеткой логики. Необходимость применения нечеткой логики в данном случае обуславливается тем, что в данном случае можно отразить степень уверенности эксперта, а, следовательно, улучшить решение задачи агрегации данных, полученных от нескольких экспертов. Понятия шкалы представлены нечеткими метками с настраиваемыми параметрами функций принадлежности.

Формально нечеткая метка описывается набором

$$\langle \tilde{X}, X, P \rangle,$$

где X – универсальное множество объектов x (в нашем случае балльные оценки от 0 до 180).

$\tilde{X}$ – базовое терм-множество, образующее совокупность термов лингвистической переменной.

P – семантические правила, контекстно-зависимый способ вычисления смысла на основе функций принадлежности каждого термина из универсального множества базовому терм-множеству. В нашем случае все функции принадлежности трапециевидные.

Функция принадлежности для трапециевидной функции рассчитывается следующим образом:

$$f(x) = \begin{cases} 1 - \frac{(a-x)}{(a-a_1)}, & a_1 \leq x \leq a \\ 1 - \frac{(x-b)}{(a_2-b)}, & b \leq x \leq a_2 \\ 1, & a \leq x \leq b \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

В среднем одно поле заполняется от 3-10 секунд. Следовательно, на весь ввод данных по ООПТ максимально требуется времени: $t = 2 * (10 * n * m + 10 * k)$, где n – количество характеристик у растений, m – количество растений в ООПТ, а k – количество характеристик ООПТ. Благодаря мобильному клиенту время сокращается в два раза – благодаря отсутствию необходимости дублирования ввода данных. А благодаря алгоритму синхронизации n становится равным 1. Таким образом, теоретическое время будет рассчитываться по формуле: $t = (10 * m + 10 * k)$.

В результате выполнения экспериментов было выполнено исследование по сравнению экспертных расчетов их вербализации с программными. Результат эксперимента показывает, что инструмент может быть настроен под конкретного эксперта, адекватно отражает его мнение и может быть использован

Список литературы:

1. Федеральный закон от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (с изменениями от 30.12.2001 г.) «Об особо охраняемых природных территориях».
2. Истомина Е.Ю., Силаева Т.Б. Конспект флоры бассейна реки Инзы: учебное пособие. Ульяновск: УлГПУ, 2013. 160 с.
3. Казанцев И.В., Саксонов С.В. Фитосоциологический памятников природы регионального значения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 4, Т. 1. С. 45–55.
4. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы): учебник / под ред. А.И. Щеповских. Казань: Идель-Пресс, 2006. 832 с.: ил.
5. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Т.И. Варлыгина, Р.В. Камелин, К.В. Киселева и др. М., 2008.
6. Красная книга Ульяновской области: учебник / под науч. ред. Е.А. Артемьевой, О.В. Бородина, М.А. Королькова, Н.С. Ракова. Ульяновск: Артишок, 2008. 508 с.: ил.
7. Кревер В.Г., Стишов М.С., Онуфреня И.А. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития: учебное пособие. М.: Орбис-пиктус, 2009. 458 с.
8. Павлов Д.С., Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г. Информационные системы и WEB-Порталы по разнообразию видов и экосистем: учебное пособие. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 261 с.
9. Стишов М.С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем: учебное пособие. М.: WWF России, 2012. 284 с.
10. Фролов Д.А., Масленников А.В. Конспект флоры бассейна реки Свияги: учебное пособие. Ульяновск: УлГПУ, 2010. 144 с.
11. Шестаков А.С. Охраняемые природные территории в России: правовое регулирование. Аналитический обзор федерального законодательства: учебное пособие. М.: КМК, 2003. 352 с.
12. Шмаков А.И., Смирнов С.В., Яковлев Р.В. Формирование баз данных по биоразнообразию - опыт, проблемы, решения: учебное пособие. Барнаул: АРТИКА, 2009. 284 с.
13. Шашков М.П., Иванова Н.В. Российские данные в глобальной информационной системе по биоразнообразию – GBIF // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: международная научно-практическая конференция. – Мурманск: Кольский научный центр Российской академии наук (Апатиты), 2017. С. 132–133.
14. Особо охраняемые природные территории Ульяновской области [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Ульяновск, 2022. Режим доступа: <http://www.mpr73.ru>. – Загл. с экрана.
15. Современная система ООПТ России [Электронный ресурс]. Электрон. дан. 2015. Режим доступа: http://www.wwf.ru/about/what_we_do/reserves/info/statistics. – Загл. с экрана.

УДК 57.0631 (574) (58.07)

**ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОЙ ФЛОРЫ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ХВАЛЫНСКИЙ»**

Г.Ф. Сулейманова^{1,2}, В.А. Болдырев¹

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

²Национальный парк «Хвалынский», Хвалынский, Россия

TAXONOMIC STRUCTURE OF MODERN FLORA OF KHALYNSKY NATIONAL PARK

G.F. Suleymanova^{1,2}, V.A. Boldyrev¹

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Khvalynsky National Park, Khvalynsk, Russia

suleymanovagf@mail.ru

Аннотация. В работе приводятся таксономический и хорологический анализы флорного разнообразия НП «Хвалынский». Выявлено 1009 видов сосудистых растений, из которых 65 – эндемики и 70 – реликты.

Ключевые слова: Национальный парк «Хвалынский», Саратовская область, сосудистые растения, эндемики, реликты.

Известно, что структуры таксономических параметров зависят от географического положения флоры [1, 2]. Сообразно предположению о сопряженности конкретной флоры и ландшафтного района систематическая композиция флоры НП «Хвалынский» соответствует флоре Волго-Терешкинского ландшафтного района южной лесостепи Приволжской Возвышенно-равнинной лесостепной провинции, а также Хоперско-Терсинского ландшафтного района северной степи Донской Низменно-равнинной лесостепной провинции. Согласно литературным данным и результатам наших исследований, флора НП «Хвалынский» насчитывает 1009 видов сосудистых растений [3–11]. В ходе исследований 2008–2022 гг. нами были обнаружены 44 вида сосудистых растений из 20 семейств, новых для изученной территории (таблица).

Таблица. Перечень видов сосудистых растений, новых для исследованной территории

Семейство	Виды
Alliaceae	<i>Allium tulipifolium</i>
Asparagaceae	<i>Asparagus polyphyllus</i>
Asteraceae	<i>Scorzonera tuberosa</i> , <i>Jurinea charcoviensis</i> , <i>Pyrethrum parthenium</i> , <i>Senecio erucifolius</i>
Betulaceae	<i>Betula krylovii</i>
Brassicaceae	<i>Diplotaxis muralis</i> , <i>Capsella orientalis</i>
Caryophyllaceae	<i>Dianthus pratensis</i> , <i>Gypsophila volgensis</i> , <i>Silene chersonensis</i> , <i>Oberna schottiana</i> , <i>Otites baschkirorum</i>
Fabaceae	<i>Chamaecytisus borysthenticus</i>
Hydrophyllaceae	<i>Phacelia tanacetifolia</i>
Lamiaceae	<i>Acinos villosus</i> , <i>Phlomoides desertorum</i> , <i>Thymus</i> × <i>tzvelevii</i>
Chenopodiaceae	<i>Salsola tamariscina</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia uralensis</i> , <i>E. stepposa</i>
Oleaceae	<i>Fraxinus lanceolata</i>
Oxalidaceae	<i>Xanthoxalis stricta</i>
Paoniaceae	<i>Paeonia biebersteiniana</i>
Poaceae	<i>Hordeum jubatum</i> , <i>Bromus wolgensis</i> , <i>Calamagrostis glomerata</i> , <i>Dactylis polygama</i> , <i>Festuca wolgensis</i> , <i>Koeleria spryginii</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Phragmites altissimus</i> , <i>Stipa borysthentica</i> , <i>S. dasyphylla</i>
Polygonaceae	<i>Rumex pseudonatronatus</i>
Primulaceae	<i>Glaux maritime</i>
Rosaceae	<i>Potentilla goldbachii</i> , <i>Potentilla heidenreichii</i>
Rubiaceae	<i>Galium affrenum</i> , <i>G. glabratum</i> , <i>G. tomentellum</i>
Scrophulariaceae	<i>Euphrasia stricta</i> , <i>Verbascum nigrum</i>

Из них *Stipa dasyphylla* имеет федеральный охранный статус [12], *Dianthus pratensis*, *Silene baschkirorum*, *Stipa dasyphylla* включены в Красную книгу Саратовской области [13]. Таким образом, флора НП «Хвалынский» состоит из 437 родов, 111 семейств и четырех отделов: Polypodiophyta – 10 видов (1%), Equisetophyta – 7 видов (0.7), Pinophyta – 4 вида (0.4%), Magnoliophyta – 981 вид (97.9%). Среди покрытосеменных численно преобладают двудольные – 778 видов (77.6%) из 345 родов и 80 семейств. Однодольные включают 223 вида (22.3%) из 80 родов и 21 семейства. По данным А.Г. Еленевского с соавторами [14] на территории саратовского региона обитает 1741 вид высших сосудистых растений. Более половины из них (58%) встречаются на территории НП «Хвалынский». Спектр флоры парка составляет 437 родов из 128 семейств, тогда как в Саратовской области зафиксировано 579 родов из 111 семейств.

Ведущее положение во флоре НП «Хвалынский» занимают семейства Asteraceae (15 видов), Poaceae (89), Fabaceae (58), Brassicaceae (53), Rosaceae (46), Caryophyllaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Chenopodiaceae и Ranunculaceae, которые насчитывают 57.3% от флоры НП «Хвалынский» и одновременно являются ведущими семействами во флоре Саратовской области [15]. Первые два семейства – Asteraceae и Poaceae содержат 235 видов (24% от исследованной флоры). Это объясняется пограничным зональным лесостепным положением территории НП «Хвалынский» и

наличием широкого спектра экотопов и экотонов в ней. Согласно типологии флор по сочетанию таксономических спектров А. П. Хохрякова [16] для исследованной территории характерен средиземноморско-центральноазиатский (As–Po–Fa) Fabaceae – тип флоры. По первому компоненту во второй триаде (Brassicaceae – Rosaceae – Caryophyllaceae) есть основание утверждать наличие влияния на флористический состав территории экстремального, арктическо-пустынного (Brassicaceae + Caryophyllaceae) и европейского (Rosaceae) компонентов. В целом, установленный семейственно-видовой спектр соответствует таксономическим структурам флор умеренных зон Палеарктики.

Видовая насыщенность семейств составляет 8.87 видов. Среднее число родов в семействе – 3.9. 33 семейства имеют по одному виду. Наибольшую видовую насыщенность имеют роды *Carex* (26 видов), *Astragalus* (18), *Artemisia* (16) и *Veronica* (16 видов). Таксономическая структура флоры отражает характер лесостепной зоны.

Аборигенная фракция флоры НП насчитывает 654 вида (62.27%), адвентивная – 348 видов (34.73%). Соотношение адвентивных и аборигенных видов составляет 1:2, что соответствует известным данным для урбанизированных территорий [17]. В связи с этим возникает острая необходимость проведения мониторинга «поведения» адвентивных видов в пределах природных экосистем НП «Хвалынский».

Флора НП «Хвалынский» в географическом отношении гетерогенна и представляет собой комплекс из 10 геоэлементов и 40 типов ареалов. Евразийский геоэлемент, включая в себя 282 вида (27.85%), является доминирующим. Важную роль в сложении флоры сыграли европейский – 138 видов (13.63%), голарктический и древнесредиземноморский – по 125 видов (по 12.39%) элементы флоры. Евросибирский (45 видов), восточноевропейский (27 видов), средиземноморский (44 вида) типы заметно дополняют спектр типов ареалов. Увеличение числа видов плюрирегионального элемента – следствие пополнения флоры эвритопными видами растений североамериканского происхождения, которые имеют широкое внетропическое распространение. Это: *Cystopteris fragilis*, *Pteridium aquilinum*, *Equisetum hyemale*, *E. ramosissimum*, *Elodea canadensis* и др. Европейский географический элемент: *Gladiolus imbricatus*, *Dactylorhiza maculata*, *Cephalanthera rubra*, *Alopecurus geniculatus*, *Bromopsis benekenii* и др. Американский геоэлемент составляют *Ribes aureum*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Epilobium ciliatum*, Кавказский – *Scorzonera taurica*, *Euphorbia stepposa*.

Для охраняемых видов господствующее положение видов евроазиатского, евросибирского, восточноевропейскозападноазиатского и восточноевропейского геоэлементов (37.5%), а также средиземноморского и древнесредиземноморского (18.2%) географических элементов определены географическими и историческими предпосылками. Территория хвалынского Приволжья, с одной стороны, находится в центре Восточной Европы, с другой – это часть восточной границы Приволжской возвышенности с древним рельефом. Евроазиатские элементы могли попасть на эту территорию по миграционным мостам плейстоцена, средиземноморские виды в эпоху оледенений нашли на этой территории рефугиум. Река Волга является географическим препятствием для «движения» видов, границей между территориями с разными экологическими условиями. Большинство видов сосудистых растений (83%) НП «Хвалынский» пребывают в пределах своих ареалов. На южной границе своего ареала находятся: *Aconitum septentrionale*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Helictotrichon schellianum*, *Gladiolus imbricatus*, *Orthilia secunda*; на восточной границе ареала: *Iris aphylla*, *Allium paczoskianum*, *Paeonia tenuifolia*, *Salvia nutans*. ЦП *Stipa dasyphylla* пребывают на юго-восточной, а *Leymus paboanus* – на западной границе ареала [14].

Группа эндемичных видов (65 видов, т. е. 6.4% от общего числа) выделена отдельно. Особого внимания заслуживают 14 локальных эндемичных вида, область распространения которых охватывает Приволжскую возвышенность, территорию Волжско-Донского бассейна, Заволжье до Урала. Среди них волжско-уральские эндемики (*Crambe litwinowii*, *Koeleria sclerophylla*, *Silene baschkirorum*); волго-донские эндемики (*Hyssopus cretaceus*, *Linum ucranicum*, *Asperula exasperata*); средневожские эндемики (*Potentilla vulgarica*, *Thymus cimicinus*, *Dianthus volgicus*, *Astragalus zingeri*, *Crataegus volgensis*); эндемики Нижнего Поволжья (*Gypsophila*

volgensis); эндемики Заволжья (*Astragalus wolgensis*, *Hedysarum razoumowianum* и др.). *Crambe litwinowii* и *Potentilla vulgarica* имеют классические местообитания на хвалынских горах и ранее указывались как хвалынские узколокальные эндемики [7, 14, 18, 19].

Флора НП «Хвалынский» насчитывает 15 миоценовых и плиоценовых, 23 плейстоценовых, 22 голоценовых реликтов. Независимо от возраста, большинство реликтовых видов ценотически приурочены к растительным сообществам сосновых лесов, скальных выходов, меловых обнажений мелового возраста. Согласно исследованиям Е.А. Козыревой [20] на территории НП «Хвалынский» обнаружены лишайники: *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale – климатический реликт флоры раннего-среднего миоцена, *Cladonia acuminata* (Ach.) Norrl., *C. decorticate* (Flörke) Spreng. – климатические реликты флоры раннего-среднего плиоцена, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf – климатический реликт флоры позднего плиоцена. Этот факт свидетельствует о древности местообитаний изучаемых видов сосудистых растений.

Источники финансирования работы:

Исследования выполнены согласно государственному заданию ФГБУ «Национальный парк «Хвалынский» № 051-00133-23-01 от 12.04.2023.

Список литературы:

1. Толмачёв А.И. Богатство флор как объект сравнительного изучения // Вестн. ЛГУ. 1970. № 9. С. 71–83.
2. Иванова А.В., Костина Н.В., Аристова М.А. Особенности таксономических спектров флор лесостепной части Самаро-Ульяновского Поволжья // Экосистемы. 2019. № 18, Т. 48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-taksonomicheskikh-spektrov-flor-lesostepnoy-chasti-samaro-ulyanovskogo-povolzhya> (дата обращения: 26.09.2023).
3. Гросс К.Ю. Гербарный каталог флоры Хвалынского уезда Саратовской губернии. Саратов, 1901–1927.
4. Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. Самара: изд-во «Самарский университет», 2001. 388 с.
5. Радыгина В.И. Кальцефильная флора Среднерусской и Приволжской возвышенностей и некоторые вопросы ее истории: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05. М., 2002. 48 с.
6. Саксонов С.В. и др. Экспедиция-конференция, посвященная памяти профессора В.В. Благовещенского // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2007. №3. С. 207–214.
7. Серова Л.А., Березуцкий М.А. Растения национального парка «Хвалынский» (Конспект флоры). Саратов: изд-во «Научная книга», 2008. 194 с.
8. Буланый Ю.И., Чеботарева О.В., Мулдашева Е.М. Дополнения к флоре Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, Вып. 2. С. 63–64.
9. Седова О.В. и др. Новые и редкие виды гидрофильной флоры Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, Вып. 1. С. 53–56.
10. Седова О.В., Старчиков А.А. Структура водной и прибрежно-водной растительности реки Терешки на территории НП «Хвалынский» // Степи Северной Евразии: материалы VIII Международн. симпозиума. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. С. 860–862.
11. Сухоруков А.П., Давиденко О.Н., Васюков В.М. Дополнения к флоре Саратовской области // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2016. № 1. С. 151–154.
12. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / под ред. Ю. П. Трутнева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
13. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Саратов: Папирус, 2021. 496 с.
14. Еленевский А.Г. и др. Конспект флоры Саратовской области. Саратов: Издательский центр «Наука», 2008. 232 с.
15. Буланый Ю.И. Флора Саратовской области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.01. М., 2010. 56 с.
16. Хохряков А.П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике // Бот. журн. 2000. Т. 85, № 5. С. 1–11.
17. Григорьевская А.Я. и др. Флора воронежского городского округа город Воронеж: биогеографический, ландшафтно-экологический, исторический аспекты // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2012. Т. 21, № 1. С. 5–158.
18. Васюков В. М. Эндемизм флоры Приволжской возвышенности // Флористические исследования в Средней России: Материалы VI научного совещания по флоре Средней России / под ред. В.С. Новикова, А.А. Нотова и А.В. Щербакова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 36–39.
19. Васюков В.М. и др. Эндемичные растения бассейна Волги // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2015. Т. 9, № 3. С. 27–44.
20. Козырева Е. А. Лишайники национального парка «Хвалынский». Саратов: Амирит, 2018. 76 с.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ, СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ

УДК 575.162

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРКИРОВАННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДЕТЕРМИНАЦИИ ПАРТЕНОГЕНЕЗА

Н.В. Апанасова, О.И. Юдакова

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

USING MARKED MAIZE LINES TO STUDY THE GENETIC DETERMINATION OF PARTHENOGENESIS

N.V. Apanasova, O.I. Yudakova

Saratov State University, Saratov, Russia
apanasova.natasha@mail.ru

Аннотация. От скрещивания линии кукурузы АТ 1 с наследственной предрасположенностью к партеногенезу с линией Тестер Мангельсдорфа (ТМ), маркированной рецессивными генами по всем 10 хромосомам, в результате многолетнего отбора получена серия линий АТТМ. Линии этой серии различаются по парам хромосом, унаследованных от ТМ. Анализ склонности этих линий к партеногенезу позволил определить хромосомы, в которых наиболее вероятно локализация генетических факторов, отвечающих за партеногенез.

Ключевые слова: гаплоиды, партеногенез, кукуруза, *Zea mays*.

Гаплоидные растения, возникающие в результате партеногенеза, представляют собой ценный исходный материал для гибридной селекции. Однако механизм генетической детерминации партеногенеза до сих пор не раскрыт, что ограничивает его использование в селекционно-генетических программах. Сложность изучения генетики партеногенеза состоит, прежде всего, в том, что у растений он происходит спорадически с крайне низкой частотой. На кафедре генетики Саратовского государственного университета были выведены линии кукурузы с наследуемым партеногенезом АТ 1 (Апомиктичная Тырнова 1) и АТ 3 (Апомиктичная Тырнова 3), изучение которых может способствовать пониманию генетических и цитоэмбриологических механизмов развития зародышей без оплодотворения.

Для определения локализации генетических факторов партеногенеза линию Тестер Мангельсдорфа (ТМ), маркированную рецессивными генами по всем 10 хромосомам, скрестили с линией АТ 1, которая характеризуется пурпурной окраской стебля, листьев, метелки и алейронового слоя эндосперма. Эта окраска обеспечивается комбинацией генов: A_1 (3 хромосома), A_2 (5 хромосома), B (2 хромосома), Pl (6 хромосома), R_1 (10 хромосома) и C_1 (9 хромосома). В первом поколении все гибридные растения были единообразны по пурпурной окраске побегов и семян. Полученные гибриды самоопылили и среди их потомков отобрали растения, гомозиготные по рецессивным маркерным генам, унаследованным от линии ТМ. Среди них оказались растения, гомозиготные по следующим генам: 1) коричневая средняя жилка листа – ген bm_2 (*brown midrib*), 1 хромосома; 2) безлигульные листья – ген lg_1 (*liguleless leaf*), 2 хромосома; 3) сахарный эндосперм – ген su_1 (*sugary endosperm*), 4 хромосома; 4) красный алейрон – ген pr_1 (*red allerone*), 5 хромосома; 5) белая окраска зерновок – ген y_1 (*yellow endosperm*), 6 хромосома; 6) глянцевые всходы – ген gl_1 (*glossy seedling*), 7 хромосома; 7) белая полосатость листьев – ген j_1 (*japonica*), 8 хромосома; 8) восковидный эндосперм – ген wx (*waxy endosperms*), 9

хромосома; 9) золотистая окраска листьев и стеблей – ген *gl* (*golden*), 10 хромосома.

Гибридные растения АТ 1 х ТМ характеризовались различной комбинацией маркерных генов. Посредством последующего самоопыления в течение десяти и более поколений от этих растений были получены чистые линии с разным количеством хромосом, унаследованных от партеногенетической линии АТ, и хромосом с маркерными генами, унаследованных от линии ТМ (таблица). Линиям было присвоено общее название АТТМ с указанием в круглых скобках рецессивных маркерных генов, представленных в генотипе растений в гомозиготном состоянии.

Таблица. Частота гаплоидии у линий кукурузы, различающихся количеством хромосом, унаследованных от Тестера Мангельсдорфа

№	Линия	Частота гаплоидии, %	Номер хромосомы, унаследованной от линии ТМ, с указанием маркерного рецессивного гена*									
			1 (<i>bm</i> ₂)	2 (<i>lg</i> ₁)	3 (<i>a</i> ₁)	4 (<i>su</i> ₁)	5 (<i>pr</i> ₁)	6 (<i>y</i> ₁)	7 (<i>gl</i> ₁)	8 (<i>ji</i>)	9 (<i>wx</i>)	10 (<i>g</i> ₁)
1	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>lg</i> ₁ , <i>pr</i> ₁ , <i>wx</i> , <i>y</i> ₁ , <i>gl</i> ₁)	1,88	+	+			+	+	+		+	
2	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>lg</i> ₂ , <i>y</i> ₁ , <i>wx</i>)	1,46	+	+				+			+	
3	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>lg</i> ₁ , <i>wx</i>)	1,36	+	+							+	
4	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>lg</i> ₁ , <i>y</i> ₁ , <i>wx</i>)	3,17	+	+				+			+	
5	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>lg</i> ₁ , <i>y</i> ₁)	0,94	+	+				+				
6	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>pr</i> ₁ , <i>y</i> ₁ , <i>g</i> ₁)	1,74	+				+	+				+
7	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>y</i> ₁ , <i>g</i> ₁) с В-типом ЦМС	7,92	+					+				+
8	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>y</i> ₁)	3,49	+					+				
9	АТТМ (<i>bm</i> ₂)	1,77	+									
10	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>pr</i> ₁ , <i>y</i> ₁ , <i>wx</i>)	2,04	+				+	+			+	
11	АТТМ (<i>lg</i> ₁ , <i>y</i> ₁)	0,45		+				+				
12	АТТМ (<i>lg</i> ₁ , <i>y</i> ₁ , <i>wx</i>)	0,36		+				+			+	
13	АТТМ (<i>su</i> ₁)	3,10				+						
14	АТТМ (<i>su</i> ₁ , <i>y</i> ₁)	2,33				+		+				
15	АТТМ (<i>bm</i> ₂ , <i>lg</i> ₁ , <i>y</i> ₁ , <i>ji</i>)	0,00	+	+				+		+		

Примечание: * плюсом отмечена хромосома, унаследованная от Тестера Мангельсдорфа.

Для подтверждения наличия в гомозиготном состоянии генов *a*₁ (*anthocyaninless*) и *pr*₁ (*red allerone*), которые сложно идентифицировать визуально, были проведены анализирующие скрещивания. Поскольку окраска растений – сложный полигенный признак, определить гомозиготность по гену *a*₁ можно, скрестив их с Коричневым Маркером, у которого ген *a*₁ находится в рецессивном состоянии, а остальные гены окраски (*B*, *Pl*, *R*) – в доминантном, что обуславливает коричневую окраску растения и белую окраску корешков. При скрещивании Коричневого Маркера с гомозиготами по доминантному аллелю *A*₁ гибриды имеют пурпурную окраску стебля. Во всех проведенных анализирующих скрещиваниях наблюдалось единообразие по наличию у растений пурпурной окраски. На основании этого был сделан вывод о том, что все полученные линии унаследовали третью хромосому с доминантной аллелью *A*₁ от линии АТ 1.

Для выявления гена *pr*₁ (*red allerone*), который изменяет пурпурную окраску алейрона на красную, были проведены скрещивания с линиями, гомозиготными по генам пурпурной окраски. Наличие у потомков красной окраски алейронового слоя эндосперма подтверждало гомозиготность тестируемых растений по гену *pr*₁.

Склонность к партеногенезу у полученных линий определяли по частоте встречаемости гаплоидов среди потомков, высаженных в поле. Частоту гаплоидии определяли в течение нескольких поколений. Гаплоиды выявляли с использованием морфометрического метода, а точное определение пloidности проводили цитогенетическим методом.

В потомстве всех линий, за исключением АТТМ (*bm*₂, *lg*₁, *y*₁, *ji*), регулярно встречались гаплоидные растения (таблица), что свидетельствует о наличии у них наследственной

расположенности к партеногенезу, унаследованной от линии АТ 1. При этом ни одна из склонных к партеногенезу линий не имеет в гомозиготном состоянии маркерные гены, расположенные в 3-ей и 8-ой хромосомах. Это свидетельствует о том, что данные хромосомы у них были унаследованы от партеногенетической линии АТ 1. Линия АТТМ (bm₂, lg₁, y₁, j₁), у которой в течение нескольких поколений не было обнаружено гаплоидов, также имеет третью хромосому от линии АТ 1. Однако гомозиготность по гену *j₁* указывает на наследование восьмой хромосомы от Тестера Мангельсдорфа.

Таким образом, проведенный анализ позволил идентифицировать восьмую хромосому, как наиболее вероятного кандидата для локализации гена или генов, обеспечивающих партеногенетическое развитие яйцеклеток. Учитывая возможный сложный характер генетической детерминации партеногенеза, третья хромосома также может участвовать в этом процессе.

УДК 581.1

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В ПОТОМСТВЕ МУТАНТА СОРГО, НЕСУЩЕГО ГЕНЕТИЧЕСКУЮ КОНСТРУКЦИЮ ДЛЯ РНК-САЙЛЕНСИНГА ГЕНА ГАММА-КАФИРИНА

Н.В. Борисенко, Л.А. Эльконин, С.Х. Сарсенова, В.М. Панин
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия

GENETIC VARIATION IN THE PROGENY OF THE SORGHUM MUTANT CARRYING A GENETIC CONSTRUCT FOR RNA SILENCING OF THE GAMMA-KAFIRIN GENE

N.V. Borisenko, L.A. Elkonin, S.Kh. Sarsenova, Panin V.M.
Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia
borisencko-n.v@yandex.ru

Аннотация. Исследовали генетическую изменчивость в потомстве мутанта зернового сорго, несущего генетическую конструкцию для РНК-сайленсинга гена γ -кафирина. Установлено, что введенная конструкция стабильно наследуется в поколениях Т₃ и Т₄, модифицируя текстуру эндосперма и улучшая перевариваемость белков зерна (до 81%, в сравнении с 52-59% у исходного сорта). Растения Т₃-Т₄ характеризуются сниженной высотой, укороченным подметельчатым междоузлием, сниженной массой 1000 зерен и массой зерна с метелки. Отобрана линия с высокой перевариваемостью белков (81%) и минимальным снижением селекционных признаков (на 5-7%).

Ключевые слова: трансгенные растения, РНК-интерференция, кафирины, перевариваемость белка *in vitro*, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Расширение генетического разнообразия исходного материала с использованием современных методов биотехнологии и синтетической биологии – необходимое условие создания новых сортов и гибридов возделываемых культур. К числу таких методов относится получение мутантов, несущих генетические конструкции для регуляции экспрессии генов растений на основе РНК-интерференции. Как известно, в основе механизма РНК-интерференции лежит деградация одноцепочечной мРНК в присутствии комплементарной ей короткой двуцепочечной РНК, что ведет к нарушению синтеза белка и замолчанию экспрессии соответствующего гена. Типичная конструкция для РНК-сайленсинга состоит из смысловой и антисмысловой последовательностей части мРНК гена-мишени в виде инвертированных повторов, которые разделены между собой интроном [1]. Особое значение технология РНК-интерференции имеет для сорго, поскольку с ее помощью можно создавать генотипы с подавленным синтезом гамма-кафирина, снижающего перевариваемость и питательную ценность зерна сорго [2, 3].

Нами ранее у сорта зернового сорго Аванс, посредством агробактериальной трансформации, путем использования штамма, несущего вектор pNRKAFSIL с генетической конструкцией для

РНК-сайленсинга гена γ -кафирина (*gKAF1*), получен мутант с улучшенной перевариваемостью белков зерна (до 93%, тогда как у исходного сорта этот показатель составлял 57%) и мучнистым типом эндосперма [4]. Введенная генетическая конструкция состояла из фрагментов гена *gKAF1* в прямой и инвертированной ориентации, которые разделены последовательностью *ubi1*-интрона кукурузы под контролем 35S-промотора; кроме того, в состав Т-ДНК вектора pNRKAFSIL входил маркерный ген *bar* под контролем *pos*-промотора. Целью данной работы являлось изучение стабильности наследования введенной генетической конструкции в поколениях T_2 - T_4 , а также проявления важнейших селекционно-ценных признаков у потомства полученного мутанта, включая перевариваемость белков муки пепсином в системе *in vitro*.

ПЦР-анализ растений из поколений T_2 - T_4 с праймерами к *ubi*-интрону, разделяющему инвертированные фрагменты гена *gKAF1* в векторе pNRKAFSIL, а также к *pos*-промотору, управляющему экспрессией гена *bar*, показал стабильность наследования генетической конструкции. Все 25 проанализированных растений из поколений T_2 - T_4 из потомства растения T_1 №1-3 и 19 растений из поколений T_2 и T_3 из потомства растения T_1 №190-4 были ПЦР-положительными по обоим исследованным локусам. В семьях T_2 – потомствах растений T_1 №190-1 и №190-2 – наблюдалось расщепление, и присутствовали ПЦР-отрицательные по обоим локусам растения.

ПЦР-анализ гибридов растений T_1 с ЦМС-линиями показал возможность передачи введенной генетической конструкции через пыльцу. Примечательно, среди гибридов F_1 с ЦМС-линией А2 КВВ-114 было обнаружено одно растение, ПЦР-положительное по *pos*-промотору, но ПЦР-отрицательное по *ubi1*-интрону. Аналогичный случай был обнаружен нами ранее среди растений T_1 [4]. Данные факты свидетельствуют, что в некоторых случаях может иметь место нарушение целостности интегрированной Т-ДНК и элиминация генетической конструкции для сайленсинга. Значительное преобладание ПЦР-положительных растений в T_2 , а также среди гибридов F_1 , свидетельствовало в пользу наличия нескольких несцепленных копий генетической конструкции у растений T_1 .

Анализ текстуры эндосперма в зерновках растений из разных поколений показал сохранение модифицированного типа эндосперма (мучнистого или с вкраплениями стекловидного), присущего зерновкам исходного мутанта, вплоть до поколения T_4 . На метелках растений T_1 и T_2 вследствие их гетерозиготности наблюдалось расщепление 3:1 или 15:1 (модифицированный тип эндосперма: обычный стекловидный эндосперм), которое указывало на наличие одной или двух копий генетической конструкции. В поколениях T_3 и T_4 выщепления зерновок со стекловидным эндоспермом не наблюдалось, что свидетельствовало о гомозиготизации введенной генетической конструкции. Примечательно, во многих зерновках присутствовал комбинированный тип эндосперма, при котором в мучнистом эндосперме наблюдалось вкрапление секторов стекловидного эндосперма, либо стекловидный эндосперм формировался в виде тонкого, нередко «размытого», периферийного слоя. Подобные «комбинированные» типы эндосперма были описаны ранее в других работах по введению генетических конструкций для сайленсинга кафиринов, а также у рекомбинантных линий, полученных путем гибридизации мутанта Р721Q, характеризовавшегося высокой перевариваемостью кафиринов и мучнистым типом эндосперма, с обычными линиями сорго с низкой перевариваемостью кафиринов и стекловидным типом эндосперма [5]. Учитывая, что мучнистый тип эндосперма сопровождается рядом негативных агрономических признаков, линии, сочетающие такие комбинированные типы эндосперма и улучшенную перевариваемость, имеют более высокую селекционную ценность.

Оценка перевариваемости белков муки, полученной из цельно-смолотых зерновок, завязавшихся на растениях T_2 и T_3 , показала наследование высокого уровня перевариваемости (до 81%, в сравнении с 52-59% у исходного сорта), хотя показатели у большинства растений T_2 и T_3 были несколько ниже значений этого признака в T_1 . Зерновки с мучнистым типом эндосперма и с эндоспермом, содержащим вкрапления стекловидного эндосперма, имели одинаковый уровень перевариваемости. В то же время, зерновки со стекловидным типом эндосперма имели более низкую перевариваемость, по сравнению с зерновками с мутантным типом эндосперма

(мучнистым или с вкраплениями стекловидного). Гибриды F₁ с растениями T₂ также имели высокий уровень перевариваемости (до 75%).

При выращивании растений T₁ в полевых условиях было обнаружено, что эти растения отличаются сниженной высотой по сравнению с исходным сортом Аванс: 82.3±1.7 см и 100.8±3.4 см, соответственно ($p<0.01$). Эти различия сохранились у растений поколения T₂: 81.5-91.6 см, в среднем, для разных семей T₂, в сравнении со 104.1 см у исходного сорта ($p<0.05$). В этой связи, для более детального исследования проявления основных селекционно-ценных признаков у полученного мутанта, поколение T₃ (потомство трех растений T₁ №№ 190-2, 190-3, 190-4, выращенных на опытной делянке), а также поколение T₄ (потомство растения T₁ №1-3 из теплицы), выращивали на опытной делянке в трехкратной повторности.

Обнаружено, что все изученные линии отличаются от исходного сорта Аванс сниженной высотой растения, укороченным подметельчатым междоузлием и сниженным урожаем зерна с метелки. Такое снижение проявления этих признаков нами описано впервые у мутантов злаков, несущих конструкции для индукции РНК-сайленсинга генов проламинов. Однако оно вряд ли является следствием нецелевой экспрессии введенной нами генетической конструкции, поскольку у потомства растения №190-3, у которого эта конструкция элиминировалась, низкорослость и укороченность цветоножки сохранились. По-видимому, такое снижение высоты растений и длины цветоножки, является следствием инсерции Т-ДНК в один из локусов, контролирующих высоту растений и длину цветоножки.

Масса 1000 зерен также оказалась значимо снижена у двух линий, несущих конструкцию для РНК-сайленсинга. Очевидно, что такое снижение массы 1000 зерен, является следствием модификации типа эндосперма, поскольку в рыхлом мучнистом эндосперме между крахмальными гранулами присутствуют воздушные полости. Примечательно, у потомства растения №190-3, у которого зерновки вследствие элиминации конструкции для РНК-сайленсинга имели обычный тип эндосперма с толстым стекловидным слоем, по этому признаку не было значимых различий от исходного сорта Аванс.

Снижение массы зерна не могло не вызвать снижение урожая зерна с метелки, которое наблюдалось у всех полученных нами трансгенных линий, и в этой связи, изменение данного признака также является следствием экспрессии введенной генетической конструкции. Вместе с тем, падение урожая зерна может быть обусловлено также сниженной мощностью развития растений вследствие инсерции Т-ДНК в один из локусов, контролирующих высоту растения.

Необходимо отметить, что наличие нескольких несцепленных между собой копий генетической конструкции, интегрированных, по-видимому, в разные области генома, открывает возможность для отбора линий, сочетающих улучшенную перевариваемость белков с нужным проявлением селекционно-ценных признаков. Отобрана линия (T₃) с высокой перевариваемостью белков эндосперма (81%) и минимальным снижением высоты растений и урожайности зерна с метелки (на 5-7%).

Список литературы:

1. Bharathi J.K., Anandan R., Benjamin L.K. et al. Recent trends and advances of RNA interference (RNAi) to improve agricultural crops and enhance their resilience to biotic and abiotic stresses // Plant Physiol. Biochem. 2023. V. 194. P. 600–618.
2. Da Silva L.S., Jung R., Zhao Z. et al. Effect of suppressing the synthesis of different kafirin subclasses on grain endosperm texture, protein body structure and protein nutritional quality in improved sorghum lines // J. Cereal Sci. 2011. V.54. P. 160–167.
3. Grootboom A.W., Mkhonza N.L., Mbambo Z. et al. Co-suppression of synthesis of major α -kafirin sub-class together with γ -kafirin-1 and γ -kafirin-2 required for substantially improved protein digestibility in transgenic sorghum // Plant Cell Rep. 2014. V. 33. P. 521–537.
4. Elkonin L.A., Panin V.M., Kenzhegulov O.A. et al. RNAi-mutants of *Sorghum bicolor* (L.) Moench with improved digestibility of seed storage proteins // In: Grain and Seed Proteins Functionality. Ed. J.C. Jimenez-Lopez. London: Intech Open Ltd., 2021. DOI: 10.5772/intechopen.96204
5. Tesso T., Ejeta G., Chandrashekar A. et al. A novel modified endosperm texture in a mutant high-protein digestibility/high-lysine grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) // Cereal Chem. 2006. V. 83, № 2. P. 194–201.

**ОЦЕНКА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ ЭРИТРОЦИТОВ
ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ РЫБ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

О.Л. Госенова¹, С.В. Рязанов², М.Ю. Воронин¹

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

² Филиал концерна АО «Концерн Росэнергоатом» Балаковская АЭС, Балаково, Россия

**ASSESSMENT OF CYTOGENETIC DEVIATIONS OF THE FISH PERIPHERAL BLOOD
ERYTHROCYTES IN THE BALAKOVSKAYA NPP COOLING RESERVOIR**

O.L. Gosenova¹, S.V. Ryazanov², M.YU. Voronin¹

¹ Saratov State University, Saratov, Russia

² Branch of Rosenergoatom Concern JSC Balakovo NPP, Balakovo, Russia

gosenovaol@rambler.ru

Аннотация. В 2021-2022 гг. количество эритроцитов с микроядрами в периферической крови речного окуня *Perca fluviatilis* L. в водоеме-охладителе БалАЭС не отличалось от такого в контрольной группе р. М.Иргиз, составило 0,05-0,15%, что соответствует пределам естественной изменчивости.

Ключевые слова: микроядра, эритроциты, кровь, *Perca fluviatilis* L., биоиндикация.

Между частотой возникновения клеток с микроядрами имеются устойчивые взаимосвязи с другими гематологическими показателями, характеризующими физиологическое состояние рыб, а также с токсикологическими и гидрохимическими показателями, характеризующими среду их обитания. Именно этот показатель является определяющим для оценки генетических нарушений при внешних воздействиях [1, 2].

Объектом изучения был речной окунь (*Perca fluviatilis* L.) водоема-охладителя Балаковской АЭС (БАЭС), контрольной группой – окуни р. Малый Иргиз. Фиксированные препараты периферической крови окрашивали акридиновым оранжевым согласно модифицированному методу в течение 20 минут [3]. Акридиновый оранжевый высокоспецифический краситель, он взаимодействует только с генетическим материалом клетки, окрашенные им нуклеиновые кислоты в ультрафиолетовом свете интенсивно светятся ярко-зеленым или оранжевым.

В пробах 2021 г. максимальное количество клеток с микроядрами составило 3 клетки на 2000 исследованных эритроцитов (0,15%). Как в популяции окуней водоема-охладителя, так и в контрольной группе, особи с таким показателем были единичными. У двух окуней из водоема-охладителя БАЭС и одного из р. М. Иргиз было по две клетки с микроядрами (0,1%). В контрольной группе были две пробы с эритроцитами с одним микроядром (0,05%). Кроме того, в контрольной группе у двух особей, а в опытной у трех особей клеток с микроядрами не было обнаружено.

Медиана у обеих исследованных групп составила 1 аномальная клетка на две тысячи просмотренных эритроцитов (рис. 1). В 2021 г статистически достоверных отличий ($U=34,5$; $p=1$) между количеством клеток с микроядрами в крови окуней, отловленных из водоема-охладителя Балаковской АЭС и р. М. Иргиз не установлено.

В 2022 г. у двух окуней из водоема-охладителя БАЭС были обнаружены по две клетки с микроядрами (0,1%), столько же у одного окуня в контрольной группе из р. М. Иргиз. По одной клетки с микроядрами (0,05%) было отмечено в мазках крови у четырех особей в контроле и у четырёх особей водоема-охладителя БАЭС. Ни одной клетки с микроядрами не было обнаружено в пробах у пяти окуней из водоема охладителя БАЭС и у четырех особей из контрольной группы.

Анализ мазков крови окуней из р. М. Иргиз 2022 г. показал, что эритроциты с микроядрами встречаются единично: от 0 до 3 шт., медиана выборки равна 1 (рис. 2). У особей из водоема-охладителя БАЭС количество клеток с микроядрами колеблется в пределах 0–2 шт., медиана составляет 1. Статистически достоверной разницы между двумя исследованными популяциями

нет ($U=34,5; p=1$).

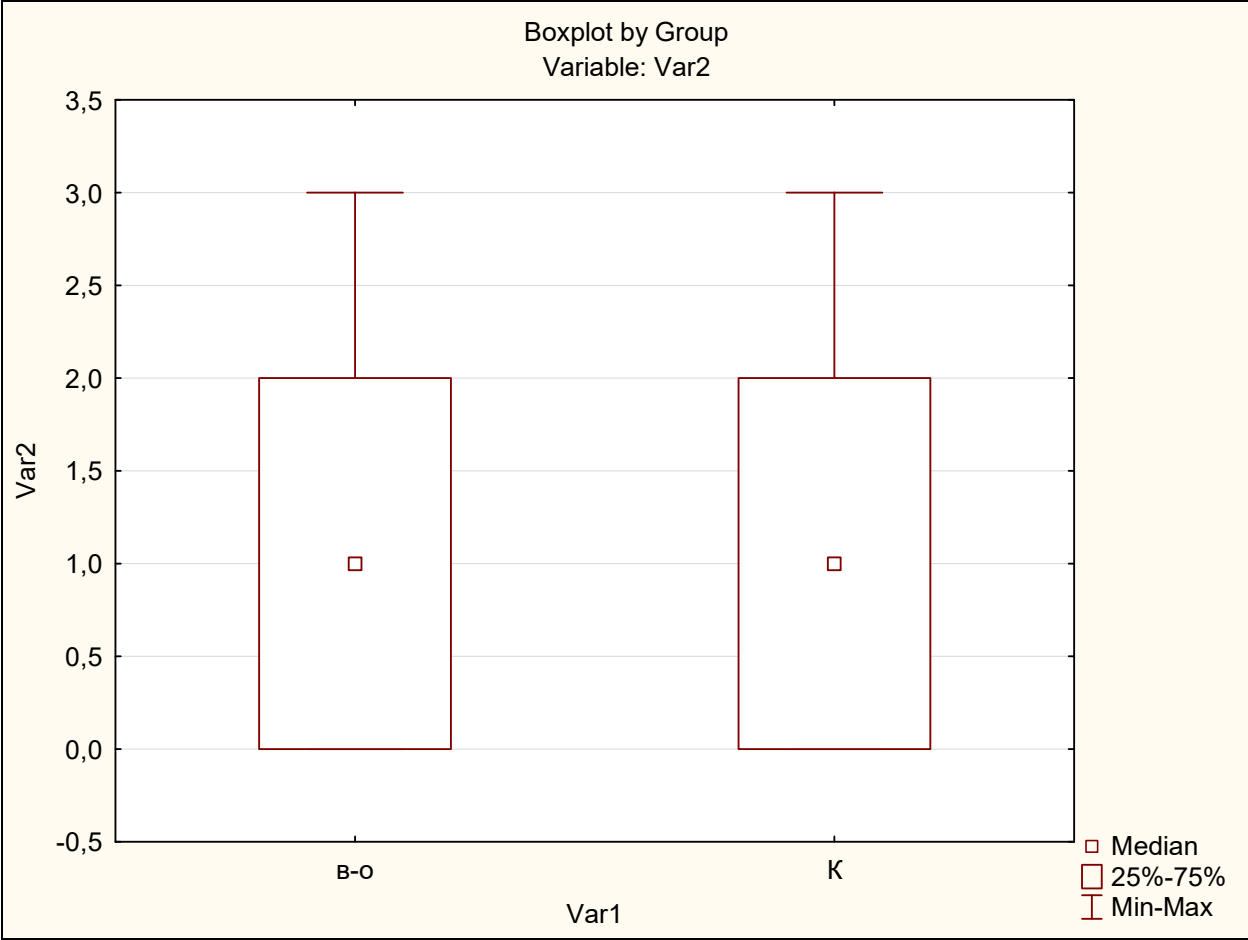


Рисунок 1. Количество эритроцитов с микроядрами (на 2000 шт.) в крови окуня в 2021 г. («в-о» – водоем-охладитель БАЭС, «К» – р.М. Иргиз (контроль))

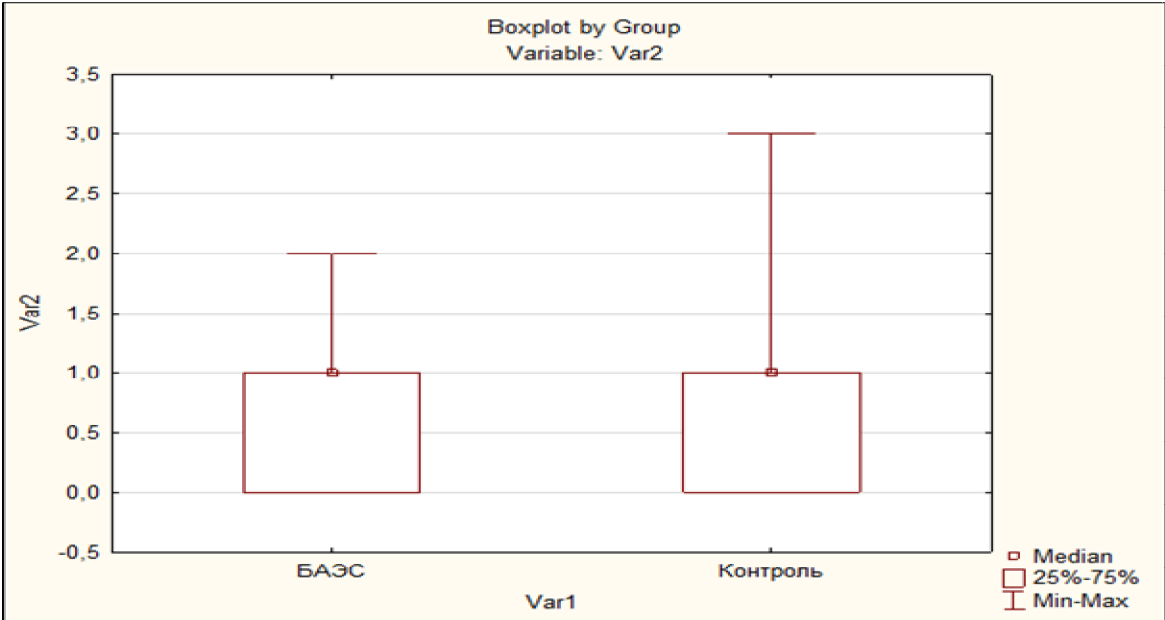


Рисунок 2. Количество эритроцитов с микроядрами (на 2000 шт.) в крови окуня в 2022 г. («в-о» – водоем-охладитель БАЭС, «К» – р.М. Иргиз (контроль))

Зафиксированная нами частота наличия клеток с микроядрами в эритроцитах периферической крови в популяциях водоема-охладителя БАЭС и реки М.Иргиз (контроль) как в

сентябре 2021 г, так и в августе 2022 г находится в пределах естественной изменчивости, которая составляет 0,5–1,0%.

Список литературы:

1. Кузина Т.В. Цитофизиологические особенности крови промысловых рыб Волго-Каспийского канала: автореф. дис. канд. биол. наук. Астрахань, 2011. 25 с.
2. Кухарева Т.А. Клеточный состав крови и гемопоэтических органов у некоторых видов донных рыб (севастопольская бухта, черное море): дисс. канд. биол. наук. Севастополь: Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН», 2019. 150 с.
3. Rigler R. Microfluorimetric characterization of intracellular nucleic acids and nucleoproteins by acridine orange // Acta physiol. scand. 1966. V. 67. P. 267.

УДК 633.15

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НОВЫХ ДИГАПЛОИДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

О.В. Гуторова¹, Э.С. Шахгелдян¹, С.А. Зайцев²

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

²Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

COMBINATION ABILITY OF NEW DIHAPLOID CORN LINES

O.V. Gutorova¹, E.S. Shahgeldyan¹, S.A. Zaytsev²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia
olga.gutorova@mail.ru

Аннотация. Исследованы показатели 6 линий кукурузы гаплоидного происхождения и 30 гибридов кукурузы диаллельной схемы. Линии представляют собой потомство удвоенных гаплоидов. Изучена их комбинационная способность по длине стебля, высоте заложения початка, длине метелки. Выявлены эффекты общей и специфической комбинационной способности, а также компоненты генетической дисперсии по длине стебля, высоте заложения початка, длине метелки. Наиболее ценными для практической селекции следует считать линии ОГ 2, ОГ 4, ОГ 5, сочетающие высокие значения общей и специфической комбинационной способности.

Ключевые слова: кукуруза, диаллельный анализ, ОКС, СКС.

В настоящее время работа селекционеров направлена на ускорение селекционного процесса и повышение урожайности гибридов. Использование в селекции кукурузы дигаплоидных (полученных на основе гаплоидных растений) линий в несколько раз сокращает процесс создания новых инбредных линий и на их основе высокогетерозисных гибридов. Чтобы найти наиболее пригодный исходный материал для получения таких гибридов, селекционеры испытывают линии на комбинационную способность. Одним из способов является использование диаллельных скрещиваний, т. е. получение гибридов F_1 во всех возможных комбинациях между исследуемыми линиями. Затем по растениям F_1 оценивается комбинационная способность родительских форм. С помощью общей комбинационной способности (ОКС) выявляют линии, давшие наиболее урожайные гибриды. Специфическая комбинационная способность (СКС) показывает, какие именно комбинации двух линий дают гибриды F_1 с наилучшими показателями [1]. Длина стебля, высота заложения початка и длина метелки являются важными морфологическими признаками, которые учитываются при выращивании кукурузы. При возделывании кукурузы на силос используются высокорослые формы, при возделывании на зерно – низкорослые; высота заложения початка определяет возможность уборки урожая с помощью техники; длина метелки является значимой при механизированном удалении метелок при получении гибридов.

Целью исследований было оценить комбинационную способность 6 новых дигаплоидных линий кукурузы по вышеуказанным морфологическим признакам на основе испытания их гибридов F₁.

Работа по анализу комбинационной способности линий проводилась в 2023 году на экспериментальном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Изучали 6 дигаплоидных линий и полученные от них по диаллельной схеме 30 гибридов F₁ (метод 1 по Гриффингу [2]). Линии были созданы с применением технологии удвоенных гаплоидов. Технология включала в себя: получение с помощью линии-гаплоиндуктора ЗМС-П матроклиных гаплоидов, обработку их колхицином на стадии 3-5 листьев для диплоидизации, и самоопыление растений, сформировавших фертильные женские и мужские соцветия [3]. Генетический анализ компонентов генетической дисперсии проводили по Хейману [4].

Анализ данных позволил выявить значение морфометрических параметров исследуемых линий и среднегрупповые показатели их гибридов (табл. 1). При этом выявлено варьирование в средних значениях признаков у линий в следующих пределах: длина стебля – 127,0-162,1 см; высота заложения початка – 27,0-61,3 см; длина метелки – 23,4-43,6 см; количество початков – 1-2 шт. Изменчивость среднегрупповых показателей гибридов колебалась в пределах: 165,3-196,5 см по длине стебля; 55,6-80,8 см по высоте заложения початка; 43,6-47,8 см по длине метелки.

Таблица 1. Морфометрические параметры дигаплоидных линий кукурузы и среднегрупповые значения гибридов

Линия	Длина стебля, см		Высота заложения початка, см		Длина метелки, см	
	P*	F*	P*	F*	P*	F*
ОГ 1	127,0	165,3	27,0	55,6	43,0	45,6
ОГ 2	143,2	190,7	41,7	76,8	41,7	47,3
ОГ 3	154,3	182,9	55,7	67,2	37,7	45,9
ОГ 4	158,7	196,5	59,9	80,8	23,4	45,8
ОГ 5	162,1	192,7	61,3	73,2	35,6	43,6
ОГ 6	151,3	186,4	56,5	72,1	43,6	47,8
Среднее значение	149,4	185,8	50,4	70,9	37,5	45,9

Примечание: P – среднее значение линии, F – среднегрупповое значение гибридов

В ходе анализа результатов оценок ОКС дигаплоидных линий кукурузы по признаку «длина стебля» отметим, что высокие показатели эффектов ОКС при $НСР_{0,05} = 3,9$ имеют линии ОГ 4, ОГ 5 (табл. 2). Эти линии представляют несомненную практическую ценность, как исходный материал для гетерозисной селекции. Высокий уровень эффекта ОКС у этих линий сочетается со значительным вкладом дисперсии СКС, из чего можно сделать вывод, что высокая ОКС данных линий – результат существования комбинаций, значительно превосходящих среднее значение и гибридов с низким значением длины стебля. Линии ОГ 1, ОГ 2, ОГ 3, ОГ 6 с низкими показателями эффекта ОКС и дисперсии СКС по признаку длины стебля нежелательно использовать в селекции на повышение признака и они подлежат выбраковыванию.

Таблица 2. Эффекты ОКС и дисперсия СКС по морфометрическим показателям линий кукурузы

Линия	Длина стебля		Высота заложения початка		Длина метелки	
	ОКС	СКС	ОКС	СКС	ОКС	СКС
ОГ 1	-20,1	100,6	-16,7	114,9	0,5	12,2
ОГ 2	2,8	201,8	3,5	175,5	1,7	6,7
ОГ 3	-1,81	41,7	-2,3	19,1	-0,1	9,0
ОГ 4	10,2	195,7	9,8	134,8	-3,3	15,3
ОГ 5	8,4	151,4	3,7	94,6	-1,3	10,8
ОГ 6	0,5	54,6	2,0	24,8	2,4	7,1
F	122,9*	57,9*	191,1*	66,9*	14,5*	12,9*
НСР _{0,05}	3,9		2,6		2,2	

Высокий эффект ОКС отмечен у линий ОГ 2, ОГ 4, ОГ 5 по высоте заложения початка, у линии ОГ 6 – по длине метелки. Низкие показатели ОКС и дисперсии СКС линий ОГ 1, ОГ 3, ОГ 6 по высоте заложения початка указывают на то, что данные линии нежелательно использовать в селекции на повышение выраженности признака. По признаку длины метелки выбраковыванию подлежат линии ОГ 3, ОГ 4 и ОГ 5.

При изучении генетических параметров по Хейману, были получены следующие результаты (табл. 3).

Таблица 3. Компоненты генетической дисперсии по морфометрическим параметрам исследуемых линий кукурузы

Компонент	Длина стебля	Высота заложения початка	Длина метелки
D	187,34*	-2,48	53,23*
F	-172,03	-35,69	64,05*
H ₁	1462,61*	748,75*	164,59*
H ₂	1354,84*	626,98*	133,89*
h	2772,82*	574,68*	200,67*
E	32,28	18,91	6,31
m11-m10	26,43	12,13	7,14
$\sqrt{H_1/D}$	2,79	17,38	1,76
H ₂ /4H ₁	0,23	0,21	0,20
h/H ₂	2,05	0,92	1,49
r =	-0,45	-0,36	-0,96

В опыте отмечается отрицательная корреляция между выраженностью признака и доминированием у родительских линий: - 0,45 (длина стебля), - 0,36 (высота заложения початка), - 0,96 (длина метелки) (табл. 3). Существенно значимые показатели компонентов доминирования (H₁, H₂), по абсолютной величине превышают значения компонента D, характеризующего аддитивное действие генов по длине стебля, высоте заложения початка, длине метелки, что говорит о преобладании доминантных эффектов над аддитивными. Поскольку оценки H₁ и H₂ не равны, можно сделать вывод о неравномерном распределении доминантных и рецессивных аллелей между родительскими линиями. Доминирование по изучаемым параметрам направлено в сторону родительских форм с большей выраженностью признака (m11-m10>0). Исходя из того, что отношение $\sqrt{H_1/D}$ больше 1, можно сделать заключение о том, что в наследовании длины стебля и высоты прикрепления початка у изучаемого набора линий преобладает сверхдоминирование, которое в разных локусах варьирует незначительно, поскольку 0,5F/ $\sqrt{H_1/D}$ стремится к единице, и наблюдается гетерозис – $\sqrt{H_1/D} > 1$.

Значение отношения H₂/4H₁ меньше теоретического значения (0,25), что указывает на неравномерное распределение аллелей с положительными и отрицательными эффектами. Анализ компонентов указывает на то, что в условиях выращивания 2023 года, на проявление длины стебля влияют 2-3 гена, высоты заложения початка – 1, длины метелки – 2.

Наиболее ценными для практической селекции следует считать линии, сочетающие высокие значения общей и специфической комбинационной способности по нескольким морфологическим признакам ОГ 2, ОГ 4, ОГ 5. Но, в связи с тем, что линии ОГ 4 свойственна полегаемость растений, рекомендовать для получения гибридов можно линии ОГ 2 и ОГ 5.

Список литературы:

1. Гужов Ю.Л., Фукс А., Валичек П. Селекция и семеноводство культивируемых растений. М. : Изд-во РУДН, 1999. 536 с.
2. Griffing B. Concept of general and combining ability in relation to diallel crossing systems // J. Biol. Sci. 1956. № 9. P. 463–493.
3. Гуторова О.В., Зайцев С.А., Трофименцева Е.В. О возможности получения дигаплоидных линий кукурузы в полевых условиях пригорода Саратова // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. Саратов : Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. С. 79–84.
4. Hayman B.I. The theory and analysis of diallel crosses // Genetics. 1954. V. 10. P. 23–24.

**ЛОКАЛИЗАЦИЯ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
В СТРУКТУРЕ ХРОМОСОМ *CHONDRILLA JUNCEA* (ASTERACEAE)**

С.Ф. Ефименко¹, А.С. Пархоменко¹, Л.В. Гребенюк¹, А.С. Кашин¹, О.В. Разумова²

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

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии,
Москва, Россия

**LOCALIZATION OF NUCLEOTIDE SEQUENCES IN THE CHROMOSOME STRUCTURE
OF *CHONDRILLA JUNCEA* (ASTERACEAE)**

S.F. Efimenko¹, A.S. Parkhomenko¹, L.V. Grebenuk¹, A.S. Kashin¹, O.V. Razumova²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia
savchik.efimenko@mail.ru

Аннотация. Установлена локализация SSR-олигонуклеотидного зонда (AG)₁₀ и наличие теломерного повтора (CCTAAA)₃ в образцах *Chondrilla juncea*. В проведенном исследовании указанные последовательности не обладают хромосомоспецифичностью. Окрашивание препаратов метафазных пластинок АТ-специфичным флуоресцентным красителем DAPI помогло в идентификации хромосом и построении идиограмм *C. juncea*.

Ключевые слова: *Chondrilla juncea*, FISH, *in situ* гибридизация, DAPI-бэндинг.

В настоящее время род *Chondrilla* L. (Asteraceae) насчитывает примерно 30 видов. До сих пор нет однозначного представления о таксономической структуре рода [1, 2]. Кроме того, большое количество таксонов рода *Chondrilla* относятся к факультативно или облигатно апомиктичным [3, 4], с ярко выраженной поли-, анеу- и миксоплоидией [5], что затрудняет филогенетические исследования и установление таксономической структуры рода. В настоящее время хромосомный анализ является единственным надежным способом выявления и идентификации хромосомных aberrаций у растений. Для их детекции используют современные методы дифференциального окрашивания хромосом (FISH и DAPI-бэндинг). Использование таких методов на представителях рода *Chondrilla* позволит внести ясность в идентификацию их хромосом, выявление действительного статуса таксонов, а также в представление об эволюционной истории данного рода. Цель данного исследования состояла в поиске маркерных последовательностей в структуре хромосом *C. juncea* методами FISH и DAPI-бэндинга.

В качестве объекта исследования использовали апикальные меристемы корешков проростков *C. juncea*, семена которой были собраны в августе 2023 года на территории г. Саратов (УНЦ «Ботанический сад»). Давленные препараты метафазных пластинок обрабатывали водным раствором параформальдегида, затем отмывали в 2×SSC и проводили предобработку РНКзой с последующей отмывкой в 2×SSC и обезвоживанием в батарее спиртов (70%, 90%, 96%). После этого препараты высушивали и проводили флуоресцентную *in situ* гибридизацию (FISH). Гибридизационная смесь состояла из 50% деионизированного формамида, 10% DS, 0,25% SDS, 20×SSC, mQ, 50 нг/мкл зонда. Последующую отмывку препаратов осуществляли в 2×SSC, 0,2×SSC и TNT буферах [6]. На последнем этапе препараты заключали в фотозащитную среду, содержащую DAPI (Solarbio). Для локализации нуклеотидных повторов использовали олигонуклеотидные зонды на 5'-конце меченные TAMRA или FAM, синтезированные ООО «Синтол» (Москва).

Для выявления DAPI-бэндов перед изготовлением препаратов корни предварительно обрабатывали 0,2% раствором соляной кислоты и 5% водным раствором Ba(OH)₂, а затем двукратно отмывали в 0,2% растворе HCl, с последующим заключением в фотозащитную среду, содержащую DAPI (Solarbio). Просмотр препаратов осуществляли на микроскопе Carl Zeiss Axio Scope A1 (Германия). Детекция сигнала была осуществлена с использованием камеры Axio Cam

MRc 5 (Германия) на увеличении $\times 100$ с помощью программного обеспечения Zen (Германия).

Всего было апробировано 18 прямомеченных олигонуклеотидных зондов: $(AG)_{10}$, $(AC)_{10}$, $(CT)_{10}$, $(AAT)_5$, $(AAC)_5$, $(AAG)_5$, $(ACT)_5$, $(ATC)_5$, ITS_1 (прямой и обратный), ITS_2 (прямой и обратный), 5.8S_rDNA, 5S_rDNA, 45S_rDNA, ISSR_5, Aster, UBC_841, $(CCTAAA)_3$, $(TTTAGGG)_3$. При визуализации результатов гибридизации *in situ* сигнал был получен лишь от SSR-олигонуклеотидного зонда $(AG)_{10}$ и теломерного повтора $(CCTAAA)_3$ (рис. 1). Отсутствие сигнала при гибридизации меченного повтора с ДНК *C. juncea* указывает либо на отсутствие данных повторов, либо на небольшое их количество (что вероятнее всего). Более детальную информацию возможно получить при секвенировании данных областей и локализации их на хромосомах.

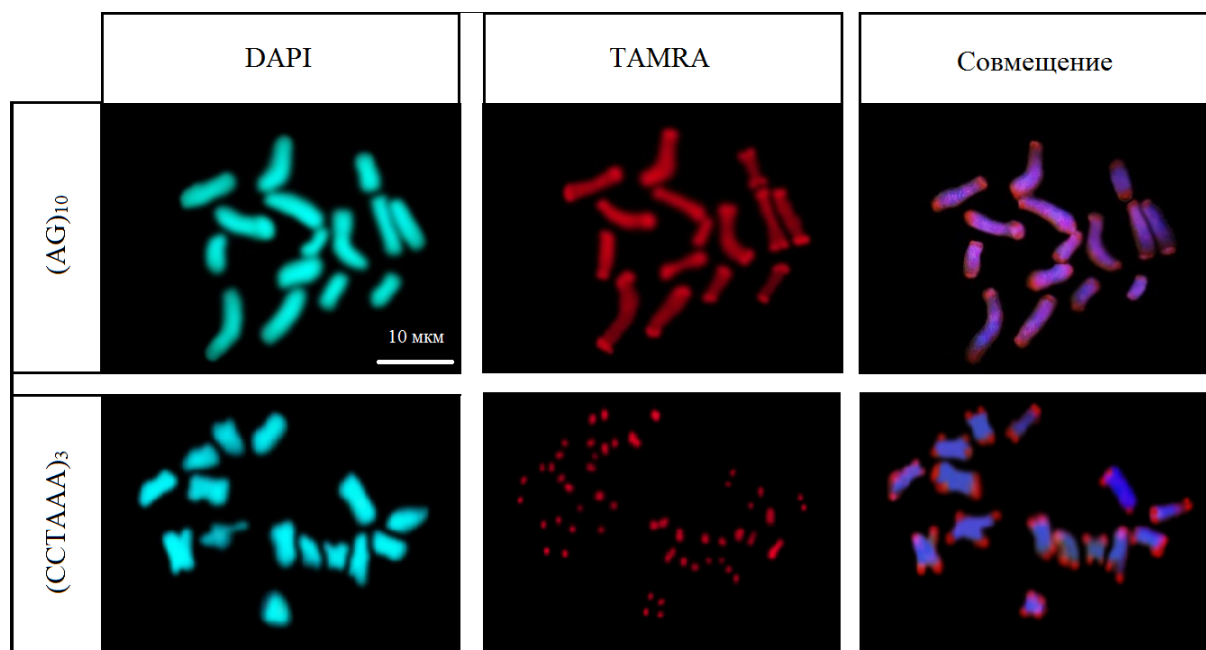


Рисунок 1. Детекция результатов флуоресцентной гибридизации *in situ* на образцах *C. juncea*

SSR-олигонуклеотидный зонд $(AG)_{10}$ был обнаружен во всех хромосомах исследованных образцов *C. juncea* ($2n=3x=15$). Это свидетельствует об отсутствии специфичности данного зонда к отдельным хромосомам. Сигнал был детектирован по всей длине хромосом, но с большей силой в теломерных районах, т.е. большее количество AG-повторностей локализовано именно в концевых участках хромосом.

У образцов *C. juncea* выявлен и теломерный повтор $(CCTAAA)_3$, характерный для большинства высших растений. Он также, как и предыдущий зонд не обладал хромосомоспецифичностью, но в отличие от предыдущего, был локализован только в концевых участках хромосом и не встречался больше ни в каких других областях, как это иногда бывает у некоторых видов растений [7].

Дифференциальное окрашивание флуоресцентным красителем DAPI позволило визуализировать четко различимые бэнды в структуре всех 15-ти хромосом *C. juncea* (рис. 2). Преимущественно DAPI-бэнды были локализованы в прицентромерных участках, которые, по всей видимости, богаты (-AT-) повторами. На трех хромосомах были визуализированы по две флуоресцирующие полосы на каждой из хроматид. Причем, один из AT-богатых участков находится в прицентромерном районе короткого плеча субметацентрической хромосомы, а второй – локализован ближе к теломерному концу длинного плеча той же хромосомы. То есть, мы можем с полной уверенностью утверждать, что эти три хромосомы в триплоидных образцах, являются гомологами, и относятся к одной (третьей) группе.

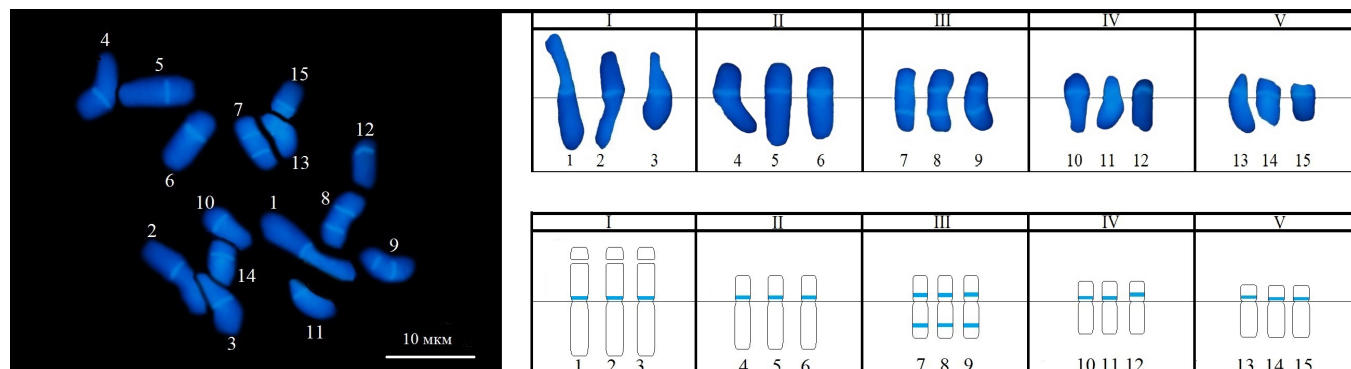


Рисунок 2. Визуализация результатов DAPI -бэндинга на образцах *C. juncea*: метафазная пластинка (слева), кариограмма (сверху справа) и идиограмма (снизу справа).

Таким образом, с помощью флуоресцентной *in situ* гибридизации на хромосомах *C. juncea* удалось установить локализацию двух повторов: (AG)₁₀ и (CCTAAA)₃, а рисунок распределения АТ-богатых участков (DAPI-бэндинг) позволяет надежно идентифицировать три хромосомы, относящиеся к одной (третьей) группе в кариотипе *C. juncea*.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00340, <https://rscf.ru/project/22-24-00340/>.

Список литературы:

1. Ильин М.М. Критический обзор рода *Chondrilla* L. // Бюллетень отделения каучуконосов. 1930. Т. 3. С. 1–61.
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. Кашин А.С., Попова А.О., Кочанова И.С., Угольников Е.В., Полякова Ю.А. Некоторые параметры системы семенного размножения в популяциях видов *Chondrilla* L. Нижнего Поволжья // Ботанический журнал. 2015. Т. 100, № 8. С. 828–840. <https://doi.org/10.1134/S0006813615080074>
4. Юдакова О.И., Кашин А.С., Пархоменко А.С., Кайбелева Э.И. Закономерности распространения гаметофитного апомиксиса во флоре Европейской России. Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 2022. 288 с.
5. Пархоменко А.С., Кашин А.С. Особенности кариотипической изменчивости у некоторых видов рода *Chondrilla* (Asteraceae) // Ботанический журнал. 2018. Т. 103, № 6. С. 726–739. <https://doi.org/10.1134/S0006813618060030>
6. Li G.R., Gao D., Zhang H.G., Li J.B., Wang H.J., La S.X., Ma J.W., Yang Z.J. Molecular cytogenetic characterization of *Dasypyrum breviaristatum* chromosomes in wheat background revealing the genomic divergence between *Dasypyrum* species // Molecular Cytogenetics. 2016. V. 9, № 1(6).
7. Большева Н.Л., Семенова О.Ю., Муравенко О.В., Носова И.В., Попов К.В., Зеленин А.В. Локализация теломерных последовательностей в хромосомах двух видов льна // Биологические мембраны. 2005. Т. 22, № 3. С. 27–231.

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ПАРТЕНОГЕНЕТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

Э.И. Кайбелева¹, Н.В. Апанасова¹, А.Р. Полухин², К.К. Сониная², Д.В. Уткин¹, О.И. Юдакова¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Лицей-интернат 64, Саратов, Россия

ASSESSMENT OF GENETIC POLYMORPHISM OF PARTHENOGENETIC MAIZE LINES

E.I. Kaibeleva¹, N.V. Apanasova¹, A.R. Poluhin², K.K. Sonina², D.V. Utkin¹, O.I. Yudakova¹

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Lyceum boarding school 64, Saratov, Russia

kaybeleva@info.sgu.ru

Аннотация. Проведено изучение молекулярно-генетической гетерогенности образцов 4 линий кукурузы с наследственной предрасположенностью к партеногенезу. Выявлены RAPD-праймеры, пригодные для оценки ДНК-полиморфизма и позволившие сгруппировать изученные образцы по степени генетического родства.

Ключевые слова: генетический полиморфизм, RAPD-анализ, партеногенез, кукуруза, *Zea mays*.

Исследования полиморфизма ДНК сортов и линий сельскохозяйственных растений с помощью RAPD-анализа и их ДНК-паспортизация необходимы для селекционной работы при проведении скрещиваний и анализе гибридных форм. На кафедре генетики Саратовского госуниверситета были созданы линии кукурузы с наследственной предрасположенностью к партеногенезу [1]. Они представляют научный интерес как модельные объекты для изучения явления партеногенеза и как источники гаплоидов – ценного исходного материала для гетерозисной селекции.

Материалом исследования послужили растения линий кукурузы АТ(ГПЛ), АТТМ (su_1), АТТМ (bm_2 , y_1) и АТТМ (bm_2 , y_1 , g_1), различающиеся по количеству в геноме хромосом родительских линий АТ 1 и Тестера Мангельсдорфа (ТМ). В названии линий в круглых скобках указаны гомозиготные рецессивные гены, которыми маркированы хромосомы, полученные от ТМ. Непосредственно от скрещивания АТ 1 и ТМ были выведены линии АТТМ (bm_2 , y_1) и АТТМ (bm_2 , y_1 , g_1). От скрещивания АТ 1 с линией ГПЛ была отобрана линия АТ(ГПЛ), а от нее и потомка гибрида АТ х ТМ – линия АТТМ (su_1).

Для выявления степени сходства ДНК исследуемых растений был использован RAPD-анализ. Для однозначной ДНК-паспортизации сортов и линий растений следует обеспечить выявление их достоверных различий в виде необходимого (большого) числа ампликонов с отличающимися размерами, что достигается использованием мультиплексного RAPD-анализа. Для увеличения числа ампликонов использовали мультиплексный RAPD с применением трех видов праймеров.

ДНК выделяли из листовых пластинок с помощью коммерческих наборов DiaGene (Диа-М, Россия) на колонках согласно протоколу производителя. Концентрацию и качество препаратов ДНК оценивали визуально по интенсивности свечения комплексов бромистого этидия с ДНК в ультрафиолетовых лучах после электрофореза в 2%-ном агарозном геле относительно контроля с известной концентрацией (ДНК спермы лосося). Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе Mastercycler personal (Eppendorf, Германия). Для приготовления реакционной смеси использовали набор БиоМастер LR HS-ПЦР-Color (2^x) (Биолабмикс, Россия). Реакционная смесь для RAPD-ПЦР объемом 50 мкл содержала 25 мкл БиоМастер, 0,25 мкМ праймера (Синтол, Россия), 10 мкл анализируемой ДНК, стерильной воды – до 50 мкл. Для проведения RAPD-ПЦР использовали программу: денатурация 94 °C/2 мин; 5 циклов: денатурация 94 °C/30 с, отжиг 38 °C/30 с, элонгация 68 °C/1 мин; 35 циклов: денатурация 94 °C/20

с, отжиг 38 °C/20 с, элонгация 68 °C/40 с; элонгация 68 °C/2,5 мин [2]. В качестве праймеров применяли шесть декануклеотидов с тринуклеотидным составом со следующими последовательностями: AACCAGACAA, AAGGGACAAA, AACCGAACAA, AACGCACAAA, AAAACGCCAA, AACGCCAAAA, предложенные для ДНК-паспортизации сортов сельскохозяйственных растений [3]. При проведении RAPD-ПЦР олигонуклеотидные праймеры объединяли по 3: реакционная смесь 1 (ПЦР1) содержала праймеры AACCAGACAA, AAGGGACAAA, AACCGAACAA, реакционная смесь 2 (ПЦР2) – праймеры AACGCACAAA, AAAACGCCAA, AACGCCAAAA. Подобные праймеры, не имеющие в составе тимин, абсолютно неспособны сформировать как гомо-, так и гетеродимеры. Продукты RAPD разделяли в 2%-ном агарозном геле с бромистым этидием в 1^х ТВЕ-буфере при напряженности электрического поля 5 В/см. Фрагменты ДНК визуализировали с помощью трансиллюминатора. Сравнительный анализ RAPD-фрагментов проводили с определением коэффициента Жаккара и построением итоговой матрицы. Полученную матрицу анализировали с помощью программы Past ver. 4.04. кластеризацией методом невзвешенного попарно-группового среднего (UPGMA).

При использовании праймеров ПЦР1 образования ампликонов в образцах не наблюдали, тогда как применение праймеров ПЦР2 позволило получить детектируемые продукты амплификации. Их количество составило от 5 до 8, а длина варьировала от 130 до 1190 п.н. (рис. 1). На основе полученных размеров ампликонов были построены генетические штрих-коды образцов кукурузы, представленные на рисунке 2.

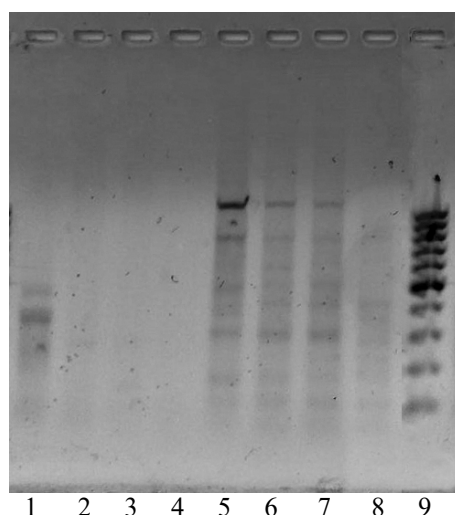


Рисунок 1. Спектры RAPD-фрагментов кукурузы с ПЦР1 (1-4), ПЦР2 (5-8) с тремя праймерами и маркер длин фрагментов (9) (O'GeneRuler 100bp DNA Ladder Plus, Fermentas), п.н.

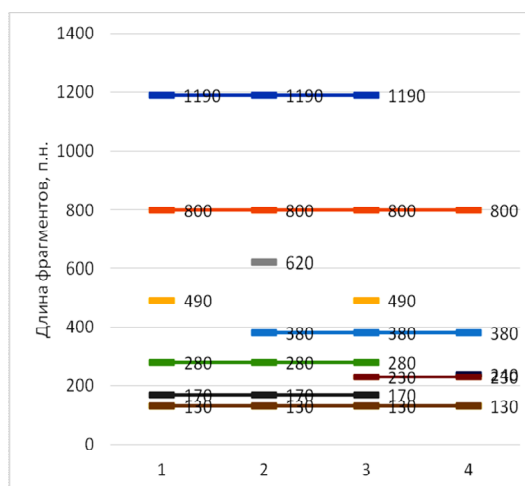


Рисунок 2. Генетические штрих-коды образцов кукурузы: 1 – АТ(ГПЛ); 2 – АТТМ (bm₂, y₁); 3 – АТТМ (su₁); 4 – АТТМ (bm₂, y₁, g₁)

Для определения степени сходства образцов рассчитан коэффициент Жаккара, на основании которого построена дендрограмма (рис. 3). Наибольшее сходство показано между линией АТ(ГПЛ) и производной от нее линией АТТМ (su₁) ($K_J=0,75$). Наименьшим сходством с остальными линиями характеризуется линия АТТМ (bm₂, y₁, g₁), в генотипе которой присутствует наибольшее количество хромосом, полученных от Тестера Мангельсдорфа. Можно констатировать, что полученные данные отражают степень генетического родства изученных линий.

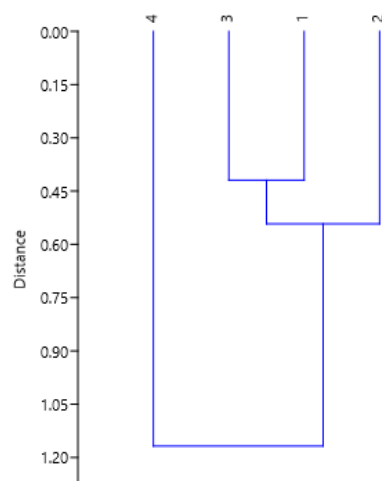


Рисунок 3. Дендрограмма степени сходства образцов кукурузы на основании RAPD-фрагментов:
1 – AT(ГПЛ); 2 – ATTM (bm₂, y₁); 3 – ATTM (su₁); 4 – ATTM (bm₂, y₁, g₁)

Таким образом, праймеры реакционной смеси 2 (AACGCACAAA, AAAACGCCAA, AACGCCAAAA) позволили выявить генетический полиморфизм изученных близкородственных линий кукурузы и могут быть использованы для их паспортизации. Это открывает перспективы для создания генетических маркеров локусов, ассоциированных со способностью к партеногенезу.

Список литературы:

1. Гуторова О.В., Апанасова Н.В., Юдакова О.И. Создание генетически маркированных линий кукурузы с наследуемым и индуцированным типами партеногенеза // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2–2. С. 341–344.
2. Майданюк Д.Н., Андреев И.О., Кунах В.А. Сравнительный анализ линий кукурузы ВИР-27 и ЧК-218 с использованием SSR- и RAPD-маркеров // Цитология и генетика. 2007. № 6. С. 18–25.
3. Кирьянова О.Ю. и др. Мультиплексный *in silico* RAPD-анализ ряда родственных растений с отличающимися размерами геномов и перспективы такого подхода для ДНК-паспортизации сортов сельскохозяйственных растений // Биомика. 2020. Т. 12, № 2. С. 194–210.

УДК 575.174.015.3

ФИЛОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЯБЧИКА ШАХМАТОВИДНОГО (ЛИЛЕЙНЫЕ) И ЕГО СВЯЗЬ С ЭНДЕМИЧНЫМИ ВИДАМИ *FRITILLARIA* СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Т.А. Крицкая

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

PHYLOGEOGRAPHY OF *FRITILLARIA MELEAGROIDES* PATRIN EX SCHULT. & SCHULT. F. (LILIACEAE) AND ITS RELATIONSHIP WITH ENDEMIC *FRITILLARIA* OF THE NORTH CAUCASUS

T.A. Kritskaya

Saratov State University, Saratov, Russia
kritskayata@info.sgu.ru

Аннотация. Рябчик шахматовидный – луковичный эфемероид с сокращающимся ареалом. Сравнительный анализ последовательностей хлДНК показал, что восточно-европейские гаплотипы *F. meleagroides* являются корневыми по отношению к азиатским. Реконструкция генеалогии методом статистической парсимонии с использованием последовательностей рДНК и их последующее картирование позволили выявить четкий географический паттерн, в котором

филогенетически более древние риботипы обнаружены в южных областях исследованной территории, тогда как более молодые риботипы – по северной границе.

Ключевые слова: генетический полиморфизм, рябчик, секвенирование ДНК

Рябчик шахматовидный (*Fritillaria meleagroides* Patr. ex Schult. & Schult. f.) – луковичный травянистый многолетник, весенний эфемероид-геофит. Произрастает на солонцеватых лугах в долинах рек, на лиманах. Ареал охватывает Восточную Европу, Среднюю Азию (Северный Казахстан), северо-запад Китая (Синьцзян). Основная часть ареала находится в России: в Центрально-Чернозёмном районе, на Нижнем Дону, Нижней Волге, в Калмыкии, на Урале, юге Западной Сибири [1]. Включён в Красные книги фактически всех регионов, в которых произрастает.

F. meleagroides фигурировал в сравнительном исследовании полных хлоропластных геномов восьми наиболее значимых для медицины видов *Fritillaria*, произрастающих в Китае [2]. Данные о внутривидовом полиморфизме в исследовании отсутствуют. Первая филогенетическая реконструкция, охватывающая большую часть видового разнообразия рода *Fritillaria*, представлена в работе Р. D. Day с соавт. [3]. Проведено секвенирование трех пластидных регионов (*matK*, *rbcL* и *rpS16*) у 117 особей, представляющих 92 вида (около 66% от рода) *Fritillaria*, с последующим филогенетическим анализом методами максимальной экономии и Байеса. Исследование сосредоточено на проверке монофилитичности рода и правильности выделения подродовых таксонов. Для *F. meleagroides* лишь подтвердилась его принадлежность к секции *Fritillaria* подрода *Fritillaria*. Внутривидовой генетический полиморфизм, а, соответственно, генезис и расселение гапло- и риботипов в пределах ареала никогда не был объектом внимания исследователей.

Цель работы состояла в оценке генетического полиморфизма популяций *F. meleagroides*, поиске его ближайших сородичей и последующей реконструкции филогеографии вида.

Сбор материала проводили в 2023 г. в естественных популяциях *F. meleagroides* из Волгоградской (Alk, Eln, Ilv), Воронежской (PvlM), Ростовской (Rost), Самарской (HvrM), Саратовской областей (Blk, BlsM, LsgM) и республики Калмыкия (Klm).

Методы выделения ДНК, проведения полимеразной цепной реакции, секвенирования и анализа полученных данных подробно описаны в работе Т. А. Крицкой с соавт. [4]. С каждой популяции секвенировали по три особи. Для секвенирования использовали восемь регионов хлДНК (*atpB-rbcL*, *matK*, *trnH-psbA*, *trnL-trnF*, *trnS-trnM*, *rpoC1*, *rbcL* и *ycf1*) и межгенный транскрибируемый спейсер рДНК (ITS1-5.8S-ITS2). Выбор маркеров обусловлен рекомендациями других исследователей [2, 3, 5] и доступностью в GenBank последовательностей именно этих регионов у ближайших сородичей и самого *F. meleagroides* из неохваченной нами части ареала (Китай).

Полученные последовательности хлДНК оказались малоинформативными для построения филогеографии, т.к. содержали единичные замены. Доля замен на общую длину выравнивания в 5960 п.н. составила менее 0.2%. Сравнительный анализ последовательностей хлДНК *F. meleagroides* с аналогичными последовательностями других видов *Fritillaria*, доступных в GenBank, показал, что наиболее эволюционно близким таксоном для него является *F. orientalis* Adams – эндемик Кавказа. При этом восточно-европейские гаплотипы *F. meleagroides* являются корневыми по отношению к азиатским (не представлено). В результате анализа методом Байеса выявлено, что *F. meleagroides* и кавказские эндемичные виды *Fritillaria* (*F. armena* Boiss., *F. kurdica* Boiss. & Noë, *F. latifolia* Willd., *F. orientalis* и *F. pinardii* Boiss.) произошли от одного общего предка, по-видимому, произраставшего на Кавказе.

Таким образом, результаты изучения хлДНК *F. meleagroides* и его ближайших сородичей поддерживают гипотезу Р. D. Day с соавт. [3] о полифилетичности подрода *Fritillaria*.

Матрица выравниваний ITS-последовательностей состояла из 656 позиций, семь из которых оказались информативными. При реконструкции генеалогии в программе «TCS» [6] методом статистической парсимонии все последовательности *F. meleagroides* объединились в одну сеть (рисунок а), состоящую из восьми риботипов, один из которых отсутствовал в нашей выборке и

представлял собой гипотетический промежуточный риботип между восточно-европейскими образцами *F. meleagroides* и образцом из Китая (MG946144). Картирование географического распространения ядерных риботипов выявило достаточно определенный пространственный паттерн (рисунок б). Корневой риботип 1 обнаружен только у отдельных образцов Еланского (Eln) и Иловлинского (Ilv) районов Волгоградской обл., производные от него риботипы 2 и 3 выявлены в популяциях Ростовской обл. (Rost), Калмыкии (Klm), южной и центральной части Волгоградской обл. (Eln, Ilv) и у одного образца из Воронежской обл. (PvlM). Риботип 4 распространен более или менее равномерно в широтном направлении от Воронежской до Самарской обл., производный от него риботип 5 выявлен только в популяциях Саратовской обл., при том, как правобережных (BlSМ, LsgM), так и левобережной (Blk). Производный от него риботип 6 обнаружен лишь у одного образца Алексеевского района Волгоградской обл. (Alk). Риботип 7 является производным гипотетического отсутствующего риботипа, полученного в результате рекомбинации гаплотипов 5 и 6, и соответствует образцу из Китая, загруженному из GenBank (MG946144).

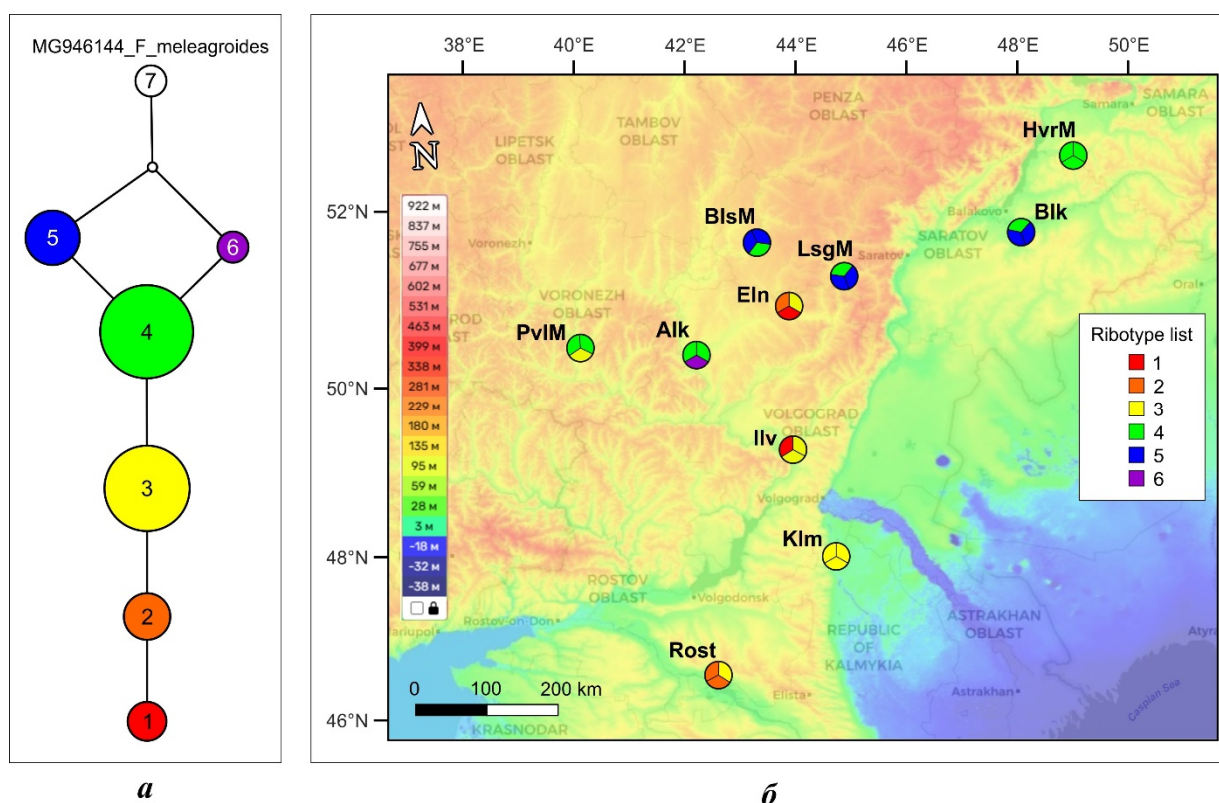


Рисунок. Результаты филогеографической реконструкции *Fritillaria meleagroides*: а – эволюционная сеть, построенная методом статистической парсимонии (уровень достоверности 95%; линии представляют собой мутационный путь, соединяющий риботипы; пустая точка – предполагаемый промежуточный риботип, отсутствующий в выборке); б – географическое распределение риботипов на территории исследования (каждая круговая диаграмма представляет собой популяцию, каждый сектор – особь)

Таким образом, филогенетически более древние риботипы (1–3) распространены в южных областях исследованной территории, тогда как более молодые риботипы (4–6) – по северной границе. Риботип, обнаруженный в Китае (7), является рекомбинантным, что свидетельствует в пользу гипотезы, сформировавшейся по результатам изучения хлДНК, о происхождении вида *F. meleagroides* на Кавказе, а не в Средней Азии, как предполагалось ранее [1, 7].

Список литературы:

1. Артюшенко З.Т. Род 16. Рябчик – *Fritillaria* L. // Флора европейской части СССР. Т. IV. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1979. С. 236–237.
2. Bi Y., Zhang Mf., Xue J., Dong R., Du Yp., Zhang Xh. Chloroplast genomic resources for phylogeny and DNA barcoding: a case study on *Fritillaria* // Scientific Reports. 2018. V. 8, № 1. P. 1184.

3. Day P.D., Berger M., Hill L., Fay M.F., Leitch A.R., Leitch I.J., Kelly L.J. Evolutionary relationships in the medicinally important genus *Fritillaria* L. (Liliaceae) // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2014. V. 80. P. 11–19.
4. Kritskaya T.A., Kashin A.S., Perezhogin Y.V., Murtazaliev R.A., Anatov D.M., Friesen N. Genetic diversity of *Tulipa suaveolens* (Liliaceae) and its evolutionary relationship with early cultivars of *T. gesneriana* // Plant Systematics and Evolution. 2020. V. 306. P. 33.
5. Chen Q., Hu H., Zhang D. DNA Barcoding and Phylogenomic analysis of the genus *Fritillaria* in China based on complete chloroplast genomes // Frontiers in Plant Science. 2022. V. 13. P. 764255.
6. Templeton A.R., Crandall K.A., Sing C.F. A cladistic analysis of phenotypic associations with haplotypes inferred from restriction endonuclease mapping and DNA sequence data. III. Cladogram estimation // Genetics. 1992. V. 132. P. 619–633.
7. Мордак Е.В. *Fritillaria* L. // Конспект флоры Кавказа: в 3 томах. Т. 2. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. С. 76–79.

УДК 581.163:633.15

АНАЛИЗ ПЛОИДНОСТИ ЭНДОСПЕРМА У ВЫПОЛНЕННЫХ ЗЕРНОВОК КУКУРУЗЫ, РАЗВИВАЮЩИХСЯ В РАЗНОПЛОИДНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ ($2N \times 4N$), С ПОМОЩЬЮ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ

Л.И. Мавлютова, А.Ю. Колесова, Л.А. Эльконин

Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия

ANALYSIS OF ENDOSPERM PLOIDITY IN PLUMP KERNELS DEVELOPING IN MAIZE HETEROPLOID CROSSES ($2N \times 4N$) USING FLOW CYTOMETRY

L.I. Mavlyutova, A.Yu. Kolesova, L.A. Elkonin

Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia

lidia.bahteewa@yandex.ru

Аннотация. В гетероплоидных скрещиваниях у кукурузы ($\text{♀}2n \times \text{♂}4n$) в некоторых случаях развиваются выполненные зерновки, дающие матроклинные растения или тетраплоидные гибриды. С целью проверки гипотезы о возникновении таких зерновок на основе нередуцированных зародышевых мешков (ЗМ) и псевдогамии исследовали плоидность их эндосперма с помощью проточной цитометрии. В эндоспермах большинства зерновок 1-й пик флюоресценции наблюдался при значениях в два раза превышавших таковые в эндосперме диплоидов (3С) и соответствовал предположительно 6С. Полученные данные свидетельствуют в пользу развития выполненных зерновок в $2n \times 4n$ скрещиваниях у кукурузы на основе нередуцированных ЗМ и псевдогамии.

Ключевые слова: апомиксис; гетероплоидные скрещивания; проточная цитометрия; эндосперм; кукуруза.

Апомиксис – способ семенного размножения покрытосеменных растений, при котором зародыш развивается из неоплодотворенной яйцеклетки. Интенсивные исследования апомиктического способа размножения связаны с надеждами на возможность с его помощью закреплять гетерозис гибридов F_1 и способствовать их клональному размножению семенами [1]. У злаков апомиктическое развитие в большинстве случаев осуществляется на основе псевдогамии, то есть в результате оплодотворения полярных ядер и автономного развития зародыша из яйцеклетки [2]. С целью выявления природной способности к апомиксису у кукурузы, ранее проводились эксперименты с использованием гетероплоидных скрещиваний ($\text{♀}2n \times \text{♂}4n$) [3]. Такие скрещивания чаще всего приводят к формированию щуплых зерновок вследствие нарушения соотношения материнского (м) и отцовского (о) геномов 2м:1о в эндосперме [4]. В проводимых экспериментах, при опылении диплоидных линий кукурузы пылью тетраплоидов, на початках формировались крупные выполненные зерновки, из которых развивались диплоидные растения матроклинного типа и тетраплоидные гибриды. На основании этого было высказано предположение, что выполненные зерновки в гетероплоидных скрещиваниях у кукурузы могут возникать на основе оплодотворения диплоидными спермиями

нередуцированных зародышевых мешков, несущих диплоидные полярные ядра [3]. Целью настоящей работы была проверка данной гипотезы путем анализа плоидности эндосперма таких зерновок с помощью проточной цитометрии.

В работе использовали выполненные зерновки, развившиеся на початках следующих линий: ГПЛ АТ, обладающей способностью к гаплоидному партеногенезу, В47, КМ, а также гибридов F_1 и F_3 (В47×ГПЛ АТ) и F_1 (КМ1×Сахарное1), которые были опылены пылью тетраплоидных линий Тетра-Парий (ТП), Краснодарский тетраплоид (КРТ). Растения выращивали на опытном участке Селекционного комплекса ФАНЦ Юго-Востока, пространственно изолированном от других посевов кукурузы с целью исключения случайного опыления. У всех экспериментальных растений удаляли метелки и изолировали початки пергаментными изоляторами до начала цветения. На 18-й день после опыления у выполненных зерновок отделяли эндосперм для анализа плоидности. Материал фиксировали в смеси спирта (95%) и пропионовой кислоты (3:1) 3 часа, отмывали 3-кратно в 70% спирте и оставляли в нем на хранение при t° –20°C. Зародыши проращивали на питательной среде MS в культуре *in vitro*.

Для анализа плоидности полученных растений кончики корней фиксировали в ацетоуксусном спирте в течение 12 часов с предварительной обработкой в α -бром-нафталине для укорачивания хромосом в течение 3 часов при t° +27°C. Для определения плоидности проводили анализ 8-10 метафазных пластинок у каждого растения.

Для проведения проточной цитометрии эндосперм измельчали лезвием в течение 1,5-2 минут в пластиковой чашке Петри на льду в 2 мл охлажденного буфера [5], фильтровали через фильтр с диаметром пор 50 μ m и центрифугировали 2 мин (100g, 4°C). Супернатант сливали, осадок с ядрами ресуспендировали в 1 мл буфера с добавлением DAPI (4 мкг/мл) и РНК-азы (50 мкг/мл). Окрашивали 10 мин на льду в темноте, встряхивали и центрифугировали на вортексе (2 сек) для осаждения крахмала, после чего надосадочную жидкость анализировали на флуориметре BD FAC SCANTO II (Германия) (параметры: FSC-300, SSC-200, Pacific Blue-A (250 нм)). В качестве стандарта использовали ядра из листа диплоидного растения и из эндоспермов диплоидной и тетраплоидной кукурузы. Каждый образец анализировали 3-хкратно, по 2,5-3 тыс. ядер на повторность. Анализировали только экспериментальные данные, в которых величина ошибки каждого пика не превышала 5%. Обработку полученных данных проводили при помощи программного обеспечения FSC-Express, v.7.

Цитологический анализ растений, выращенных из выполненных зерновок, показал, что 7 из них являются диплоидами, а 3 – тетраплоидами. Во всех изученных с помощью проточной цитометрии образцах эндоспермов наблюдалось несколько пиков флуоресценции. У эндосперма диплоидного растения (2n-контроль), плоидность ядер которого должны быть не менее 3n, 1-й пик наблюдался в области 65-69 нм (ср.: 67 нм), а следующий за ним пик – в области 150-152 нм (ср.: 151 нм) (рисунок а). Очевидно, что данные пики соответствуют содержанию ДНК 3С и 6С, соответственно. Кроме того, наблюдались пики, соответствовавшие более высоким значениям плоидности (12С, 24С), которые, как и ожидалось, присутствовали вследствие эндополиплоидизации, характерной для ядер эндосперма. У эндосперма тетраплоидного растения (4n-контроль) 1-й пик находился в области 205-215 нм (ср.: 209 нм), следующий за ним – 380-400 нм (ср.: 389 нм) (рисунок б). Возможно, они соответствовали содержанию ДНК 6С и 12С.

В отличие от эндосперма контрольного диплоидного растения, в эндоспермах большинства зерновок, из которых были получены опытные диплоидные растения, 1-й пик наблюдался при значительно более высоких значениях флуоресценции (160-190 нм), которые указывали на более высокое содержание ДНК, предположительно соответствовавшее 6С и выше. Такой результат наблюдался у эндосперма зерновок, из которых были получены как матроклинные диплоиды (рисунок в), так и тетраплоидные гибриды (рисунок г). Эти данные указывают, что плоидность эндоспермов анализируемых зерновок значительно превышала 3n. Возможно, эндоспермы в таких зерновках развивались на основе слияния нередуцированных полярных ядер (2n+2n), оплодотворенных диплоидным спермием (2n). Эти данные подтверждают сформулированную ранее гипотезу о развитии выполненных зерновок в скрещиваниях 2n×4n на

основе нередуцированных зародышевых мешков [3]. Более низкие значения содержания ДНК в ядрах эндосперма у таких гибридных зерновок, по сравнению с содержанием ДНК в эндосперме тетраплоида, могут быть следствием частичной элиминации хромосом у гибридного эндосперма, которая была показана нами ранее [6]. Вместе с тем, у одной зерновки, из которой было получено диплоидное растение, первый пик флуоресценции имел среднюю величину 84 нм, соответствовавшую содержанию ДНК 4С, что указывало на тетраплоидную природу этого эндосперма, и возникновение его в результате слияния полярных ядер редуцированного 3М (n+n) и диплоидного спермия (2n).

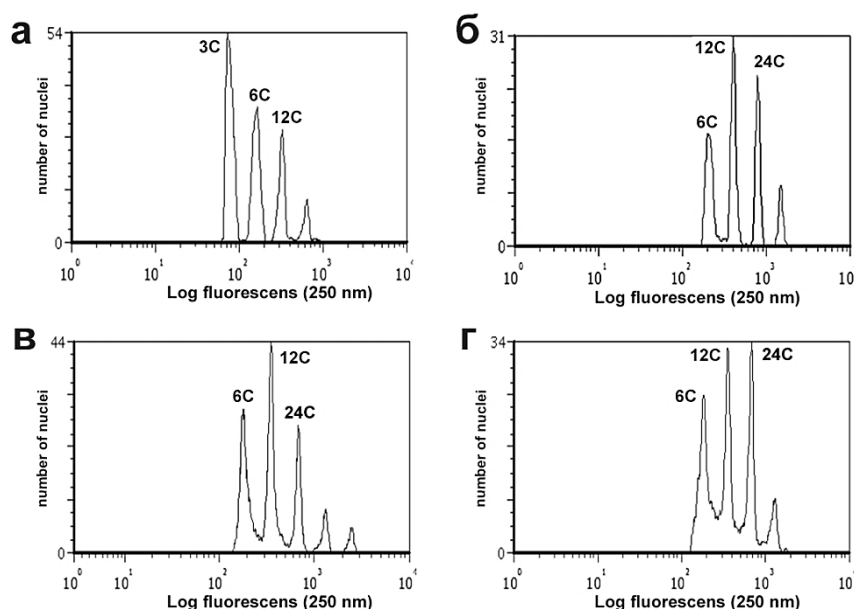


Рисунок. Результаты проточной цитометрии ядер эндосперма зерновок кукурузы: *а* – диплоидная линия; *б* – тетраплоидная линия; *в* – выполненная зерновка, завязавшаяся на початке диплоидного гибрида F₃(В47×АТ ГПЛ), опыленного пыльцой тетраплоида ТП, из которой было получено диплоидное матроклинное растение; *г* – выполненная зерновка, завязавшаяся на початке диплоидной линии АТ ГПЛ, опыленной пыльцой тетраплоида КРТ, из которой был получен тетраплоидный гибрид

Таким образом, полученные данные свидетельствуют в пользу развития выполненных зерновок в 2n×4n скрещиваниях у кукурузы на основе нередуцированных зародышевых мешков, и, тем самым, подтверждают гипотезу о наличии у использованных в опыте линий и гибридов кукурузы одного из элементов апомиктического размножения – способности к формированию нередуцированных зародышевых мешков.

Благодарность:

Авторы выражают благодарность к.б.н. У.Ш. Кузьминой (Институт биохимии и генетики ФГБНУ УФИЦ РАН, Уфа, Россия) за содействие в проведении анализа плоидности эндосперма кукурузы методом проточной цитометрии.

Список литературы:

1. Fiaz S., Wang X., Younas A. et al. Apomixis and strategies to induce apomixis to preserve hybrid vigor for multiple generations // *GM Crops & Food*. 2020. V. 12, № 1. P. 57–70.
2. Юдакова О.И., Шишкинская Н.А. Особенности эмбриологии апомиктических злаков. Саратов: Изд-во СГУ, 2008. 105 с.
3. Tsvetova M.I., Elkonin L.A., Italianskaya Yu.V. Diploid-tetraploid crosses as the instrument for obtaining apomictic maize plants // *Russ. Agric. Sci.* 2016. V. 2, № 3–4. P.201–204.
4. Birchler J.A. Interploidy hybridization barrier of endosperm as a dosage interaction // *Front. Plant Sci.* 2014. V. 5. P. 281. doi: 10.3389/fpls.2014.00281
5. Golbright D.W. Rapid flow cytometry analysis of the cell cycle in intact plant tissues // *Science*. 1983. V. 220. P. 1049–1051.
6. Эльконин Л.А., Мавлютова Л.И., Колесова А.Ю., Панин В.М., Цветова М.И. Элиминация хромосом как механизм возникновения диплоидных растений в диплоидно-тетраплоидных скрещиваниях у кукурузы (*Zea mays* L.) // *Генетика*. 2023. Т. 59, № 9. С.1023–1035.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ *GLOBULARIA BISNAGARICA* (PLANTAGINACEAE) ИЗ ПЯТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Пархоменко¹, А.С. Мосалев¹, Л.В. Гребенюк¹, А.С. Кашин¹, А.О. Кондратьева¹,
О.В. Разумова²

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

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии,
Москва, Россия

CYTOGENETIC CHARACTERISTICS OF *GLOBULARIA BISNAGARICA* (PLANTAGINACEAE) SAMPLES FROM FIVE NATURAL POPULATIONS OF THE SARATOV REGION

A.S. Parkhomenko¹, A.S. Mosalev¹, L.V. Grebenuk¹, A.S. Kashin¹, O.V. Razumova²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia
mosalyovandrey@gmail.com

Аннотация. Приводятся результаты исследования кариотипов образцов *Globularia bisnagarica* из пяти популяций Саратовской области. В каждой из исследованных популяций отмечены растения, в апикальных меристемах которых, встречаются метафазные пластинки с 16-ю, реже – с 14-ю хромосомами. В единичных случаях – с 8-ю хромосомами. С помощью SSR-олигонуклеотидных зондов (AG)₁₀ и (CT)₁₀ методом FISH *in situ* гибридизации в образцах *G. bisnagarica* удалось идентифицировать две пары хромосом. Повторность (AG)₁₀ локализована в коротких плечах двух акроцентрических хромосом (третья пара), а повторность (CT)₁₀ локализована на хроматидах выше центромеры, в непосредственной близости от вторичной перетяжки и в спутниках (вторая пара).

Ключевые слова: *Globularia bisnagarica*, анеуплоидия, FISH, *in situ* гибридизация.

Globularia bisnagarica L. (= *G. punctata* Lapeyr., *G. Wellkommii* Nylan) – реликтовый вид многолетних, травянистых растений из семейства Plantaginaceae. Занесён в Красную книгу РФ и Красную книгу Саратовской области [1, 2]. Представляет интерес, как представитель древнесредиземноморской флоры с разрозненным ареалом, основная часть которого находится в Южной, Средней и Атлантической Европе, а также в Средиземноморье. В Российской Федерации вид встречается на Ставропольской возвышенности, Южном Урале, в Заволжье и Правобережье Среднего и Нижнего Поволжья. Предыдущие исследования методом таргетного секвенирования образцов *G. bisnagarica* показали генетическую однородность двух фрагментов ареала в европейской части России (на востоке Европейской России и на Ставропольской возвышенности). С образцами средиземноморской части дизъюнктивного ареала они отличаются только по одной замене [3]. Флуоресцентная гибридизация *in situ* (FISH) – это эффективный метод, широко применяемый в исследовании генома растений, который позволяет выявить локализацию конкретных нуклеотидных последовательностей в структуре хромосом, определить хромосомные абберации и оценить степень хромосомного полиморфизма. Цель данного исследования состояла в анализе кариотипов образцов *Globularia bisnagarica* из пяти популяций Саратовской области по количеству хромосом и локализации в них олигонуклеотидных зондов.

Материалом для исследования служили плоды *G. bisnagarica* собранные в пяти естественных местообитаниях в 2021-2022 гг. на территории Хвалынского (гряда Елоха, холм Заяц и гора Пиче-Панда) и Вольского (окр. с. Тёпловка и окр. с. Труёвая Маза) районов Саратовской области.

Для анализа использовали клетки апикальных меристем корешков проростков, которые обрабатывали водным раствором бромнафталина, затем фиксировали в фиксаторе Кларка. Далее

готовили временные давленные препараты в 45%-ой уксусной кислоте, а затем переводили в постоянные путём замораживания в жидком азоте с последующим удалением покровного стекла. Затем проводили обезвоживание препаратов в 96% этиловом спирте и обработку в параформальдегиде. Препараты отмывали в $2\times\text{SSC}$ и обрабатывали РНКзой. После этого препараты снова отмывали в $2\times\text{SSC}$ и обезвоживали в серии спиртов: 70-90-96%. Затем препараты сушили на воздухе. На готовые препараты наносили гибридизационную смесь (50% деионизированный формамид, 10% декстран сульфат, 0,25% натрий додецил сульфат, $20\times\text{SSC}$, деионизированная вода, 50 нг/мкл олигонуклеотидный зонд). Для локализации tandemных повторов использовали прямомеченные олигонуклеотидные зонды (TAMRA или FAM на 5'-конце), синтезированные ООО «Синтол» (Москва). Всего было апробировано 15 прямомеченных олигонуклеотидных зондов: $(AG)_{10}$, $(AC)_{10}$, $(CT)_{10}$, $(AAT)_5$, $(AAC)_5$, $(AAG)_5$, $(ACT)_5$, $(ATC)_5$, 5S_rDNA, 45S_rDNA, ISSR_5, Aster, UBC_841, $(CCTAAA)_3$, $(TTTAGGG)_3$. Гибридизацию проводили во влажной камере при 37°C в течение ночи. Затем проводили отмывку препаратов в $2\times\text{SSC}$, $0,2\times\text{SSC}$ и TNT-буфере [4] и заключали в фотозащитную среду с DAPI (Solarbio). Результаты учитывали на микроскопе Carl Zeiss Axio Scope A1. Детекцию сигнала проводили с помощью камеры Axio Cam MRc 5 (D) на увеличении $\times 40$ с помощью программного обеспечения Zen (Германия).

Всего проанализирован 81 препарат (по 15–18 образцов с каждой популяции). На каждом предметном стекле было от 5 до 15 метафазных пластинок. У *G. bisnagarica* основное гаплоидное число хромосом – 8 ($n=x=8$), диплоидное – 16 ($2n=2x=16$) [5].

Во всех пяти популяциях стабильно и примерно в равной степени внутри одного и того же образца встречались метафазные пластинки с 14-ю и 16-ю хромосомами. Это говорит о том, что для данного вида характерно явление анеуплоидии. В единичных случаях внутри одной апикальной меристемы наряду с 14-ю и 16-ю хромосомами встречались метафазные пластинки с 8-ю хромосомами, что говорит о наличии у вида миксоплоидии. В подавляющем большинстве клетки были диплоидными (рис. 1). Межпопуляционных отличий по количеству хромосом у *G. bisnagarica* не выявлено.

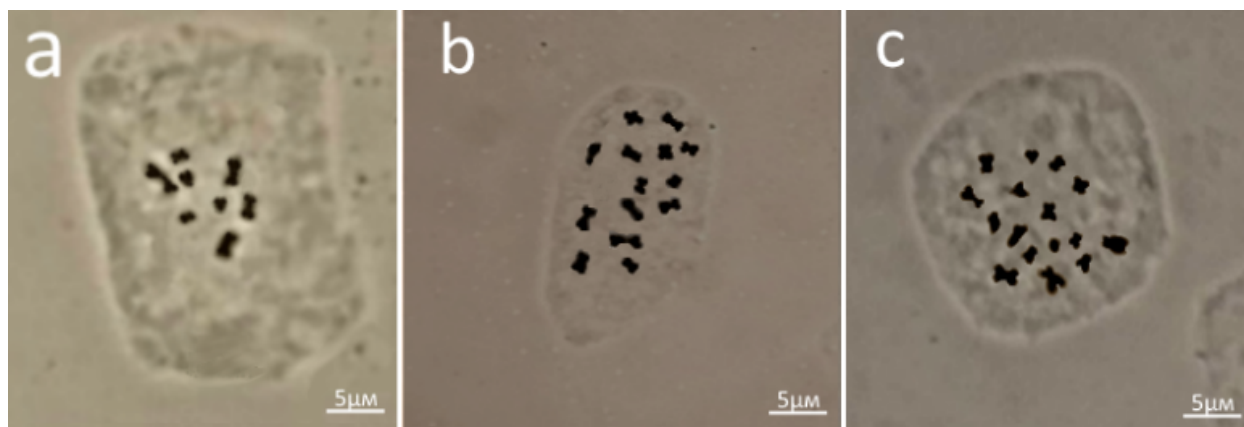


Рисунок 1. Метафазные пластинки *G. bisnagarica* с разным количеством хромосом:
a – 8 хромосом; b – 14 хромосом; c – 16 хромосом

В анализ результатов FISH были взяты только метафазные пластинки с полным диплоидным набором хромосом – $2n=2x=16$. При визуализации результатов гибридизации *in situ* сигнал был получен лишь от двух из 15-ти SSR-олигонуклеотидных зондов: $(AG)_{10}$ и $(CT)_{10}$. Интересно, что теломерные повторы, характерные для большинства высших растений ($(CCTAAA)_3$ и $(TTTAGGG)_3$) на образцах *G. bisnagarica* не дали сигнала. Отсутствие сигнала при гибридизации указывает либо на отсутствие меченного повтора в ДНК *G. bisnagarica*, либо на небольшое их количество (что вероятнее всего). Более детальную информацию можно будет получить при секвенировании данных областей и локализации их на хромосомах.

Последовательность $(AG)_{10}$ локализована в области коротких плеч двух акроцентрических хромосом. При построении кариогаммы эти две хромосомы были определены как гомологи и

отнесены к третьей паре (рис. 2).

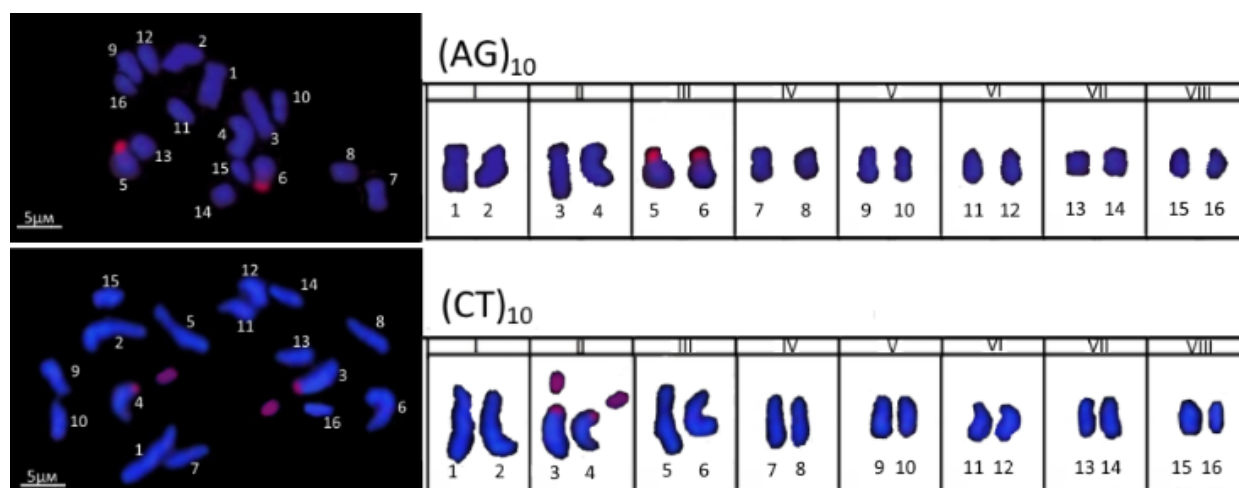


Рисунок 2. Флуоресцентная гибридизация *in situ* SSR-олигонуклеотидных зондов (AG)₁₀ и (CT)₁₀ с хромосомами *G. bisnagarica*: метафазные пластинки (слева) и кариограммы (справа)

Последовательность (CT)₁₀ также локализована в двух хромосомах, но уже в других, имеющих вторичную перетяжку и спутник. Она локализована на хроматиде выше центromеры, в непосредственной близости от вторичной перетяжки и в спутнике. На кариограмме данные хромосомы обозначены под номерами 3 и 4 (вторая пара) (рис. 2). Такое распределение олигонуклеотидных зондов говорит о их хромосомоспецифичности, что имеет большое значение для идентификации хромосом.

Источники финансирования работы:

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

Список литературы:

1. Красная книга Саратовской области : Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов : Папирус, 2019. 496 с.
2. Красная книга Российской Федерации : растения и грибы. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
3. Кондратьева А.О, Крицкая Т.А., Пархоменко А.С., Кашин А.С. Генетический полиморфизм в популяциях *Globularia L.* Восточно-Европейского фрагмента ареала // Исследования молодых ученых в биологии и экологии - 2023. Саратов: Амирит, 2023. С. 54–55.
4. Li G.R., Gao D., Zhang H.G., Li J.B., Wang H.J., La S.X., Ma J.W., Yang Z.J. Molecular cytogenetic characterization of *Dasyphyrum breviaristat* um chromosomes in wheat background revealing the genomic divergence between *Dasyphyrum species* // Molecular Cytogenetics. 2016. V. 9, № 1 (6).
5. The Chromosome Counts Database (CCDB) [Электронный ресурс] – a community resource of plant chromosome numbers. URL: <http://ccdb.tau.ac.il> (дата обращения 04.10.23). – Загл. с экрана

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДНК У НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
РОДА *CHONDRILLA* МЕТОДОМ ПРОТОЧНОЙ ЦИТОМЕТРИИ**

А.С. Пархоменко¹, А.С. Кашин¹, М.В. Скапцов²

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

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

**STUDY OF THE DNA CONTENT OF SOME REPRESENTATIVES
OF THE GENUS *CHONDRILLA* BY FLOW CYTOMETRY**

A.S. Parkhomenko¹, A.S. Kashin¹, M.V. Skaptsov²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Altai State University, Barnaul, Russia

parkhomenko_as@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ содержания ДНК методом проточной цитометрии в образцах четырех видов (*Chondrilla ambigua*, *C. pauciflora*, *C. laticoronata* и *C. brevirostris*), относящихся к роду *Chondrilla*, из Европейской России и Западного Казахстана. Для образцов *C. ambigua* выявлены диплоиды $2C = 2,898 \pm 0,015$ пг, а для *C. pauciflora* – триплоиды $2C = 3,918 \pm 0,032$ пг. В выборке образцов *C. laticoronata* и *C. brevirostris* выявлены триплоиды с содержанием ДНК $2C = 3,573 \pm 0,039$ и $3,609 \pm 0,044$ пг, соответственно.

Ключевые слова: *Chondrilla*, проточная цитометрия, содержание ДНК.

В роде *Chondrilla* L. (Asteraceae) выделяют около 30 видов. В настоящее время нет однозначного представления о таксономической структуре рода [1, 2]. Относительно большое количество таксонов *Chondrilla*, многие из которых характеризуются апомиктичным способом размножения [3], сопряжённым с межвидовой гибридизацией, полиплоидией, анеуплоидией и другими изменениями в структуре генома, затрудняет идентификацию таксонов рода и понимание характера филогенетических отношений между ними. Размер генома является одним из важных критериев выявления особенностей эволюции организмов и имеет видоспецифичный характер, что может помочь объяснить взаимоотношения между видами [4]. Сведения о размере генома имеют решающее значение для многих областей исследований, включая таксономию и эволюционные изменения. Представления о нём необходимы, например, для планирования и реализации проектов по клонированию генов и секвенированию генома. Цель данного исследования состояла в оценке содержания ядерной ДНК четырех видов *C. ambigua*, *C. pauciflora*, *C. laticoronata* и *C. brevirostris*, относящихся к роду *Chondrilla* из Европейской России и Западного Казахстана.

Содержание ДНК определяли при помощи техник проточной цитометрии с использованием иодида пропидия. Для исследования использовали по 10 образцов каждого вида, выращенных в теплице из семян, собранных в естественных популяциях в 2022 г. (таблица). Образцы измельчали при помощи лезвия в 1 мл Tris-MgCl₂ буфера [5] с изменениями следующего состава: 0,2 М Tris основание, 4 мМ MgCl₂, 0,5 % Triton X-100, 50 мкг/мл РНКазы, 10 мМ метабисульфата натрия, 50 мкг/мл иодида пропидия (pH 7.5). Образцы фильтровали через нейлоновую мембрану с размером пор 50 мкм. Данные флуоресценции изолированных ядер детектировали при помощи проточного цитометра Beckman Coulter Cytotflex с лазерным источником излучения с длиной волны 488 нм. Визуализацию и обработку гистограмм проводили в программном обеспечении Beckman Coulter CytExpert. Статистические данные рассчитывали в программе XLStat (Addinsoft). В качестве внутреннего стандарта для определения содержания ДНК использовали *Pisum sativum* Ctirad $2C = 9,09$ пг [6].

Для определения плоидности и содержания ДНК в качестве внешнего стандарта использовали диплоидные образцы. Содержание ДНК ($2C$, пг) рассчитывали по формуле:

$$2C, \text{ пг} = (\text{Среднее пика Образца} / \text{Среднее пика Стандарта}) \times 2C \text{ Стандарта}$$

Таблица. Местонахождение исследованных образцов из популяций *Chondrilla* и содержание ДНК в них

2С, пг	Место сбора	Координаты	
		с.ш., °	в.д., °
<i>C. ambigua</i>			
2,898±0,015	Астраханская обл., Красноярский р-н, окр. п. Досанг	46,909587	47,922488
<i>C. pauciflora</i>			
3,918±0,032	Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда	48,819667	47,504861
<i>C. laticoronata</i>			
3,551±0,010	Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда	48,819667	47,504861
3,609±0,043	Астраханская обл., Ахтубинский р-н, окр. п. Верблюжий	47,718769	46,886275
3,557±0,006	Астраханская обл., Харабалинский р-н, окр. с. Тамбовка	47,328861	47,39269
3,564±0,030	Астраханская обл., Харабалинский р-н, окр. с. Сасыколи	47,555811	46,968985
<i>C. brevirostris</i>			
3,558±0,023	Казахстан, Бокейординский р-н, окр. с. Урда	48,819667	47,504861
3,604±0,024	Астраханская обл., Ахтубинский р-н, окр. п. Верблюжий	47,718769	46,886275
3,643±0,036	Астраханская обл., Харабалинский р-н, окр. с. Вольное	47,137073	47,67247
3,657±0,040	Астраханская обл., Ахтубинский р-н, окр. п. Болхуны	47,989694	46,55075
3,623±0,035	Астраханская обл., Харабалинский р-н, окр. с. Воленский	47,137073	47,67247
3,600±0,016	Астраханская обл., Наримановский р-н, окр. с. Волжское	46,539917	47,926117
3,578±0,024	Астраханская обл., Наримановский р-н, окр. п. Сайгачный	46,294111	46,698778

Плоидность и содержание ДНК образцов определяли с использованием внутренней стандартизации (образцы и стандарт исследовали совместно). Всего исследовано 130 образцов.

С помощью проточной цитометрии установлено содержание ДНК у образцов *C. ambigua* $2C = 2,898 \pm 0,015$ пг, и у *C. pauciflora*, – $3,918 \pm 0,032$ пг. То есть, содержание ДНК у *C. pauciflora* в 1,35 раза больше, чем у *C. ambigua* (таблица). При прямом подсчете хромосом ранее было установлено, что *C. ambigua* является диплоидом ($2n = 2x = 10$), а *C. pauciflora* – триплоидом ($2n = 3x = 15$) [7, 8]. Подобная закономерность, т.е. некротное хромосомному набору увеличение содержания ДНК может быть объяснено уменьшением размера хромосом и содержания ДНК после раунда полиплоидизации, т.е. реализацией в эволюционно значимом диапазоне времени механизма коррекции против избыточной генетической информации. Таким образом, можно предположить, что с эволюционной точки зрения разделение этих двух таксонов произошло относительно давно.

Для *C. laticoronata* и *C. brevirostris* ранее было показано, что при основном количестве хромосом $2n = 3x = 15$, у них широко распространены анеу- и миксоплоидия [7, 8]. При прямом подсчете хромосом показано, что эти явления встречаются даже на внутриорганизменном уровне (в соседних клетках одной корневой меристемы), что, безусловно, затрудняет анализ плоидности. К тому же у них вариабельны и морфологические характеристики хромосом (встречаются мета-, субмета- и акроцентрические хромосомы) [7, 8]. Их размеры варьируют в пределах от 10 до 3 мкм, поэтому у растений этих видов очень сложно оценить содержание ДНК на хромосому. В выборке образцов *C. laticoronata* выявлены триплоиды с содержанием ДНК $2C = 3,573 \pm 0,039$ пг, а в выборке образцов *C. brevirostris* выявлены триплоиды с содержанием ДНК $2C = 3,609 \pm 0,044$ пг (таблица). Увеличение содержания ДНК триплоидов *C. laticoronata* и *C. brevirostris* не в 1,5, а в 1,2 раза по сравнению с диплоидом *C. ambigua*, также может быть объяснено уменьшением размера и изменениям в морфологии их хромосом.

В образцах *C. laticoronata* из двух популяций Астраханской области (окр. с. Тамбовка и с. Сасыколи) содержание ДНК равно $2C = 3,557 \pm 0,006$ и $3,564 \pm 0,030$ пг соответственно.

В астраханских популяциях *C. brevirostris* минимальное содержание ДНК выявлено в образцах из самого южного местообитания (окр. п. Сайгачный) $2C = 3,578 \pm 0,024$ пг, а максимальное – из самого северного (окр. п. Болхуны) $2C = 3,657 \pm 0,040$ пг. Содержание ДНК в растениях остальных двух астраханских популяций (окр. с. Воленский и с. Волжское) равно $3,623 \pm 0,035$ и $3,600 \pm 0,016$ пг соответственно.

Обращает на себя внимание тот факт, что у образцов *C. laticoronata* и *C. brevirostris*, из одного местообитания (окр. п. Верблюжий), не смотря на разную видовую принадлежность,

имеют место близкие значения содержания ДНК ($3,609 \pm 0.043$ и $3,604 \pm 0.024$ пг соответственно). В другом совместном местообитании (Казахстан) образцы этих двух видов тоже близки друг к другу по значениям содержания ДНК, и они ниже, чем у образцов этих же видов из других локалитетов ($3,551 \pm 0.010$ и $3,558 \pm 0.023$ пг соответственно). Возможно, это связано с межвидовой гибридизацией, сопровождающейся хромосомными перестройками. В пользу этого говорит и то, что в данных местообитаниях были найдены растения, имеющие морфологические признаки и *C. laticoronata*, и *C. brevirostris*. В этой связи представляет безусловный интерес то, что *C. laticoronata* для Астраханской области России и Западного Казахстана является недавним вселенцем из Центральной Азии, по крайней мере, в поле зрения исследователей попавшим буквально в последнее десятилетие [9] и не указано Т.Г. Леоновой [10].

Помимо этих двух видов в последнем местообитании совместно с ними произрастает и *C. pauciflora*, который по содержанию ДНК отличается и от *C. laticoronata*, и от *C. brevirostris*. При этом нами не было обнаружено растений, имеющих переходные признаки между *C. pauciflora* и этими двумя видами.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00340, <https://rscf.ru/project/22-24-00340/>.

Список литературы:

1. Ильин М. М. Критический обзор рода *Chondrilla* L. // Бюллетень отделения каучуконосов. 1930. Т. 3. С. 1–61.
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. Кашин А.С., Попова А.О., Кочанова И.С., Угольников Е.В., Полякова Ю.А. Некоторые параметры системы семенного размножения в популяциях видов *Chondrilla* L. Нижнего Поволжья // Ботанический журнал. 2015. Т. 100, № 8. С. 828–840. <https://doi.org/10.1134/S0006813615080074>
4. Gregory T.R. Coincidence, coevolution, or causation? DNA content, cell size, and the C-value enigma // Biological Reviews. 2001. V. 76. P. 65–101. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2000.tb00059.x>
5. Pfosser M., Amon A., Lelley T., Heberle-Bors E. Evaluation of sensitivity of flow cytometry in detecting aneuploidy in wheat using disomic and ditelosomic wheat-rye addition lines // Cytometry, 1995. V. 21, № 4. P. 387–393.
6. Doležel J., Greilhuber J., Lucretti S., Meister A., Lysák M.A., Nardi L. et al. Plant genome size estimation by flow cytometry: inter-laboratory comparison // Ann Bot. 1998. V. 82. P. 17–26.
7. Пархоменко А.С., Кашин А.С. Кариотипическая изменчивость у некоторых видов рода *Chondrilla* (Asteraceae) // Ботанический журнал. 2018. Т. 103, № 6. С. 726–739. <https://doi.org/10.1134/S0006813618060030>
8. Пархоменко А.С., Кашин А.С., Гребенюк Л.В. Полиморфизм хромосом видов *Chondrilla* (Asteraceae) европейской части ареала // Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 4. С. 137–154. <https://doi.org/10.1134/S0006813619040069>
9. Пархоменко А.С., Кондратьева А.О., Богослов А.В., Шилова И.В., Ефименко С.Ф., Кашин А.С. Морфологическая изменчивость в популяциях таксонов *Chondrilla* в Европейской России и на прилегающих территориях // Поволжский экологический журнал. 2023. Вып. 3/ С. 331–351. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2023-3-331-351>
10. Леонова Т.Г. Хондрилла – *Chondrilla* L. // Флора европейской части СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1989. Т. 8. С. 57–61.

ФАКТОРЫ УСПЕШНОЙ ИНИЦИАЦИИ СТЕРИЛЬНЫХ КУЛЬТУР У НЕКОТОРЫХ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ

С.Н. Тимофеева, О.И. Юдакова

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

FACTOTS FOR SUCCESSFUL INITIATION OF SOME WOODY PLANTS MICROPROPAGATION

S.N. Timofeeva, O.I. Yudakova

Saratov State University, Saratov, Russia

timofeeva-sn@mail.ru

Аннотация. Установлена перспективность использования вегетативных почек в качестве первичных эксплантов для микроразмножения *Cotinus coggigria*, *Laburnum anagyroides*, *Prunus Pissardii*, *Prunus sibirica*. Для индукции стерильных культур оптимальной является среда MS с добавлением 0,5 мг/л БАП. Инициация стерильных культур *L. anagyroides*, *P. Pissardii* и *P. sibirica* была равнозначно эффективна весной и осенью, тогда как инициация почек *C. coggigria* была успешна всесезонно.

Ключевые слова: древесные интродуценты, культура *in vitro*, микроразмножение.

Широкое использование древесных интродуцентов в практических целях зачастую ограничено низкой эффективностью их размножения традиционными способами. Привлечение методов культуры *in vitro* позволяет решить проблему воспроизводства трудноразмножаемых древесных растений. Цель работы заключалась в выявлении факторов успешной инициации стерильных культур при микроразмножении перспективных древесных растений.

Объектом исследования служили: абрикос сибирский (*Prunus sibirica* L., Rosaceae); слива Писсарди (*Prunus Pissardii* Carr., Rosaceae); бобовник анагировидный (*Laburnum anagyroides* Medik., Fabaceae); скумпия дубильная (*Cotinus coggigria* L., Anacardiaceae). Растения находятся в генеративной фазе развития, цветут и плодоносят, но малоэффективно или совсем не размножаются традиционными методами.

В биотехнологических исследованиях использовали общепринятые приемы работы с культурами изолированных клеток, тканей и органов растений [1, 2]. Культуры иницировали неоднократно: весной (апрель-май), летом (июль-август), осенью (октябрь-ноябрь). В каждом сезоне было осуществлено 3 повторности по 10-20 образцов. В качестве первичных эксплантов были сравнительно изучены вегетативные почки и узловыe сегменты однолетних побегов. В экспериментах использовали питательные среды Мурасиге-Скуга (MS) [3] ($\frac{1}{2}$ и норма солей), Кворрина-Лепувра (QL) [4] и Woody Plant Medium (WPM) [5]. В качестве индукторов морфогенеза апробировали цитокинины: 6-БАП, кинетин, тидиазурон в различных концентрациях и соотношениях.

Для всех изученных объектов использование узловых сегментов в качестве инициальных эксплантов оказалось малоэффективным (табл. 1.). Наиболее вероятной причиной гибели узловых эксплантов является активация синтеза и последующее накопление фенольных соединений в тканях донорных побегов. На это указывает общее потемнение эксплантов и окрашивание питательной среды в зоне контакта. В отличие от узловых сегментов при культивировании изолированных вегетативных почек наблюдалось лишь небольшое локальное потемнение базальной части эксплантов в месте их контакта с питательной средой. Скорее всего, в данном случае фенольная оксидация была минимальна и не оказывала негативного влияния на выживаемость инициальных эксплантов.

Через 2 недели первичного культивирования изолированных почек у *L. anagyroides*, *P. sibirica* и *C. coggigria* не зарегистрировано достоверных различий по частоте инициации на средах различного минерального состава. Только для *P. Pissardii* количество иницированных

почек на MS оказалось достоверно выше (33,9%), чем на ½ MS, QL и WPM (19,6; 24,7 и 21,8%, соответственно).

Таблица 1. Приживаемость эксплантов через 2 недели первичного культивирования

Первичный эксплант	Количество прижившихся эксплантов, %			
	<i>L. anagyroides</i>	<i>P. Pissardii</i>	<i>P. sibirica</i>	<i>C. coggigria</i>
Почки	72,5 <i>b</i>	36,2 <i>b</i>	65,1 <i>b</i>	83,7 <i>b</i>
Узловые сегменты	7,2 <i>a</i>	7,9 <i>a</i>	14,4 <i>a</i>	12,4 <i>a</i>
<i>F</i>	905,3**	780,0**	116,3*	863,1**

Примечание: данные, обозначенные разными буквами в одном столбце, достоверно различаются по результатам однофакторного дисперсионного анализа при * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

Побеги, развившиеся из культивируемых почек *L. anagyroides*, *P. Pissardii* и *P. sibirica* на средах ½ MS, QL и WPM были витрифицированы или имели вытянутые/укороченные междоузлия, неразвернувшиеся листья, тогда как на среде MS развивались нормальные побеги и листья. Для *C. coggigria* оптимальной оказалась ½ MS, так как на полной MS наблюдали замедление ростовой активности эксплантов и «замирание» культур.

Среди апробированных цитокининов только БАП в концентрации 0,5 мг/л обеспечивал рост и развитие нормальных микропобегов. В отличие от имеющихся в литературе данных о том, что применение тидиазурина особенно перспективно для микроразмножения древесных растений зрелого онтогенетического состояния [6], в наших экспериментах тидиазурин в концентрации 0,2 и 0,5 мг/л стимулировал развитие микропобегов с различными морфозами: недоразвитием листовых пластинок, «бутылочным» разрастанием базальной части побегов, укороченными междоузлиями.

Для большинства древесных растений оптимальным сроком инициации стерильных культур является весна, когда начинаются естественные процессы активного вегетативного роста [1, 7]. Однако для *L. anagyroides*, *P. Pissardii* и *P. sibirica* заметных различий по частоте инициации и последующей пролиферации побегов у культур, иницированных весной и осенью, не выявлено. Для *C. coggigria* успешность инициации культур была одинаковой на протяжении всей вегетации, вне зависимости от сезона (табл. 2).

Таблица 2. Приживаемость почек, иницированных в различные сезоны вегетации, через 2 недели первичного культивирования

Сезон введения в культуру	Количество прижившихся почек, %			
	<i>L. anagyroides</i>	<i>P. Pissardii</i>	<i>P. sibirica</i>	<i>C. coggigria</i>
апрель-май	72,7 <i>b</i>	18,3 <i>b</i>	65,1 <i>b</i>	56,8 <i>a</i>
июль-август	12,6 <i>a</i>	0,7 <i>a</i>	14,4 <i>a</i>	60,0 <i>a</i>
октябрь-ноябрь	70,0 <i>b</i>	36,2 <i>a</i>	61,3 <i>b</i>	73,2 <i>a</i>
<i>F</i>	158,6*	627,2**	116,3*	11,4 <i>ns</i>

Примечание: данные, обозначенные разными буквами в одном столбце, достоверно различаются по результатам дисперсионного анализа: *ns* – нет достоверных различий; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Полученные результаты позволяют констатировать, что у изученных объектов первый этап микроразмножения эффективно проходит при культивировании изолированных вегетативных почек на среде MS, дополненной 0,5 мг/л БАП. У *C. coggigria* успешное введение в культуру *in vitro* возможно на протяжении всей вегетации, у *L. anagyroides*, *P. Pissardii* и *P. sibirica* – весной и осенью.

Список литературы:

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учебное пособие. М.: ФБК-Пресс, 1999. 160 с.
2. Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наукова думка, 1980. 320 с.
3. Murashige T., Skoog T.A. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Plant Physiol. 1962. V. 15. P. 473–497.

4. Quoirin M., Lepoivre P. Improved media for *in vitro* culture of *Prunus* spp. // Acta Hort . 1977. V. 78. P.437–442.
5. Lloyd G., McCown B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // Comb Proc Intl Plant Prop Soc. 1980. № 30. P. 421–426.
6. Đurcovič J., Mišalová A. Micropropagation of temperate noble hardwoods: an overview // Functional plant science and biotechnology (March). 2008. P. 1–19.
7. Молканова О.И., Коновалова Л.Н., Стахеева Т.С. Особенности размножения и сохранения коллекции ценных и редких растений в условиях *in vitro* // Бюлл. Никит. ботан. сада. 2016. Вып. 120. С. 17–23.

УДК 581.93:577.2:575.174

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ ВИДОВ РОДА *TANACETUM* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RAPD-ПЦР

Д.В. Уткин¹, Е.А. Нющенко¹, Э.И. Кайбелева^{1,2}, М.В. Степанов¹, А.Р. Полухин², А.В. Сивакова²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Лицей-интернат 64, Саратов, Россия

COMPARATIVE MOLECULAR GENETIC ANALYSIS OF PLANTS OF THE GENUS *TANACETUM* USING RAPD-PCR

D.V. Utkin¹, E.A. Nyushchenko¹, E.I. Kaibeleva^{1,2}, M.V. Stepanov¹, A.R. Polukhin², A.V. Sivakova²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Lyceum boarding school 64, Saratov, Russia

arhipovaea@mail.ru

Аннотация. Впервые использован RAPD-анализ для выявления молекулярно-генетических различий между видами *Tanacetum millefolium* и *Tanacetum achilleifolium*. Проведен сравнительный анализ ДНК выделенной как из живых растений, так и из гербарных образцов.

Ключевые слова: *Tanacetum achilleifolium*, *Tanacetum millefolium*, RAPD-анализ.

Во «Флоре европейской части СССР» [1] и во «Флоре средней полосы европейской части России» [2] *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvel. и *Tanacetum achilleifolium* (Bieb.) Sch. Bip. рассматриваются как отдельные виды, однако во «Флоре средней полосы европейской части России» отмечено, что в местах совместного произрастания *T. achilleifolium* с *T. millefolium* имеются переходные формы. В конспекте флоры Саратовской области [3] *T. achilleifolium* обозначается как синоним *T. millefolium* – крупнокорзиночный *T. millefolium* связан постепенными переходами с крупнокорзиночным (еще в большей степени) петрофильным *T. Kittaryanum* (С.А. Мей.) Tzvel., а с другой стороны, с мелкокорзиночным *T. achilleifolium*. По наблюдениям В.А. Сагалаева [3] мелкокорзиночные растения зацветают на 1-2 недели раньше, чем растения с крупными корзинками. По мнению автора, возможно, здесь играет роль экологический фактор, поскольку мелкокорзиночная форма обитает в более ксерофильных местообитаниях. Сложности сравнительного молекулярно-генетического анализа двух видов связаны с отсутствием данных об их нуклеотидной последовательности в GenBank NCBI.

Цель работы заключалась в сравнительном анализе геномов *T. achilleifolium* и *T. millefolium* с использованием RAPD-маркеров и оценке эффективности RAPD-анализа при изучении живых растений и гербарных образцов.

Материалом для изучения видов *T. achilleifolium* и *T. millefolium* послужил гербарий Саратовского государственного университета имени Н.Г.Чернышевского (SARAT). Было проанализировано 287 гербарных листов и переопределено 174 листа, данные внесены в базу данных гербария СГУ (SARAT). На основе литературных источников [1–3] был составлен дихотомический ключ определения растений и проверен с учетом признаков, выявленных при анализе гербарных образцов. Номенклатура видов приведена в соответствии со сводкой World of Checklist of Plants [4]. Гербарная коллекция *T. achilleifolium* и *T. millefolium*, собиралась в течение

более 100 лет по всей территории области (1903–2019). Местонахождения структурированы в соответствии с современным административно-территориальным делением Саратовской области.

В настоящей работе были использованы растения, как живые (образец №1 из Новобурасского района Саратовской области, отнесенный по морфологическим признакам к *T. achilleifolium*, образец №3 – из Краснокутского района, отнесенный по морфологическим признакам к *T. millefolium*), так и гербарные листы, полученные из коллекции (образец №2 (инвентарный номер SARAT-7389) из Красноармейского района, собранный в 1990 году (срок хранения 33 года), отнесенный по морфологическим признакам к *T. millefolium*).

Для выявления степени сходства ДНК исследуемых растений использовали RAPD-анализ (Random Amplified Polymorphic DNA), не требующий предварительного знания нуклеотидных последовательностей генома того или иного вида растения [5].

ДНК выделяли из листовых пластинок с помощью коммерческих наборов DiaGene (Диа-М, Россия) на спин-колонках согласно протоколу производителя. Концентрацию и качество препаратов ДНК оценивали визуально по интенсивности свечения комплексов бромистого этидия с ДНК в ультрафиолетовых лучах после электрофореза в 2%-ном агарозном геле относительно контроля с известной концентрацией (Salmon Sperm DNA, Invitrogen). Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе Mastercycler personal (Eppendorf, Германия). Для приготовления реакционной смеси использовали набор БиоМастер LR HS-ПЦР-Color (2^x) (Биолабмикс, Россия). Реакционная смесь для RAPD-ПЦР объемом 50 мкл содержала 25 мкл БиоМастер, 0,25 мкМ праймера (Синтол, Россия), 10 мкл анализируемой ДНК, стерильной воды – до 50 мкл. Для проведения RAPD-ПЦР использовали программу: денатурация 94 °C/2 мин; 5 циклов: денатурация 94 °C/30 с, отжиг 38 °C/30 с, элонгация 68 °C/1 мин; 35 циклов: денатурация 94 °C/20 с, отжиг 38 °C/20 с, элонгация 68 °C/40 с; элонгация 68 °C/2,5 мин [6]. В качестве праймеров использовали шесть декануклеотидов с тринуклеотидным составом со следующими последовательностями: AACCAGACAA, AAGGGACAAA, AACCGAACAA, AACGCACAAA, AAAACGCCAA, AACGCCAAAA, предложенные для ДНК-паспортизации растений [7]. При проведении RAPD-ПЦР декануклеотидные праймеры объединяли по 3: реакционная смесь 1 (ПЦР1) содержала праймеры AACCAGACAA, AAGGGACAAA, AACCGAACAA, реакционная смесь 2 (ПЦР2) – праймеры AACGCACAAA, AAAACGCCAA, AACGCCAAAA. Подобные праймеры, не имеющие в составе тимин, абсолютно неспособны сформировать как гомо-, так и гетеродимеры. Продукты RAPD разделяли в 2%-ном агарозном геле с бромистым этидием в 1^x ТАЕ-буфере при напряженности электрического поля 5 В/см. Фрагменты ДНК визуализировали с помощью УФ-трансиллюминатора. Сравнительный анализ RAPD-фрагментов проводили с определением коэффициента Жаккара и построением итоговой матрицы. Анализ полученной матрицы проводили в программе Past ver. 4.04. кластеризацией методом невзвешенного попарно-группового среднего (UPGMA).

По материалам гербария СГУ (SARAT) существенных морфологических отличий *T. achilleifolium* от *T. millefolium* выявлено не было, кроме того, что *T. achilleifolium* является мелкокорзиночным видом, а *T. millefolium* – крупнокорзиночным, но при этом между размерами корзинок нет четких границ (ширина 6–7 мм относится к обоим видам). Оба вида встречаются как на засоленных почвах, так и черноземах и темно-каштановых почвах, есть и меловые обнажения. Различий в местообитаниях не наблюдается – степи, склоны, антропогенные местообитания, долины и плато свойственны обоим видам. Для *T. millefolium* характерны более узкие климатические условия, чем *T. achilleifolium*.

При анализе образцов пижмы с использованием RAPD-праймеров ПЦР1 получены детектируемые продукты амплификации, количество которых составило от 5 до 9, длина их варьировала от 240 до 3530 п.н. При использовании RAPD-праймеров ПЦР2 количество фрагментов составило от 2 до 7 длиной от 370 до 1300 п.н.

Для определения степени сходства образцов рассчитывали коэффициент Жаккара, на основании которого были построены дендрограммы. Наибольшее сходство генетических профилей наблюдали между электрофореграммами образцов №1 и №3 ($K_J=0,45$ для ПЦР1, $K_J=0,86$ для ПЦР2) и наименьшее между образцами №1 и №3 с гербарным образцом №2 ($K_J=0,33$ -

0,4 для ПЦР1, $K_J=0,29-0,33$ для ПЦР2).

Существенное различие с образцом №2 связано, вероятно, с деградацией ДНК при хранении гербарных образцов. Методы сбора и хранения гербарных образцов оказывают существенное влияние на качество ДНК и успех молекулярно-филогенетических исследований [8]. Материал, хранящийся при средней или низкой температуре, имеет наилучшие шансы на получение ДНК хорошего качества. В ряде случаев, существуют определенные трудности выделения ДНК из гербарных образцов [8]. Нами была выделена ДНК, которую можно анализировать в RAPD-анализе, но с равноценными по срокам хранения образцами.

Таким образом, нами впервые применен RAPD-анализ для сравнительного молекулярно-генетического исследования видов рода *Tanacetum*. Установлено генетическое сходство видов *T. achilleifolium* и *T. millefolium* на уровне $K_J=0,45-0,86$ в зависимости от используемых праймеров. Установлены существенные различия профиля свежесобранных растений с гербарным образцом с $K_J=0,29-0,4$, связанные, вероятно, с имеющейся деградацией ДНК. Для подтверждения результатов требуются дальнейшие исследования на большей выборке растений одного вида с разными сроками хранения образцов.

Список литературы:

1. Флора СССР / Гл. ред. В.Л. Комаров. М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. Т. 26. 940 с.
2. Флора европейской части СССР, том VII / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелев. СПб.: Наука, 1994. 317 с.
3. Еленевский А.Г., Буланый Ю.И., Радыгина В.И. Конспект флоры Саратовской области. Саратов: Издат. центр «Наука», 2008. 238 с.
4. World Checklist of Vascular Plants (WCVP) [Электронный ресурс]. URL: <https://wcvp.science.kew.org> (дата обращения: 06.04.2021)
5. Календарь Р.Н., Глазко В.И. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение // Физиология и биохимия культурных растений. 2002. Т. 34, № 4. С. 279–296.
6. Майданюк Д.Н., Андреев И.О., Кунах В.А. Сравнительный анализ линий кукурузы ВИР-27 и ЧК-218 с использованием SSR- и RAPD-маркеров // Цитология и генетика. 2007. № 6. С. 18–25.
7. Кирьянова О.Ю. и др. Мультиплексный *in silico* RAPD-анализ ряда родственных растений с отличающимися размерами геномов и перспективы такого подхода для ДНК-паспортизации сортов сельскохозяйственных растений // Биомика. 2020. Т. 12, № 2. С. 194–210.
8. Ribeiro R.A., Lovato M.B. Comparative analysis of different DNA extraction protocols in fresh and herbarium specimens of the genus *Dalbergia* // Genet Mol Res. 2007. V. 6, № 1. P. 173–187.

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

УДК 579.6

ПОЛУЧЕНИЕ МИНИ-АНТИТЕЛ К ОПУХОЛЕВЫМ АНТИГЕНАМ С ПОМОЩЬЮ ФАГОВОГО ДИСПЛЕЯ

М.И. Апатьева¹, Р.Д. Выршиков²

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»,
Саратов, Россия

OBTAINING MINI-ANTIBODIES TO TUMOR ANTIGENS USING PHAGE DISPLAY

M.I. Apatyeva¹, R.D. Vyrshchikov²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal
State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia
marinaapatyeva@gmail.com

Аннотация. С помощью технологии фагового дисплея получены мини-антитела к предварительно выделенным из клеточной линии мышинной миеломы антигенам.

Ключевые слова: фаговый дисплей, антитела, онкомаркеры.

Опухолевые заболевания являются одной из ведущих причин смертности в мире. Трансформация нормальной клетки организма в потенциально предраковую и раковую сопровождается синтезом некоторых продуктов метаболизма – опухолеассоциированных антигенов, которые являются онкомаркерами и используются в клинической практике для диагностики первичной опухоли и её метастазов [1].

Фаговый дисплей является одной из перспективных технологий, которая может использоваться для диагностики онкомаркеров [2]. Результатом данного метода является экспонирование антигенсвязывающих фрагментов иммуноглобулинов на поверхности фага. Такие фаги, несущие в составе своей оболочки мини-антитела, специфично связываются с антигеном, что позволяет использовать их в качестве распознающих агентов. Преимуществом использования фагового дисплея является низкая иммуногенность полученных мини-антител, а также универсальность комбинаторных библиотек – одну библиотеку можно неоднократно использовать для наработки антител к разным антигенам [3].

Для проведения эксперимента использовалась фаговая библиотека, предоставленная ИБФРМ РАН профессором W.J. Harris из Абердинского университета, Великобритания [4].

Предварительно были получены антигены, представляющие собой белки теплового шока, выделенные из опухолевых клеток мышинной миеломы (клеточная линия P3X63Ag8.653). Для этого осуществляли монослойное культивирование клеток в среде RPMI-640 + 20% бычьей сыворотки. Для профилактики бактериальной контаминации в среду также добавляли пенициллин. Флакон с клетками инкубировали в термостате при 37°C в течение ночи, а затем при 42°C в течение часа для того, чтобы создать стрессовые условия, реакцией на которые является синтез клетками белков теплового шока. Далее проводили отмывку флакона раствором Хэнкса (HBSS), чтобы удалить адсорбированные на его поверхности белки бычьей сыворотки. Вносили

во флакон с клетками среду DMEM с добавлением ингибитора сериновых протеаз (PMSF), помещали в термостат при 37°C на один час. Суспензию клеток центрифугировали при 15000 g в течение 15 минут, перерастворяли осадок в цитомиксе и замораживали. Процедуру размораживания и замораживания белков теплового шока проводили три раза, чтобы разрушить клетки и получить суспензию из белков и остатков клеточных структур. Полученную суспензию центрифугировали, к супернатанту добавляли 80% сульфата аммония и оставляли в холодильнике.

Очищенные диализом белки теплового шока адсорбировали в лунках микропланшета, затем лунки блокировали 2% раствором сухого молока в течение одного часа для исключения неспецифичного связывания. К белкам вносили 100 мкл фаговой библиотеки (фаг M13-K07) в концентрации 10^{12} частиц в 1 мл, оставляли на час для того, чтобы фаги связались с адсорбированными антигенами. Связавшиеся фаги элюировали внесением 0,1М раствора триса с pH 2,5, затем добавляли равный объём 1М раствора триса с pH 9,5 для нейтрализации кислой среды.

Для наработки элюированных специфичных фагов использовалась *Echerichia coli* штамм TG-1. Её размножение осуществляли в жидкой среде 2xYT, культивируя в течение ночи на термошейкере при 37°C для достижения фазы экспоненциального роста. Затем производили пересев, внося 150 мкл ночной культуры в 10 мл жидкой среды 2xYT, инкубировали четыре часа при температуре 37°C и оставляли еще на полчаса без покачивания, чтобы обеспечить образование F-пилей, необходимых для успешного внедрения фага в бактерии. После этого вносили в культуру 200 мкл специфичного фага и помещали в термостат на 30 минут при температуре 37°C. Также вносили в культуру вспомогательный фаг (фаг-хэлпер), который необходим для нормальной сборки вириона специфичного фага.

Для отбора *E. coli*, зараженной и специфическим, и вспомогательным фагом, производили высев бактерий на плотную агаризованную среду 2xYT с добавлением ампициллина и канамицина. Присутствие в среде двух антибиотиков препятствует размножению бактерий, не зараженных одновременно и специфичным, и вспомогательным фагом. Единичную выросшую колонию пересекали в жидкую среду с добавлением антибиотиков, оставляли на ночь при температуре 37°C. На следующий день центрифугировали ночную культуру при 1000 g в течение 10 минут. К оставшимся в супернатанте фагам добавляли ПЭГ/NaCl, инкубировали один час при температуре 4°C, после чего центрифугировали при 17000 g в течение 20 минут. Полученный осадок перерастворяли в среде 2xYT.

Специфичность выделенных фагов проверяли с помощью dot-иммуноанализа. Использовали технологию вторичного мечения: на нитроцеллюлозной мембране адсорбировали очищенные диализом антигены, мембрану блокировали 2% раствором сухого молока в течение одного часа, а затем погружали в суспензию фаговых частиц и инкубировали в течение суток. Фаги специфично связывались с адсорбированными на мембране антигенами. Мембрану погружали в кроличью антифаговую сыворотку на сутки, а затем в раствор коллоидного золота. В качестве контроля использовали мембрану с адсорбированными на ней белками бычьей сыворотки.

Результаты проведенной работы были визуализированы на мембране, где конъюгаты антифаговых антител и золотых наночастиц связались с комплексом антиген/антитело и проявились в виде окрашенных пятен. В дальнейшем планируется разработка диагностической системы для выявления онкомаркеров и циркулирующих опухолевых клеток на основе технологии фагового дисплея.

Список литературы:

1. Кьюкир Д. и др. Диагностика и терапия онкологических заболеваний: справочное руководство. М.: Практическая медицина, 2012. 298 с.
2. Goracci M. et al. Phage display-based nanotechnology applications in cancer immunotherapy // *Molecules*. 2020. № 25, V. 4. P. 843.
3. Тикунова Н.В., Морозова В.В. Фаговый дисплей на основе нитчатых бактериофагов: применение для отбора рекомбинантных антител // *Acta Naturae* (русскаяязычная версия). 2009. № 3, Т. 1. С. 22–23.

4. Староверов С.А. и др. Использование фаговых мини-антител для определения концентрации ферритина в сыворотке крови животных // Российский ветеринарный журнал. 2012. №4.

УДК 596.76:574.38

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕТЕРОКОНЦЕНТРОВОЙ МОДЕЛИ
ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТАВА МИЦЕТОФИЛЬНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ
(INSECTA: COLEOPTERA) В МИКОКОНСОРЦИЯХ
КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ (FUNGI: BASYDIOMYCOTA)
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.А. Ащеулова

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

**APPLICATION OF A HETEROCENTRIC MODEL FOR ANALYZING THE COMPOSITION
OF MYCOPHILIC BEETLES (INSECTA: COLEOPTERA) IN MYCOCONSORTIA
OF XYLOTROPHIC BASIDIAL FUNGI (FUNGI: BASYDIOMYCOTA)
IN THE SARATOV REGION**

A.A. Ascheulova

Saratov State University, Saratov, Russia
maa9898@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования структуры консорции ксилотрофных базидиомицетов и мицетофильных жесткокрылых насекомых в Саратовской области при помощи гетероконцентрической модели консорции. Выделены шесть групп консортивных связей, включающих различные типы связей, такие как топическая, трофическая, фензивная. В графической модели представлены концентры, соответствующие каждому типу связи, и их размеры отражают количество видов-консортов. Ведущее место по числу типов связей принадлежит семействам жесткокрылых Staphylinidae, Mycetophagidae, Tenebrionidae, Erotylidae, Ciidae.

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

Любая система состоит из комплекса взаимодействующих элементов. Одним из ключевых аспектов системы является ее структура – способ, которым элементы связаны и взаимодействуют друг с другом [1]. Определение структуры объекта является важным моментом исследования и заключается в выделении его составляющих частей и способов, с помощью которых эти элементы взаимодействуют. Когда мы рассматриваем систему, включающую взаимодействие грибов и жесткокрылых насекомых, их консортивные связи становятся важным аспектом исследования.

В качестве концептуальной модели организации консорции можно рассмотреть гетероконцентрическую модель, которая включает только прямые взаимоотношения организмов и учитывает любые группы связей [2]. Эта модель основана на формировании определенного количества концентров вокруг центрального элемента консорции (детерминанта). Концентры выделяются на основе различных типов консортивных связей, таких как топические, трофические, фензивные и другие [2]. Каждый концентр содержит консорты, которые связаны с детерминантом только прямыми и непосредственными устойчивыми взаимоотношениями определенной группы связей. Если консорт связан с детерминантом только одним типом связи, то он включается только в один соответствующий концентр консорции. Если у консорта есть несколько типов связей с детерминантом, то он включается во все соответствующие концентры [1, 3].

В системе консорции детерминант и консорты являются элементами, а концентры – подсистемами. Детерминант формирует все подсистемы и объединяет их в единое целое.

Консорты, имеющие несколько типов связей с детерминантом, также являются связующими звеньями подсистем [3]. Главными системообразующими подсистемами консорции являются группы топических и трофических концентров, в то время как остальные концентры считаются второстепенными [4, 5]. В графической модели каждый концентр представлен в виде окружности с детерминантом в центре. В окружности помещаются консорты, относящиеся к данному концентру. Детерминант, который объединяет все концентры консорции, отображается в виде центрального стержня, проходящего через все концентры.

В ходе анализа микоконсорций ксилотрофных базидиомицетов Саратовской области выделено 6 групп консортивных связей со 101 видом жесткокрылых (рисунок).

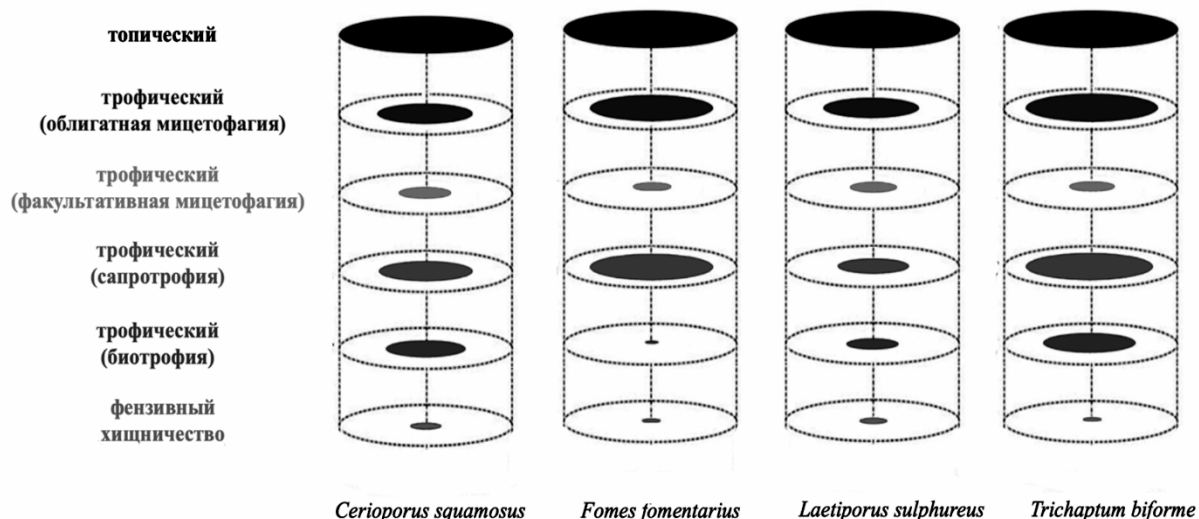


Рисунок. Гетероконцентрированная модель микоконсорций наиболее распространенных ксилотрофных базидиальных грибов Саратовской области

В данной гетероконцентрированной модели детерминантами выступают 4 вида ксилотрофных базидиомицетов из семейства Polyporaceae (*Cerioporus squamosus* Huds., *Fomes fomentarius* L., *Laetiporus sulphureus* Bull., *Trichaptum biforme* Fr.). Консортами являются мицетофильные жесткокрылые насекомые, которые связаны с грибами и могут образовывать с ними устойчивые субстратные и трофические связи. Взаимодействия между детерминантом и консортами, характеризующиеся получением взаимной выгоды при консортивном контакте организмов может перерасти в полную зависимость их друг от друга [2].

Модель хорошо демонстрирует сходства и различия между концентриками. Так, выделяется у *Fomes fomentarius* большое различие в концентриках с биотрофами и сапротрофами, в то время как у *Cerioporus squamosus*, *Laetiporus sulphureus*, *Trichaptum biforme* небольшие различия между ними. Это объясняется специфической структурой плодового тела *Fomes fomentarius* [6, 7]. Молодое плодовое тело состоит из твердой одревесневшей ткани, что делает его очень прочным и устойчивым к разрушениям [8]. При отмирании плодового тела *Fomes fomentarius* происходит разложение древесного материала внутри гриба. Это создает идеальные условия для появления разнообразной микрофауны, что делает плодовое тело гриба ценным источником пищи для насекомых.

Из исследованных мицетофильных жесткокрылых ведущее место по числу типов связей принадлежит семействам Staphylinidae, Mycetophagidae, Tenebrionidae, Erotylidae, Ciidae. Семейство Staphylinidae включает большое разнообразие видов, которые часто ассоциируются с грибами на поздних стадиях разложения [9]. У представителей отмечены 5 групп связей: субстратная, облигатная мицетофагия (*Gyrophaga manca* Erichson, 1839), факультативная мицетофагия (*Lordithon lunulatus* (Linnaeus, 1760)), сапротрофия (*Atheta oblita* (Erichson, 1839)) и хищничество (*Philonthus decorus* (Gravenhorst, 1802)). Представители Mycetophagidae, Erotylidae, Ciidae образуют 4 группы связей. Все обнаруженные виды жесткокрылых из этих семейств являются облигатными мицетофагами, большая часть которых совмещают сапрофагию и

биотрофию (*Cis festus* (Panzer, 1793), *Dacne bipustulata* (Thunberg, 1781), *Mycetophagus piceus* (Fabricius, 1777)) и тем самым включаются в оба концентра модели. У видов из Tenebrionidae отмечены все 6 групп связей.

В предлагаемых моделях микоконсорций ксилотрофных базидиомицетов число концентров соответствует числу выделенных типов связей, а их размеры соответствуют числу видов-консортов, которые участвуют в этих связях. В этих моделях топические и трофические концентры играют доминирующую роль. Это указывает на то, что эти типы связей имеют важное значение и играют системообразующую роль в консорциях ксилотрофных базидиомицетов.

Список литературы:

1. Мазинг В.В. Консорции как элементы функциональной структуры биогеоценозов // Труды Московского Общества Исследователей Природы (МОИП). 1966. Т. 27. С. 117–127.
2. Негроров В.В., Хмелев К.Ф. Современные концепции консорциологии // Вестник ВГУ. Серия химия, биология. 2000. № 2. С. 118–121.
3. Мазинг В.В. Проблемы изучения консорции // Значение консортивных связей в организации биогеоценозов. Пермь, 1976. С. 18–27.
4. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья. Система «Грибы–насекомые»: в 2 т. Челябинск: ОАО «Челябинский дом печати», 2005. Т. 2. 213 с.
5. Щигель Д. С. Жесткокрылые – обитатели трутовых грибов Европейской части России: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09. Москва, 2003. 154 с.
6. Миронова А.А., Сажнев А.С., Аникин В.В. Фаунистический комплекс мицетофильных жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) ксилотрофного гриба *Fomes fomentarius* (Basidiomycetes) на территории Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, № 3. С. 280–285.
7. Компанцев А.В. Комплексы жесткокрылых, связанных с основными древоразрушающими грибами в лесах Костромской области. М.: Наука, 1984. 191 с.
8. Бондарцев А.С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. Л., 1950. С. 33–35.
9. Миронова А.А., Сажнев А.С., Аникин В.В. Сведения о составе жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) в консорциях базидиальных грибов (Fungi, Basidiomycota) города Саратова // Сб. науч. стат. по матер. I Международной и XII Региональной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии», посвященной 75-тию Победы в Великой Отечественной войне. Саратов: Амирит, 2020. С. 86–88.

УДК 612.396.11

ИЗУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ГРИБНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ

О.О. Бабичева, Л.В. Карпунина

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

STUDY OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF MUSHROOM POLYSACCHARIDES

O.O. Babicheva, L.V. Karpunina

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
Saratov, Russia
olesya.sultanova.98@mail.ru

Аннотация. Исследована антагонистическая способность грибных полисахаридов, выделенных из вешенки (*Pleurotus ostreatus*) и шампиньона (*Agaricus bisporus*), в отношении различных бактерий методом перпендикулярных штрихов. Показано, что полисахарид, выделенный из *Pleurotus ostreatus*, проявлял антибактериальные свойства в большей степени, чем полисахарид, полученный из *Agaricus bisporus*. Наибольшая эффективность обоих полисахаридов наблюдалась в отношении *Staphylococcus aureus* ATCC-6538 (209-P) и *Xanthomonas campestris* B-610.

Ключевые слова: грибы, базидиомицеты, полисахариды, бактерии, антимикробная активность, антагонизм.

В последние годы значительное внимание уделяется биологически активным веществам, в

частности полисахаридам, выделяемым из грибов. Полисахариды базидиомицетов, находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Известно, что полисахариды грибов обладают иммуномодулирующим, противовоспалительным, антиоксидантным, фунгицидным, противоаллергенным, пребиотическим, радиопротекторным и другими свойствами [1].

Целью работы явилось определение антимикробной активности полисахаридов базидиальных грибов – *Pleurotus ostreatus* и *Agaricus bisporus* в отношении различных бактерий.

Объектами исследований явились грибы – базидиомицеты: *Pleurotus ostreatus* и *Agaricus bisporus*. Для определения антимикробной активности были использованы бактерии: *Listeria monocytogenes* 56 М-120, *Staphylococcus aureus* ATCC-6538 (209-р), *Pseudomonas kurmingensis* 333, *Xanthomonas campestris* В-61, полученные из Коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН – обособленного структурного подразделения ФГБУН ФИЦ «Саратовский научный центр Российской академии наук» и *Bacillus subtilis* 260, *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, полученные из Коллекции штаммов микроорганизмов кафедры микробиологии и физиологии СНИГУ им. Н.Г. Чернышевского.

В работе использовали водорастворимую фракцию полисахаридов, полученную по методу [2]. Антимикробную активность грибных полисахаридов *P. ostreatus* и *A. bisporus* определяли, используя метод перпендикулярных штрихов [3]. Для этого использовали голодный агар (водный раствор агар-агара), который в количестве 20 мл разливали в чашки Петри, затем петлёй вносили суточную культуру одного из штаммов бактерий и перпендикулярно наносили раствор полисахарида в концентрации 0,006 г/л [4]. Пробы инкубировали в термостате при температуре, соответствующей выращиванию взятых в эксперимент бактерий.

В процессе изучения антимикробного действия полисахаридов, выделенных из *P. ostreatus* и *A. bisporus*, было показано, что исследуемые полисахариды обладают активностью в отношении некоторых бактерий (таблица).

Таблица. Определение антимикробной активности полисахаридов базидиальных грибов в отношении бактерий

Культуры бактерий	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Agaricus bisporus</i>
<i>Listeria monocytogenes</i> 56 М-120	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC-6538 (209-р)	+	+
<i>Pseudomonas kurmingensis</i> 333	-	-
<i>Xanthomonas campestris</i> В-610	+	+
<i>Bacillus subtilis</i> 260	+	-
<i>Bacillus coagulans</i>	-	-
<i>Bacillus megaterium</i>	+	-
<i>Bacillus pumilus</i>	-	+

Примечание: + полисахарид угнетает рост бактерий; – полисахарид не угнетает рост бактерий.

Полисахарид, полученный из *P. ostreatus*, оказался более активным в отношении 5 различных видов бактерий: *L. monocytogenes* 56 М-120, *S. aureus* ATCC-6538 (209-р), *X. campestris* В-610, *B. subtilis* 260 и *B. megaterium*. Подавление роста бактерий полисахаридом, выделенным из *A. bisporus*, было отмечено у *S. aureus* ATCC-6538 (209-р), *X. campestris* В-610 и *B. pumilus*.

Полисахарид, выделенный из *P. ostreatus*, не обладал антимикробной активностью в отношении *P. kurmingensis* 333, *B. coagulans* и *B. pumilus*. Отсутствие антагонистической способности было отмечено у полисахарида, выделенного из *A. bisporus*, в отношении бактерий *L. monocytogenes* 56 М-120, *P. kurmingensis* 333, *B. subtilis* 260, *B. coagulans* и *B. megaterium*.

Полученные данные согласуются с работами других исследователей по изучению антимикробной активности базидиальных грибов, таких как *P. ostreatus* и *A. bisporus* [5, 6]. По данным [5] полисахарид, выделенный из *P. ostreatus* ингибировал рост грамположительных бактерий *S. aureus*, *Streptococcus pneumoniae* и рост грамотрицательной бактерии *Echerichia coli*. Было обнаружено, что экстракты *A. bisporus* эффективны в отношении грамотрицательных бактерий, особенно против *Micrococcus luteus*, *M. flavus*, *B. subtilis* и *B. cereus* [6].

Таким образом, полисахариды, выделенные из базидиомицетов *P. ostreatus* и *A. bisporus*, в большинстве случаев, способны к подавлению роста некоторых бактерий. Полисахарид,

полученный из *P. ostreatus*, проявлял антимикробные свойства в большей степени в отношении исследуемых тест-культур, чем полисахарид, выделенный из *A. bisporus*. Наибольшую активность оба полисахарида проявляли в отношении *S. aureus* ATCC-6538 (209-р) и *X. campestris* B-610.

Список литературы:

1. Семёнова Е.В., Тюменцева В.Р., Козубенко А.А. Биологически активные соединения грибов - источник инноваций в медицине // Современные проблемы науки и образования. 2020. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29455> (дата обращения: 14.09.2023). – Текст : электронный.
2. Патент № 2657431C1 Российская федерация, МПКА61К 36/06(2006.01), B01D 11/02(2006.01), B01J 19/10(2006.01) / Теплякова Т.В. и др.; Общество с ограниченной ответственностью "Микопро" (ООО "Микопро") (RU). – № 2000131736/09; заявл. 23.10.2017.; опубл. 13.06.2018.
3. Адамович Т.Г., Гаврилова И.А., Кирильчик Е.Ю. Методы изучения антимикробной активности антибиотиков и антисептиков *in vitro* // Современные технологии в медицинском образовании: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного медицинского университета, Минск, 01–05 ноября 2021 года. Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2021. С. 1540–1544.
4. Урядова Г.Т. Биологическая активность экзополисахаридов молочнокислых бактерий и биотехнологические аспекты их использования: специальность 1.5.6. «Биотехнология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Саратов, 2022. 31 с.
5. Жерносеков Д.Д. Применение ксилотрофных грибов рода *Pleurotus* и *Trichoderma* в современной // Вестник Витебского государственного университета. 2022. № 3, Т. 116. С. 17–22.
6. Mehmet O., Mehmet E., Seyda K. *In vitro* antioxidant, anticholinesterase and antimicrobial activity studies on three *Agaricus* species with fatty acid compositions and iron contents: A comparative study on the three most edible mushrooms // Food and Chemical Toxicology. 2011. V. 49. P. 1–3.

УДК579.64

**ПЛЕСНЕВЫЕ ГРИБЫ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ МИКОКОМПЛЕКСА ПЛОДОВ
ВИНОГРАДА (*VITIS VINIFERA* L., 1753) В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

М.А. Боровская, Д.А. Боровская, А.М. Петерсон

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

**MOLD FUNGI INCLUDED IN THE MYCOCOMPLEX OF GRAPE FRUIT
(*VITIS VINIFERA* L., 1753) IN THE SARATOV REGION**

M.A. Borovskaya, D.A. Borovskaya, A.M. Peterson

Saratov State University, Saratov, Russia
borovskayam0@gmail.com

Аннотация. Проведены микологические исследования плодов различных сортов винограда, выращиваемого в Саратовской области. В результате выделено 85 штаммов плесневых грибов родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*. Наиболее широко на плодах винограда оказались представлены виды *Alternaria alternata*, *Penicillium citrinum* и *Rhizopus arrhizus*, которые изолировались с 4 сортов из шести изученных. Самое высокое разнообразие и численность плесневых грибов были отмечены на ягодах сорта Изабелла. Среди изолированных видов присутствовали токсинообразующие грибы родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium*.

Ключевые слова: Саратовская область, плоды винограда, плесневые грибы.

Плоды винограда являются важным компонентом рациона человека, что связано с высоким содержанием в них сахаров, витамина А, органических кислот, пектиновых веществ, кальция и фосфора [1]. В пищевой промышленности виноград является важнейшим ингредиентом для приготовления вина, из него также производится изюм – один из основных источников витаминов. Высокая пищевая ценность ягод винограда определяет их богатую микробиоту,

основу которой составляют бактерии и дрожжи. Однако, наряду с ними на поверхности плодов винограда могут присутствовать и плесневые грибы, которые являются продуцентами различных биологически активных веществ (антибиотиков, микотоксинов), служат причиной порчи ягод при хранении, вызывают аллергические реакции. Поэтому регулярный контроль содержания плесневых грибов на плодах винограда является одной из актуальных задач фитосанитарного мониторинга. На территории Саратовской области виноград культивируется, преимущественно, в частных хозяйствах, где такой контроль не осуществляется. В связи с этим, целью данной работы стало выявление плесневых грибов на плодах винограда, выращиваемого в Саратовской области.

Исследование проводилось в осенние периоды 2022-2023 годов. Материалом послужили плоды винограда сортов Аркадия, Изабелла, Лидия, Мускатный, Украинка, Шахтер из Саратовского, Энгельсского и Вольского районов (табл. 1).

Таблица 1. Материал микологических исследований

Район выращивания	Сорт	Количество проб
Вольский	Шахтер	10
Энгельсский	Лидия	10
	Изабелла	10
	Мускатный	10
Саратовский	Аркадия	10
	Украинка	10

Ягоды винограда засеивали методом отпечатка на питательные среды PDA, Сабуро, Чапека, Барнесса. Культивирование проводили при температуре +28°C в течение 7-14 суток, после чего проводили количественный учёт выросших колоний и их отсев для дальнейшего изучения. Идентификацию плесневых грибов осуществляли 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 85 штаммов плесневых грибов, 13 видов (табл. 2).

Таблица 2. Особенности микокомплексов ягод винограда, выращиваемого в Саратовской области

Таксоны грибов	Аркадия		Украинка		Изабелла		Лидия		Мускатный		Шахтер	
	ИБ*, %	КОЕ/см ² , M±m	ИБ, %	КОЕ/см ² , M±m	ИБ, %	КОЕ/см ² , M±m	ИБ, %	КОЕ/см ² , M±m	ИБ, %	КОЕ/см ² , M±m	ИБ, %	КОЕ/см ² , M±m
<i>Alternaria alternata</i>	20	1±0,1	0	0	100	35±2	20	1±0,2	40	2±0,1	0	0
<i>Aspergillus flavipes</i>	0	0	0	0	20	10±1	0	0	0	0	0	0
<i>A. flavus</i>	0	0	0	0	60	4±0,2	100	218±12	0	0	100	950±24
<i>A. nidulans</i>	0	0	0	0	20	2±0,2	0	0	0	0	0	0
<i>A. niger</i>	20	1±0,2	20	1±0,1	0	0	0	0	20	1±0,1	0	0
<i>A. terreus</i>	0	0	20	2±0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	0	0	0	80	9±0,3	0	0	20	2±0,2	0	0
<i>Cladosporium herbarum</i>	0	0	60	3±0,2	5	1±0,2	100	15±2	0	0	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0	20	1±0,2	20	1±0,1	0	0	0	0
<i>Mucor racemosus</i>	0	0	0	0	40	3±0,1	0	0	20	5±0,2	0	0
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0	0	0	0	60	4±0,2	0	0	0	0	0	0
<i>P. citrinum</i>	0	0	40	2±0,1	40	2±0,2	60	18±2	60	202±11	0	0
<i>Rhizopus arrhizus</i>	20	1±0,1	0	0	20	10±1	20	2±0,1	20	3±0,2	0	0
Всего видов	3		4		11		6		6		1	

*ИБ – индекс встречаемости

Наиболее широко на поверхности ягод были представлены *Alternaria alternata*, *Penicillium citrinum* и *Rhizopus arrhizus*, которые изолировались с 4 сортов из шести изученных. *P. citrinum* и *R. arrhizus* являются сапротрофами и широко распространены в окружающей среде [3, 4]. Эти виды часто выделяются с поверхности фруктов и овощей в процессе их порчи. *R. arrhizus* отмечен как возбудитель зигомикоза у людей с ослабленным иммунитетом [5]. Однако, его количественное содержание на плодах винограда низкое (не более 10 КОЕ/см²), что позволяет предположить, что при попадании в организм здорового человека такой дозы будет недостаточно для развития заболевания. *A. alternata* часто изолируется с поверхности самых разнообразных растений, является возбудителем альтернариозов многих сельскохозяйственных культур. Эти грибы продуцируют несколько микотоксинов, которые обладают гематотоксическими, генотоксическими, мутагенными, канцерогенными и аллергенными свойствами [6]. На винограде сорта Изабелла этот гриб встречался в 100% проб и имел относительно высокое количественное содержание. Употребление в пищу ягод винограда, обильно обсеменённых этим грибом, может представлять угрозу здоровью людей, особенно детей.

Род *Aspergillus* на поверхности ягод был представлен наибольшим числом видов. Грибы этого рода также широко распространены в природе, встречаются в почве, на гниющих растениях, в продуктах питания. Многие виды способны вызывать аспергиллёзы у сельскохозяйственных растений. У человека выделенные виды способны вызывать какие-либо патологии только при ослабленном иммунитете. Опасность грибов этого рода для человека связана, прежде всего, с продуцируемыми ими афлатоксинами. Наиболее широкий спектр патологий человека (микотоксикоз, отит, синусит, инвазивный микоз и др.) способен вызывать *A. flavus*, продуцирующий данные микотоксины наиболее активно [7]. Наибольшее обсеменение грибами этого вида было отмечено у ягод сортов Лидия и Шахтёр.

Все остальные выделенные виды грибов присутствовали на ягодах винограда в незначительном количестве (не более 10 КОЕ/см²), однако на некоторых сортах имели высокую встречаемость (например, *Cladosporium cladosporioides* изолировался из 80% проб винограда Изабелла).

Наиболее богатый видовой состав плесневых грибов оказался у ягод винограда сорта Изабелла. Это может быть связано с тем, что данный сорт достаточно устойчив к грибковым заболеваниям, и его меньше обрабатывают фунгицидами по сравнению с другими сортами. При многократных обработках фунгицидами на поверхности ягод выживают лишь устойчивые виды грибов, которые начинают там активно размножаться. Примером может служить высокая численность (свыше 200 КОЕ/см²) *A. flavus* на ягодах сортов Лидия и Шахтёр, *P. citrinum* на плодах Мускатного.

Следует отметить, что все выделенные виды грибов могут вызывать те или иные патологии у людей с ослабленным иммунитетом, в связи с чем регулярный мониторинг видового состава и численности плесневых грибов на поверхности ягод винограда является важной задачей фитосанитарной микробиологии.

Список литературы:

1. Petruzzello M. Grape [Электронный ресурс]: Grape Taxonomy, Species, History, & Facts // Britannica. 2019. URL: <https://www.britannica.com/plant/nectarine> (дата обращения: 01.02.23).
2. Благовещенская Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты: Учебный определитель. Москва: Ленанд, 2015. 240 с.
3. Лекомцева С.А., Малозёмов О.Ю. Особенности грибов рода *Penicillium* и возможности их использования // Форум молодых ученых. 2021. Т. 11, № 63. С. 210–214.
4. Gryganskyi A.P., Golan J., Dolatabadi S. et al. Phylogenetic and phylogenomic definition of *Rhizopus* species // G3: Genes, Genomes, Genetics (Bethesda). 2018. V. 8, № 6. P. 2007–2018.
5. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. Москва: Мир, 2001. 486 с.
6. Хапилина О.Н., Райзер О.Б., Туржанова А.С., Календарь Р.Н. Выделение и rbs-дифференциация изолятов *Alternaria* spp. // Аграрный вестник Урала. 2020. Т. 10, № 201. С. 64–72.
7. Назарова М.А., Сулейменова З.И., Сейдулаева Л.Б., Дуйсенова А.К., Курманова К.Б. Аспергиллез // Вестник АГИУВ. 2012. № 4. С. 43–46.

**БИОДЕГРАДАЦИЯ ОРГАНОПОЛЛЮТАНТОВ
НЕПАТОГЕННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ РОДА *HERBASPIRILLUM***

Н.С. Величко¹, Ю.П. Федоненко^{1,2}

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»,
Саратов, Россия

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

**BIODEGRADATION OF ORGANIC POLLUTANTS BY NON-PATHOGENIC
MICROORGANISMS OF THE GENUS *HERBASPIRILLUM***

N.S. Velichko¹, Y.P. Fedonenko^{1,2}

¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal
State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

²Saratov State University, Saratov, Russia
velichko_n@ibppm.ru

Аннотация. Поиск технологий деградации ксенобиотиков, основанных на использовании возможностей метаболизма микроорганизмов является актуальной проблемой. В работе дана оценка способности штаммов бактерий рода *Herbaspirillum* к деградации экотоксикантов. Проведен скрининг наличия у них окислительных ферментных систем. Проведено полногеномное секвенирование одного из перспективных штаммов, что позволит дать полную характеристику генетических детерминант, обуславливающих уникальные свойства этих штаммов по разложению выбранного ряда ксенобиотиков.

Ключевые слова: биodeградация, *Herbaspirillum*, ПАВ, ПАУ, фенолы, деструкция.

Загрязнение окружающей среды – серьезная проблема современности. Осознание важности обеспечения экологического благополучия диктует необходимость разработки и внедрения в практику различных отраслей народного хозяйства инновационных высокопродуктивных биотехнологических методов индикации и деградации экотоксикантов. К сожалению, применяемые физико-химические методы уничтожения отходов цивилизации, включающие сорбцию, химическую флокуляцию, фильтрацию или коагуляцию, оказываются малоэффективными [1–3]. В качестве альтернативы в настоящее время стали активно применяться биологические методы мониторинга и деградации ксенобиотиков в водной среде и сточных водах промышленных предприятий, отличающиеся высокой экологической безопасностью и экономичностью по сравнению с другими методами [4, 5]. Все большее признание завоевывает микробиологический метод деградации. Эффективность метода биodeградации основана на поразительных гибкости и совершенстве метаболических путей микроорганизмов.

Использование биохимических возможностей микроорганизмов, отбор наиболее стойких, активных культур и создание условий, которые способствуют разложению токсических органических соединений, позволяют интенсифицировать процесс очистки. Изучение биodeградации и детекции органополютантов с применением прокариот, повышение уровня знаний о процессах микробной деструкции ксенобиотиков, в том числе их генетической регуляции, позволит находить грамотные технологические решения при совершенствовании технологий микробной очистки, моделировать эти процессы и управлять ими [6, 7].

Методы, основанные на метаболической активности микроорганизмов-деструкторов, становятся все более популярными. Однако в данной области остается много нерешенных вопросов, касающихся выбора биообъекта, подбора условий деградации того или иного

органополлютанта, сокращения времени и ресурсов, затраченных на данный процесс, а самое главное минимизации рисков вторичного загрязнения.

В последние годы активный интерес, как для фундаментальных, так и для прикладных исследований, вызывают граммотрицательные β -Proteobacteria – *Herbaspirillum* spp., вследствие наличия у них уникальной способности использовать в качестве единственного источника углерода и энергии широкий спектр органических соединений. Разнообразие проявляемых ими биосинтетических и катаболических реакций, особенности генетической организации позволяют рассматривать *Herbaspirillum* в качестве перспективного объекта для применения в области биотехнологии [8], в частности биоремедиации. Вместе с тем, несмотря на актуальность задачи, до настоящего времени для микроорганизмов данного рода не были описаны физиолого-биохимические и генетические особенности биодеградации ксенобиотиков.

Помимо изучения биодеградативного потенциала мы изучаем генетические и физиологические особенности перспективных в биотехнологическом аспекте бактериальных штаммов. Проведено полногеномное секвенирование одного из перспективных штаммов, что позволит дать полную характеристику генетических детерминант, обуславливающих уникальные свойства этих штаммов по разложению выбранного ряда ксенобиотиков. Анализ с привлечением международных баз данных выявил уникальность на генетическом уровне биодеградативных свойств ряда штаммов-деструкторов из имеющихся в нашем распоряжении коллекции.

Список литературы:

1. Forgacs E., Cserhati T., Oros G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review // Environment International. 2004. V. 30. P. 953–971.
2. Jadhav J.P., Kalyani D.C., Telke A.A., Phugare S.S., Govindwar S.P. Evaluation of the efficacy of a bacterial consortium for the removal of color, reduction of heavy metals, and toxicity from textile dye effluent // Bioresour. Technol. 2010. № 101. P. 165–173.
3. Devesa-Rey R., Vecino X., Barral M.T., Cruz J.M., Moldes A.B. Study of the Sorption of Biosurfactants from l. Pentosus on Sediments // World Academy of Science, Engineering and Technology. 2011. V. 5. P. 986–990.
4. Adac A., Bandyopadhyay M., Pal A. Removal of anionic surfactant from wastewater by alumina a case study // Physicochem. Eng. 2005. V. 254. P. 165–171.
5. Apajalahti J.H.A., Salkinoja-Salonen M.S. Complete dechlorination of tetrachlorohydroquinone by cell-extracts of pentachlorophenol-induced *Rhodococcus-chlorophenolicus* // J. Bacteriol. 1987. V. 169. P. 5125–5130.
6. Cain R.B. Biodegradation of detergents // Curr. Opin. Biotechnol. 1994. V. 5. P. 266–274.
7. Caracciolo A.B., Cardoni M., Pescatore T., Patrolecco L. Characteristics and environmental fate of the anionic surfactant sodium lauryl ether sulphate (SLES) used as the main component in foaming agents for mechanized tunnelling // Environ. Pollut. 2017. V. 226. P. 94–103.
8. Batista M.B., Moller-Santos M., Pedrosa F.O., Maltempo S.E. Potentiality of *Herbaspirillum seropedicae* as a Platform for bioplastic production // Microbial models: From Environmental to Industrial Sustainability / Ed. Kastro-Sowinski S. Singapore: Springer, 2016. V. 1. P. 23–41.

**АДГЕЗИВНАЯ АКТИВНОСТЬ
ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫХ К МАРГАНЦУ (II) МИКРООРГАНИЗМОВ**

М.А. Касаткина, Е.В. Плешакова

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

**ADHESIVE ACTIVITY
OF HIGHLY RESISTANT TO MANGANESE (II) MICROORGANISMS**

M.A. Kasatkina, E.V. Pleshakova

Saratov State University, Saratov, Russia

milena.kasatkina22@yandex.ru

Аннотация. В данной работе представлены результаты изучения адгезивной активности у микроорганизмов, выделенных из высокомагнитной почвы г. Медногорска, по отношению к жидким углеводородам (*n*-гексадекан) и твёрдым поверхностям (полистирол). Показано, что изученные высокоустойчивые к марганцу (II) микроорганизмы обладают выраженной адгезивной активностью по отношению к *n*-гексадекану и полистиролу. Степень адгезии к *n*-гексадекану и полистиролу у микроорганизмов составила: *B. simplex* 55.2 – 62,0 и 81,2 %, *B. simplex* 13.2 – 59,0 и 78,6 %, *B. megaterium* 69.5 – 64,8 и 60,4 %, *Listeria murrayi* 13.4 – 69,2 и 72,6 %. Полученные результаты могут быть использованы при подборе оптимального режима иммобилизации высокоустойчивых к марганцу (II) микроорганизмов при применении их в биотехнологических процессах ремедиации вод, загрязнённых тяжёлыми металлами.

Ключевые слова: микроорганизмы, адгезия, марганец, полистирол, *n*-гексадекан.

Процессы перемещения и иммобилизации бактерий в почве и водной среде имеют большое значение при загрязнении подземных вод, а также при биоремедиации загрязнённых водоносных горизонтов. Перенос бактерий в насыщенной зоне регулируется их способностью адсорбироваться на твёрдых поверхностях. Адгезия на твёрдых частицах считается основным фактором, тормозящим движение бактерий в пористых средах, когда диаметр бактериальных клеток не превышает 5 % от среднего размера пор. Первоначальная адгезия является, как правило, абиотическим физико-химическим процессом и регулируется поверхностными свойствами, как бактерий, так и адсорбирующей поверхности [1]. Известно, что при ассимиляции и биотрансформации углеводородных субстратов адгезионные процессы являются первым этапом взаимодействия бактерий и углеводородов [2, 3]. Один из прикладных аспектов изучения бактериальной адгезии – это использование иммобилизованных микроорганизмов в биотехнологиях очистки сточных вод. Важным фактором, влияющим на эффективность очистки, является высокий уровень адгезивной активности микроорганизмов.

Цель настоящих исследований состояла в определении уровня адгезивной активности высокоустойчивых к марганцу (II) микроорганизмов по отношению к жидкому и твёрдому субстрату. Объектом исследования служили микробные штаммы *Bacillus simplex* 55.2, *B. simplex* 13.2, *B. megaterium* 69.5 и *Listeria murrayi* 13.4, изолированные из микробценозов сильномагнитных почв города Медногорска, показавшие ранее высокую устойчивость к ионам марганца (II) [4, 5]. Адгезию микроорганизмов к *n*-гексадекану изучали с помощью МАТН-метода (Microbial Adhesion to Hydrocarbons – микробная адгезия к углеводородам): в обезжиренные пробирки вносили *n*-гексадекан и бактериальную суспензию в РУМ-буфере в соотношении 1:2,5. После интенсивного встряхивания и отстаивания данной смеси производили измерение оптической плотности водной фазы при длине волны 600 нм, результаты которого приведены на рисунке 1.

Степень адгезии вычисляли по разнице между исходным значением оптической плотности бактериальной суспензии, составляющей 0,5 ед., и оптической плотностью отстоявшейся водной фазы [6]. Расчёт степени адгезии у четырёх изученных нами микробных штаммов показал

небольшую вариабельность адгезивной активности к жидкому углеводороду. У *Listeria murrayi* 13.4 степень адгезии составила 69,2 %, у *B. megaterium* 69.5 – 64,8 %, у *B. simplex* 55.2 – 62,0 %, наименьшие адгезивные свойства наблюдались у *B. simplex* 13.2, степень адгезии составила 59,0 %.

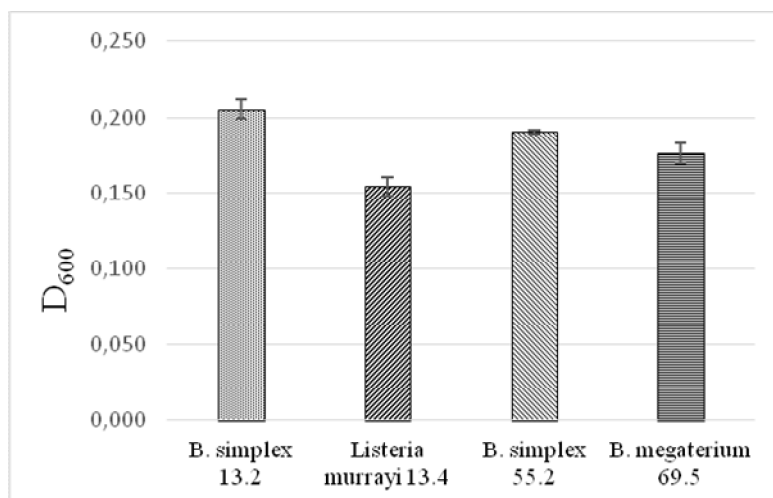


Рисунок 1. Значения оптической плотности водной фазы раствора, после взаимодействия бактериальной суспензии с *n*-гексадеканом

Адгезивную активность по отношению к твёрдому субстрату (полистиролу) исследовали с помощью 96 луночных полистирольных микропланшетов (Медполимер, Санкт-Петербург) с использованием фосфатного буфера (pH 7,0) и окрашивания прикреплённых клеток 1%-м водным раствором кристаллического фиолетового. Бактериальную суспензию (200 мкл) инкубировали в микропланшете при 28 °С двое суток, неадгезированные микроорганизмы удаляли с помощью фосфатного буфера. После окрашивания микропланшеты краситель экстрагировали смесью этанола и ацетона в соотношении 4:1 и измеряли оптическую плотность экстракта при длине волны 630 нм. Результаты представлены на рисунке 2.

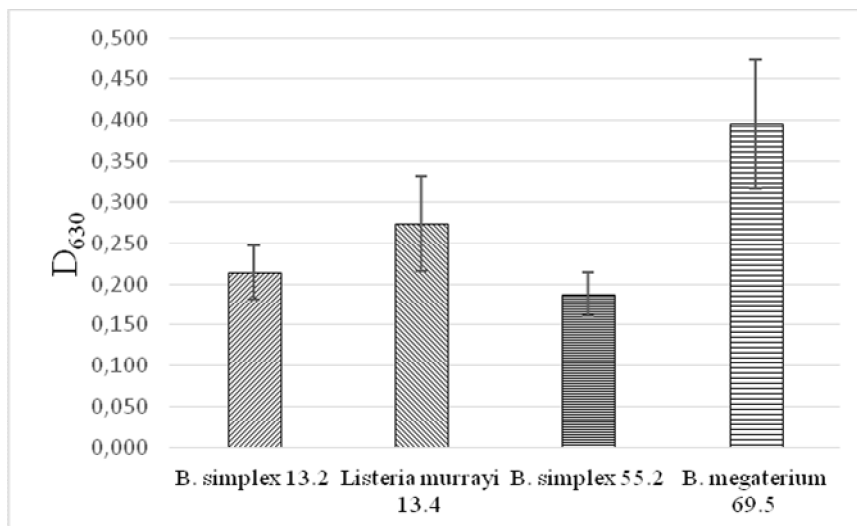


Рисунок 2. Значения оптической плотности экстракта

Степень адгезии микроорганизмов к полистиролу определялась отношением оптической плотности экстракта к исходной оптической плотности, принимаемой за 1 единицу. У четырёх изученных нами микробных штаммов обнаружен более широкий диапазон адгезивной активности по отношению к твёрдой поверхности по сравнению с адгезией к жидкому субстрату. Максимальная степень адгезии установлена у *B. simplex* 55.2 – 81,2 %, у *B. simplex* 13.2 и *Listeria murrayi* 13.4 – 78,6 и 72,6 %, минимальная степень адгезии показана у *B. megaterium* 69.5 – 60,4 %.

Известно, что для большинства прокариот характерна чёткая корреляция между гидрофобными и адгезивными свойствами [7], поэтому выявленные различия в адгезивной способности у изученных микроорганизмов указывают на различия в степени гидрофобности клеточной поверхности. В то же время, следует отметить, что изученные высокоустойчивые к марганцу (II) микроорганизмы обладают выраженной адгезивной активностью по отношению и к жидкому, и твёрдому субстрату. У *B. megaterium* 69.5 и *Listeria murrayi* 13.4 при этом существенных различий не наблюдается, у *B. simplex* 55.2 и *B. simplex* 13.2 адгезивная способность к твёрдому субстрату примерно на 20 % выше, чем к жидкому.

Полученные результаты могут быть использованы при подборе оптимального режима иммобилизации микроорганизмов, высокоустойчивых к марганцу (II), при применении их в биотехнологических процессах ремедиации вод, загрязнённых тяжёлыми металлами.

Список литературы:

1. Зубарева И.В., Беренштейн Т.Ф., Федянин С.Д. Об адгезии грамположительных кокков // Вестник ВГМУ. 2010. Т. 9, № 1. С. 6–15.
2. Куюкина М.С., Варушкина А.М., Ившина И.Б. Влияние электропорации на чувствительность к антибиотикам и адгезию к *n*-гексадекану клеток *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 231 // Прикл. биохим. и микробиол. 2020. Т. 56, № 6. С. 612–618.
3. Hong Z. et al. Initial adhesion of *Bacillus subtilis* on soil minerals as related to their surface properties // European Journal of Soil Science. 2012. V. 63, № 4. P. 457–466.
4. Плешакова Е.В. и др. Изучение марганцеоксилирующих микроорганизмов, выделенных из микробоценозов высокомагнитных почв // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, Вып. 4. С. 409–418.
5. Касаткина М.А., Решетников М.В., Плешакова Е.В. Изучение биологических и функциональных свойств микроорганизмов с высокой устойчивостью к марганцу (II) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия. Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, Вып. 3. С. 318–330.
6. Рубцова Е.В. и др. Влияние физико-химических свойств актинобактерий рода *Rhodococcus* на их адгезию к полистиролу и *n*-гексадекану // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-4. С. 900–904.
7. Кузнецова М.В. Оценка гидрофобности, адгезивной и биопленкообразующей способности нозокомиальных штаммов *Pseudomonas aeruginosa* // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. № 5, Т. 51. С. 55–58.

**ЛИПОПОЛИСАХАРИД БАКТЕРИЙ *AZOSPIRILLUM SOLI* CC-LY788(T):
СТРУКТУРА И АКТИВНОСТЬ В ОТНОШЕНИИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ**

Н.К. Кондюрина¹, Е.Н. Сигида², Э.Л. Здорovenko³, Ю.П. Федоненко^{1,2}, С.А. Коннова^{1,2}

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»,
Саратов, Россия

³Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, Москва, Россия

**LIPOPOLYSACCHARIDE OF *AZOSPIRILLUM SOLI* CC-LY788(T): STRUCTURE AND
EFFECT ON WHEAT SEEDLINGS**

N.K. Kondyurina¹, E.N. Sigida², E.L. Zdorovenko³, Yu.P. Fedonenko^{1,2}, S.A. Konnova^{1,2}

¹ Saratov State University, Saratov, Russia

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal
State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

³Institute of Organic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
natasha.kondyurina@gmail.com

Аннотация. Липополисахариды грамотрицательных симбиотических бактерий рода *Azospirillum* играют важную роль в образовании растительно-микробных ассоциаций. В данной работе приведены результаты исследования структурных особенностей липополисахарида *Azospirillum soli* CC-LY788(T), а также охарактеризована его биологическая активность в отношении проростков пшеницы *Triticum aestivum* L. Установлено, что данный полимер индуцирует ответные реакции растений и активирует их ростовые процессы.

Ключевые слова: липополисахарид, пшеница, растительно-бактериальная ассоциация, *Azospirillum soli*, стимуляция роста.

Азоспириллы – грамотрицательные симбиотические бактерии, относящиеся к группе рост-стимулирующих ризобактерий (PGPR – plant growth-promoting rhizobacteria). Азоспириллы населяют ризосферу многих культурных и дикорастущих злаков, являясь их естественными симбионтами, формирующими растительно-бактериальные ассоциации. В широком спектре работ, выполненных рядом исследователей, была неоднократно доказана способность бактерий рода *Azospirillum* оказывать комплексное воздействие на растения, включающее продукцию фитогормонов и сидерофоров, солюбилизацию фосфатов, инактивацию некоторых токсинов и конкуренцию с патогенными микроорганизмами [1]. Также было показано, что значительную роль во взаимодействии азоспирилл с растением играют бактериальные гликополимеры, в числе которых липополисахариды (ЛПС) – биологически активные макромолекулы, представленные липидной (липид А) и углеводной (коровый олигосахарид и О-специфический полисахарид, ОПС) компонентами. ОПС, как наиболее переменная часть молекулы, представляет особый интерес для фундаментальных исследований в области растительно-микробных взаимодействий. На сегодняшний день известно, что ЛПС способны индуцировать ответные реакции растений, а также в определённых пределах концентраций стимулировать их ростовые процессы, однако механизмы, лежащие в основе этих эффектов, до сих пор изучены недостаточно и требуют дальнейших исследований.

Целью данной работы являлись характеристика состава ЛПС типового штамма *Azospirillum soli* CC-LY788 [2], установление структуры повторяющегося звена ОПС и выявление активности ЛПС данного штамма в отношении проростков пшеницы *Triticum aestivum* L. Для достижения поставленной цели был решён ряд задач, включавший выделение препаративных количеств ЛПС

исследуемого штамма, определение его биополимерного состава, получение ОПС и комплексный анализ его структуры, реализованный с помощью методов газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ), ГЖХ-масс-спектрометрии и ЯМР-спектроскопии, а также проведение экспериментов с растениями.

Бактерии культивировали на синтетической среде с малатом натрия до окончания экспоненциальной фазы роста, осаждали центрифугированием, промывали несколько раз 0.15 М раствором NaCl и высушивали ацетоном. Из сухой бактериальной массы *A. soli* горячим водным фенолом по модифицированному методу Вестфала [3] экстрагировали ЛПС. Для ЛПС определяли содержание углеводов, включая кетодезоксиоктоновую кислоту (Kdo), состав жирных кислот, моносахаридный состав. Мягким кислотным гидролизом с последующим хроматографическим разделением получали ОПС, для которого определяли моносахаридный состав, абсолютные конфигурации моносахаридов, характер замещения моносахаридных остатков и структуру повторяющегося звена общеизвестными методами [4]. Для проведения биологических экспериментов использовалась пшеница *T. aestivum* L. сорта Саратовская 58. Зерновки стерилизовали 80% этанолом и 0.1% раствором диоксида, проращивали на плотной среде и затем трёхсуточные проростки переносили в стерильные контейнеры с жидкой средой Фареуса. Для экспериментальной группы в среду вносили ЛПС *A. soli* для достижения конечной концентрации 100 мкг/мл. На 1, 3 и 7 сутки культивирования с ЛПС были произведены измерения морфофизиологических и биохимических параметров растений. Площадь листовых пластинок измерялась в использовании специализированного приложения Petiole [5]. Содержание пигментов зелёных листьев определяли по методу Wellburn [6].

В выделенном ЛПС было выявлено преобладание углеводной составляющей (более 70%), наличие Kdo и 3-гидроксигирных кислот. Состав и соотношение жирных кислот липида А ЛПС был близок к таковым, характерным для других представителей рода *Azospirillum*, что согласуется с консервативностью структуры гидрофобного домена молекулы ЛПС. Методом Бредфорда в ЛПС были выявлены следовые количества белка, что не подтвердилось в ходе электрофоретического исследования. Методом электрофореза в полиакриламидном геле [7] было продемонстрировано, что ЛПС преимущественно представлен S-формами молекул, т.е. высокомолекулярной формой, содержащей помимо липида А и корового олигосахарида ОПС.

В составе ОПС были обнаружены D-Glc и L-Rha в соотношении 1:2. На основании данных ГЖХ анализа ацетатов полиолов и ацетилированных октилгликозидов, данных ГЖХ-МС частично метилированных ацетатов полиолов и данных одно- и двумерной ЯМР-спектроскопии была определена структура повторяющегося звена ОПС, представленного трисахаридом: $\rightarrow 2) - \alpha - D - Glcp4OMe - (1 \rightarrow 3) - \alpha - L - Rhap2OAc - (1 \rightarrow 2) - \alpha - L - Rhap - (1 \rightarrow$, где для остатка D-Glc было показано нестехиометрическое метилирование, а для одного из остатков L-Rha – нестехиометрическое ацетилирование.

При культивировании проростков пшеницы в присутствии ЛПС было отмечено статистически достоверное увеличение площади первого настоящего листа на 20.7%. Помимо этого, у опытной группы растений отмечено увеличение содержания каротиноидов на 41.37% по сравнению с контролем. Также для экспериментальных растений было характерно увеличение митотического индекса для клеток апикальных меристем корня в 1.5 раза.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: ЛПС типового штамма *A. soli* по биополимерному составу близок с таковым у других представителей рода *Azospirillum*. Получены приоритетные данные о структуре повторяющегося звена ОПС *A. soli* CC-LY788^T. Наличие L-рамнанового мотива в ОПС обеспечивает серологический перекрест и отнесение типового штамма *A. soli* к серогруппе III азоспирилл [4]. Для ЛПС *A. soli* CC-LY788^T была зафиксирована способность вызывать ответные реакции у проростков пшеницы. Достоверное изменение таких параметров, как площадь ассимилирующей поверхности листа и значение митотического индекса, свидетельствует о стимулирующем характере действия ЛПС азоспирилл на рост и развитие растений, а изменение содержания основных пигментов в листьях – о способности ЛПС *A. soli* индуцировать системную устойчивость растения-хозяина. Известно, что ЛПС относится к числу микроб-ассоциированных молекулярных паттернов (microbe-

associated molecular pattern, МАР), под действием которых в растении активизируется каскад физиолого-биохимических реакций, конечное проявление которых зависит от природы индукторов. При воздействии МАР, растения генерируют активные формы кислорода, направленные на окислительные повреждение патогенов и вызывающие повреждения различных соединений в собственных тканях. О-антигены симбиотических бактерий вызывают у растения ответные реакции меньшей интенсивности, не приводящие к драматическим изменениям, но позволяющие активировать защитные механизмы фитоиммунитета. Таким образом, положительный эффект от использования азоспирилл в качестве компонентов биоудобрений дополняется способностью их преобладающих поверхностных гликополимеров индуцировать системную устойчивость растений, что может иметь существенное значение в практических агрозащитных мероприятиях.

Список литературы:

1. Turkovskaya O.V., Golubev S.N. The collection of rhizosphere microorganisms: its importance for the study of associative plant-bacterium interactions / Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020 Т. 24, № 3. С. 315–324.
2. Shih-Yao L. et al. *Azospirillum soli* sp. nov., a nitrogen-fixing species isolated from agricultural soil // Int. J. System. Evol. Microbiol. 2015. V. 65. P. 4601–4607.
3. Кульшин В.А. и др. Улучшенный метод выделения липополисахаридов из грамотрицательных бактерий // Мол. генетика, микробиология и вирусология. 1987. № 5. С. 44–46.
4. Федоненко Ю.П. и др. Структура и серология О-антигенов азотфиксирующих ризобактерий рода *Azospirillum* // Изв. АН. Сер. хим. 2015. № 5. С. 1024–1031.
5. Дорофеева М.М., Бонецкая С.А. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методик определения площади листовой поверхности // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, № 2. С. 182–192.
6. Wellburn R.A. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. Plant Physiol. 1994. V. 144. P. 307–313.
7. Hitchcock P.J. Morphological heterogeneity among *Salmonella* lipopolysaccharide chemotypes in silver-stain polyacrylamide gels // J. Bacteriol. 1983. V. 154. P. 269–277.

**СТРУКТУРА О-СПЕЦИФИЧЕСКОГО ПОЛИСАХАРИДА
ГАЛОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ *HALOMONAS FONTILAPIDOSI* KR26**

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

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

²Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г.Б. Елякова
Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

³Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

**STRUCTURE OF THE O-SPECIFIC POLYSACCHARIDE FROM MODERATELY
HALOPHILIC *HALOMONAS FONTILAPIDOSI* STRAIN KR26**

M.S. Kuzina¹, E.N. Sigida¹, M.S. Kokoulin², V.S. Grinev^{1,3}, Y.P. Fedonenko^{1,3}, S.A. Konnova¹

¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

²G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

³Saratov State University, Saratov, Russia
kuzina-marina10@inbox.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования липополисахарида анаэробных умеренно галофильных бактерий *Halomonas fontislapidosi* KR26, выделенных из образца соли, собранного в соленом озере Сасык-Сиваш. Идентификацию штамма осуществляли на основании культуральных данных, а также данных физиолого-биохимических анализов и последовательности гена 16S рДНК. Получены приоритетные данные о структуре повторяющегося звена О-антигена *H. fontislapidosi* KR26: [→2)-α-L-Rhap-(1→2)-α-L-Rhap-(1→3)-α-L-Rhap-(1→4)-β-D-Galp-(1→)].

Ключевые слова: галофильные бактерии, *Halomonas fontislapidosi*, дипополисахарид, структура О-антигена.

Экосистемы гиперсоленых водоемов, широко распространенных по планете, довольно разнообразны, а среди микроорганизмов, обитающих в них, преобладают галофильные археи и бактерии. Уникальность структуры и функционирования галофильной микробиоты обусловлена физико-химическими параметрами этих экосистем (соленостью, рН среды, температурным режимом и т.д.). Адаптация к экстремальным условиям обитания, для которых довольно часто отмечаются большие физико-химические градиенты, у микроорганизмов приводит к изменениям в метаболизме и продукции множества новых биомолекул. Благодаря этому галофильная микробиота является обширным природным ресурсом биополимеров, востребованных в биотехнологии [1]. Следствием осмоадаптации к пространственно-временной изменчивости абиотических факторов в гиперсоленых водоемах является высокая продуктивность галофильных прокариот и накопление биогенов, в том числе экстраклеточных и мембранных гликополимеров, структурные особенности которых позволяют удерживать большее количество воды.

Род грамотрицательных бактерий *Halomonas* является типовым для большого семейства Halomonadaceae и включает в себя сто шестьдесят восемь видов, из которых 33 пока не валидированы (<https://lpsn.dsmz.de>). Известно, что *Halomonas* spp. являются продуцентами биологически активных полимеров, в том числе и полисахаридов, которые благодаря своей уникальной структуре и физическим свойствам могут быть использованы в медицине, фармацевтической и пищевой промышленности [2-5].

Целью данной работы была характеристика липополисахарида (ЛПС) изолята KR26, выделенного из образцов соли озера Сасык-Сиваш (Крым, Россия). Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: отобрать из полученных из образцов соли изолятов грамотрицательные бактерии с мукоидным фенотипом, идентифицировать их, выделить липополисахарид и установить структуру повторяющегося звена О-антигена для одного из отобранных штаммов.

Изоляты галофильных бактерий выделяли с использованием модифицированной среды S-G [6] с различным содержанием NaCl (0-25%). Отбирали изоляты грамотрицательных бактерий с мукоидными колониями. Идентификацию каждой изолированной культуры микроорганизмов осуществляли на основании данных анализа культурально-морфологических и биохимических свойств, а также данных секвенирования генов 16S рДНК.

Макромолекулярную организацию ЛПС оценивали по электрофоретическому профилю. Из отобранного изолята KR26 модифицированным методом Вестфала был экстрагирован ЛПС, для которого характеризовали биополимерный, моносахаридный и жирнокислотный составы общепринятыми методами [7]. ЛПС гидролизовали 2% уксусной кислотой при 100 °С, осаждали центрифугированием гидрофобную часть – липид А, а водорастворимую часть делили методом гель-хроматографии на колонке с Sephadex G-50. Высокомолекулярную фракцию – О-специфический полисахарид (ОПС), лиофилизировали. Структуру повторяющегося звена ОПС определяли на основании данных моносахаридного анализа, определения абсолютных конфигураций моносахаридных остатков, характеристики позиций замещения моносахаридов и данных одно- и двумерной ЯМР-спектроскопии [7].

Из образцов соли озера Сасык-Сиваш были выделены 30 изолятов, среди которых было отобрано шесть штаммов грамотрицательных бактерий, продуцирующих по данным электрофоретического анализа S-формы ЛПС, содержащие липид А, коровый олигосахарид и ОПС. Для дальнейшего исследования был отобран штамм KR26, отличающийся высокой продуктивностью полисахаридов. Данный штамм бактерий является хемоорганотрофом, каталазо- и оксидазо-положительным, способен гидролизовать желатин, мочевины и ДНК, обладает способностью фиксировать азот. В качестве источника углерода штамм KR26 способен использовать D-глюкозу, маннит, D-мальтозу, D-сахарозу. По совокупности охарактеризованных свойств и данных биоинформатического анализа (EzBioCloud.net) последовательности гена 16S рДНК (GenBank accession No. OQ983906.1) штамм KR26 был отнесен к *Halomonas fontilapidosi*.

H. fontilapidosi KR26 культивировали на богатой среде NB с содержанием NaCl 5% при 30 °С 48 ч. Клетки осаждали центрифугированием (4000 об/мин, 30 мин), промывали двукратно физраствором, несколько раз обрабатывали ацетоном и высушивали на воздухе. Из сухой биомассы экстракцией горячим водным фенолом получали ЛПС, выход которого составил 2.3% от массы ацетонового порошка бактерий. Мягким кислотным гидролизом ЛПС с последующим хроматографическим разделением был получен высокомолекулярный ОПС, выход которого составил 19.6% от массы ЛПС.

Моносахаридный анализ методом ГЖХ ацетилированных полиолов после полного кислотного гидролиза ОПС выявил Rha и Gal в соотношении ~3:1. Определение абсолютных конфигураций моносахаридных остатков методом ГЖХ ацетилированных октилглюкозидов показало, что Gal имеет D конфигурацию, в то время как Rha – L конфигурацию.

На основании данных ЯМР-спектроскопии было установлено, что ОПС *H. fontilapidosi* KR26 состоит из линейных повторяющихся тетрасахаридных звеньев следующей структуры: $\rightarrow 2)$ - α -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ 3)- α -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-Galp-(1 $\rightarrow$. По нашим данным подобная структура ранее не была обнаружена в бактериальных полисахаридах [8]. Однако структурный три-L-рамнанный мотив, выявленный в составе ОПС штамма KR26, широко распространен среди бактериальных О-антигенов. Он обнаружен в повторяющихся звеньях ОПС различных бактерий, таких как патогенных для человека *Shigella flexneri*, *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, фитопатогенных *Pseudomonas* spp, *Burkholderia solanacearum*, *Ralstonia solanacearum* и *Xanthomonas campestris*, а также растительных симбионтах *Azospirillum* spp. [8–10].

Список литературы:

1. Ye J.W., Lin Y.N., Yi X.Q., Yu Z.X., Liu X., Chen G.Q. Synthetic biology of extremophiles: a new wave of biomanufacturing // Trends Biotechnol. 2023. V. 41. P. 342–357.
2. Biswas J., Jana S.K., Mandal S. Biotechnological impacts of *Halomonas*: a promising cell factory for industrially relevant biomolecules // Biotechnol. Genet. Eng. Rev. 2022. P. 1–30.
3. Erginer M., Gökalsin B., Tornaci S., Sesal C., Toksoy Öner E. Exploring the potential of *Halomonas* levan and its derivatives as active ingredients in cosmeceutical and skin regenerating formulations // Int. J. Biol. Macromol. 2023. V. 240. P. 124418.
4. Kokoulin M.S., Sigida E.N., Kuzmich A.S., Ibrahim I.M., Fedonenko Y.P., Konnova S.A. Structure and antiproliferative activity of the polysaccharide from *Halomonas aquamarina* related to *Cobetia pacifica* // Carbohydr. Polym. 2022. V. 298. P. 120125.
5. Wang Q., Wei M., Zhang J., Yue Y., Wu N., Geng L., Sun C., Zhang Q., Wang J. Structural characteristics and immune-enhancing activity of an extracellular polysaccharide produced by marine *Halomonas* sp. 2E1 // Int. J. Biol. Macromol. 2021. V. 183. P. 1660–1668.
6. Sehgal S.N., Gibbons N.E. Effect of some metal ions on the growth of *Halobacterium cutirubrum* // Can. J. Microbiol. 1960. V. 6, № 2. P. 165–169.
7. Федоненко Ю.П., Коннова С.А., Сигида Е.Н. Гликополимеры ассоциативных микроорганизмов: фундаментальные и прикладные аспекты. Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 2018. 128 с.
8. Toukach P.V., Egorova K.S. Carbohydrate structure database merged from bacterial, archaeal, plant and fungal parts // Nucleic Acids Res. 2016. V. 44. D1229–D1236.
9. Bacterial lipopolysaccharides: Structure, chemical synthesis, biogenesis and interaction with host cells / Eds. Y.A. Knirel, M.A. Valvano. Wien: Springer, 2011. 440 p.
10. Федоненко Ю.П., Сигида Е.Н., Коннова С.А., Игнатов В.В. Структура и серология О-антигенов азотфиксирующих ризобактерий рода *Azospirillum* // Изв. Академии наук. Сер. Хим. 2015. № 5. С. 1024–1031.

УДК 579.6

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФАГОВОГО ДИСПЛЕЯ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АНТИТЕЛ, СПЕЦИФИЧНЫХ К КАНАМИЦИНУ**
А.В. Мартыненко¹, О.А. Караева², А.К.М. Алсовэиди¹, А.С. Фомин², О.И. Гулий²

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»,
Саратов, Россия

**OPTIMIZATION OF PHAGE DISPLAY TECHNOLOGY
FOR OBTAINING ANTIBODIES SPECIFIC TO KANAMYCIN**
A.V. Martynenko¹, O.A. Karavaeva², A.K.M. Alsowaidi¹, S.A. Fomin², O.I. Gulyi²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal
State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia
lika_martynenko2002@mail.ru

Аннотация. Неконтролируемое применение противомикробных препаратов способствует не только появлению антибиотиков и продуктов их деградации в окружающей среде, водных ресурсах и продуктах питания, но и распространению антибиотикорезистентности бактерий. Поэтому актуальным является развитие методов мониторинга содержания антибиотиков, особенно в водных ресурсах. Одной из основных составляющих при развитии систем определения антибиотиков является подбор антибактериального рецептора. В работе представлены результаты по оптимизации технологии фагового дисплея для получения антител, специфичных к антибиотикам, на примере канамицина.

Ключевые слова: фаговый дисплей, антибиотики, канамицин, индикация.

Постоянно растущее использование антибиотиков приводит к присутствию антибактериальных препаратов и продуктов их метаболизма в экосистеме, особенно в водной среде [1]. Остатки антибиотиков и продуктов их метаболизма были обнаружены в продуктах питания, грунтовых водах и даже в питьевой воде [2]. Из-за возможности попадания потенциальных загрязнителей в круговорот воды важно проведение анализа воды на наличие антибиотиков. Благодаря передаче по пищевой цепи происходит накопление антибактериальных препаратов и продуктов их деградации в окружающей среде и пищевых продуктах, что приводит к развитию антибиотикорезистентности бактерий, и, в конечном итоге, негативно сказывается на экосистеме и здоровье человека. Поэтому актуальным является развитие новых методов индикации антибиотиков, в том числе с применением специфичных агентов (элементов распознавания), в качестве которых, преимущественно, используют антитела.

Методы получения антител подразделяются на гибридные и дисплейные. Наиболее простым и доступным является гибридный метод отбора антител путем иммунизации животных. Более сложным и, вместе с тем, позволяющим получить надежные антитела методом (однажды полученные и охарактеризованные гибридомы представляют собой неограниченный источник моноклональных антител) является гибридная технология [3]. Однако гибридомы растут относительно медленно, не достигают высокой плотности и требуют сложных и дорогих сред, что не позволяет широко использовать их в клинической практике.

Дисплейные методы используют в качестве исходного материала гены, кодирующие антитела. К дисплейному методу относится метод фагового дисплея, основой технологии которого является создание комбинаторной библиотеки, в которой переменные участки легких и тяжелых цепей иммуноглобулинов соединены случайным образом и представлены на поверхности нитевидного бактериофага (M13K07) [4–7]. Применение технологии фагового дисплея не требует длительных процедур, связанных с иммунизацией животных, дорогих сред и культур клеток. Перспективность применения фаговых антител в качестве распознающих агентов продемонстрирована для определения рицина [8], ивермектина [9], диминазина [10], ферритина [11], силимарина [11], ампициллина [12].

В 1999 г. в ИБФРМ РАН в ходе выполнения совместного научного проекта с Университетом г. Абердина (Великобритания) был передан фаговый дисплей антител овцы, протоколы и методические рекомендации по применению данной технологии [13]. С применением этого фагового дисплея проводились исследования по отработке и оптимизации технологии для получения антител, специфичных к канамицину. Выбор канамицина (представитель аминогликозидных антибиотиков) в качестве объекта исследования обусловлен его высокой токсичностью [14, 15]. Особую опасность канамицин представляет при попадании в воду. Данный антибиотик применяется не только в качестве терапевтического препарата, но и как стимулятор роста животных и в кормовых добавках для профилактики заболеваний [16].

При отработке методики получения фаговых антител, специфичных к канамицину, были подобраны концентрации антибиотика для обеспечения его максимальной иммобилизации на мембране, при этом оптимальным носителем выбрана мембрана *western s*. Для отбора целевых антител проводили процедуру биопэннинга - аффинного обогащения библиотеки антителами, специфическими к целевому антигену (канамицину). Были оптимизированы условия контроля зараженности бактерий полученными фаговыми антителами путем посева на плотную питательную среду с антибиотиками и подсчетом образуемых колоний. В результате экспериментальных данных установлено, что чувствительность фаговых антител к канамицину повышается после 4 раунда селекции антител. Концентрацию фаговых частиц, отобранных из фаговой библиотеки, определяли методом спектрофотометрии, как предложено в работе [6]. Контроль чувствительности фаговых антител в отношении канамицина проверяли методом твердофазного дот-иммуноанализа. Установлено, что антиканамициновые фаговые антитела можно использовать в качестве специфичного агента при определении канамицина в водных растворах методом дот-иммуноанализа, минимальная определяемая концентрация препарата составила 1 мкг/мл (различимое связывание метки, отличное от фонового уровня).

Таким образом, в работе оптимизирована методика получения антиканамициновых фаговых антител и показана возможность их применения в качестве распознающего элемента при определении канамицина. Полученные результаты являются перспективными для развития методов определения антибиотиков в водных растворах и сохранения экосистем.

Источники финансирования работы:

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 22-24-00417.

Список литературы:

1. Wang X. et al. Antibiotics in mariculture systems: A review of occurrence, environmental behavior, and ecological effects // Environ. Pollut. 2022. V. 293. P. 118–154.
2. Liu C. et al. Demand, status, and prospect of antibiotics detection in the environment // Sensor. Actuat. B-Chem. 2022. V. 369. P. 132–383.
3. Kohler G., Milstein C. Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predetermined specificity // Nature. 1975. V. 256. P. 495–497.
4. Тикунова Н.В., Морозова В.В. Фаговый дисплей на основе нитчатых бактериофагов: применение для отбора рекомбинантных антител // Acta Naturae (русскоязычная версия). 2009. Т. 1, № 3. С. 22–23.
5. Smith G.P. Filamentous fusion phage: novel expression vectors that display cloned antigens on the virion surface // Science. 1985. V. 228. P. 1315–1317.
6. Smith G.P., Scott J.K. Libraries of peptides and proteins displayed on filamentous phage // Methods in enzymology. 1993. V. 17. P. 228–257.
7. McCafferty J. Antibodies: Filamentous phage displaying antibody variable domains // Nature. 1990. V. 348. P. 552–554.
8. Goldman E.R., Liu J.L., Bernstein R.D., Swain M.D., Mitchell S.Q., Anderson G.P. Ricin detection using phage displayed single domain antibodies // Sensors. 2009. V. 9. P. 542–555.
9. Пристенский Д.В. и др. Анализ эффективности внутриклеточного проникновения ивермектина, иммобилизованного корпускулярными носителями // Биомедицинская химия. 2007. Т. 53, № 1. С. 57–64.
10. Staroverov S.A. et al. Biodynamic parameters of micellar diminazene in sheep erythrocytes and blood plasma // J. Vet. Sci. 2011. V. 12, № 4. P. 303–307.
11. Staroverov S.A. et al. Synthesis of silymarin–selenium nanoparticle conjugate and examination of its biological activity *in vitro* // J Immunoassay Immunochem. 2015. V. 36, № 1. P. 100–110.
12. Гулий О.И. и др. Фаговые антитела как биорецепторы для определения ампициллина // Прикладная биохимия и микробиология. 2022. Т. 58, № 5. С. 513–519.
13. Charlton K.A. et al. Analysis of the diversity of a sheep antibody repertoire as revealed from a bacteriophage display library // J. Immun. 2000. V. 164, № 12. P. 6221–6229.
14. Jiang M., Karasawa T., Steyger P.S. Aminoglycoside-Induced Cochleotoxicity: A Review // Front. Cell Neurosci. 2017. V. 11. P. 303–308.
15. Shavit M. et al. Covalently linked kanamycin-Ciprofloxacin hybrid antibiotics as a tool to fight bacterial resistance // Bioorgan. Med. Chem. 2017. V. 25. P. 2917–2925.
16. Durante-Mangoni E. et al. Do we still need the aminoglycosides // Int. J. Antimicrob. Ag. 2009. V. 33. P. 201–205.

УДК 579.2:632.5

ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Д.Д. Нестеркина, А.С. Коробейникова, Д.М. Голубев, Е.В. Глинская

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

INFLUENCE OF HYDROCARBON-OXIDIZING BACTERIA ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF DICOTYLEDONOUS PLANT SEEDLINGS

D.D. Nesterkina, A.S. Korobeynikova, D.M. Golubev, E.V. Glinskaya

Saratov State University, Saratov, Russia

nesterkina.darya@yandex.ru

Аннотация. Для восстановления почв после загрязнения нефтью эффективным методом является использование углеводородоокисляющих бактерий, которые способны трансформировать углеводороды нефти, тем самым очищая почву. Однако воздействие бактерий – деструкторов на

морфометрические показатели проростков двудольных растений изучено достаточно слабо. Целью исследования являлось изучение влияния углеводородоокисляющих бактерий, выделенных из почв г. Когалым, на морфометрические показатели проростков редиса. Результаты показали, что обработка семян суспензией бактерий-нефтедеструкторов оказала негативное влияние на рост зародышевого корня, в то время как воздействие на побег было нейтральным.

Ключевые слова: нефть, биоремедиация, углеводородоокисляющие микроорганизмы.

Загрязнение окружающей среды представляет собой ключевую проблему современности. Одним из наиболее вредных экологических воздействий является нефтяное загрязнение [1]. Нефть – это сложная смесь углеводородов, которая образуется в результате разложения органических остатков в земной коре [2]. При попадании в окружающую среду нефть может нанести значительный ущерб живым организмам, в особенности, растениям [3, 4]. Растения выступают в роли продуцентов в экосистемах и являются неотъемлемой частью пищевой цепи [5]. Прорастание семян считается ключевым этапом в жизненном цикле растений. Однако нефтяное загрязнение может оказать негативное влияние этот процесс [6].

Наиболее эффективным методом восстановления почв после загрязнения нефтью и нефтепродуктами является использование углеводородоокисляющих бактерий, благодаря которым происходит трансформация углеводородов нефти, что позволяет очистить почву и восстановить ее плодородие [7]. Для успешного применения данного метода биоремедиации на практике необходимо провести комплексное изучение влияния бактерий-нефтедеструкторов на морфологические характеристики и физиологические процессы живых организмов.

Целью исследования являлось изучение влияния углеводородоокисляющих бактерий, выделенных из почв г. Когалыма, на морфометрические показатели проростков редиса.

Объектом исследования являлись углеводородоокисляющие микроорганизмы, выделенные из почв антропогенно нарушенных территорий г. Когалыма Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), Тюменской области – основного нефтегазоносного района России [8].

Для определения влияния бактерий *Bacillus alcalophilus*, *B. funiculus*, *B. halodurans*, *B. niacini*, *B. psychrodurans*, *Curtobacterium flaccumfaciens* на ростовые показатели растений в качестве тест-культуры использовали редис (*Raphanus sativus*, Pers., 1806). Работу проводили по стандартной методике. На дно чашки Петри помещали фильтровальную бумагу, смоченную водопроводной водой и раствором минеральных солей. Стерилизацию семян осуществляли путем промывания их в мыльном растворе в течение 20 минут с последующим ополаскиванием под проточной водой в течение 1 часа. Семена тестового растения помещали на фильтровальную бумагу и проводили инокуляцию 1 мл суспензии бактерий в различной концентрации. Обработанные семена проращивали при 28 °C в течение 5 суток (рис. 1.) [9].

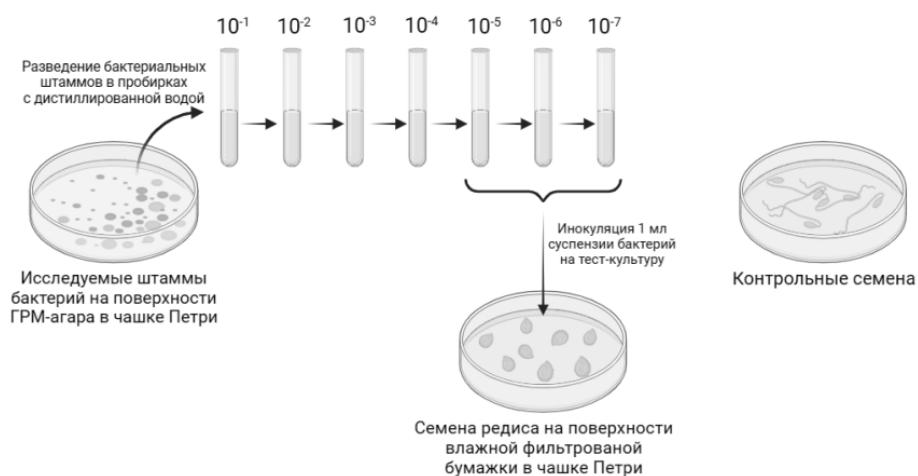


Рисунок 1. Схема эксперимента по изучению влияния исследуемых штаммов на морфометрические показатели проростков редиса

В результате проведенных экспериментов было выявлено, что обработка семян редиса суспензией углеводородоокисляющих бактерий в различной концентрации замедляет развитие зародышевого корня (рис. 2). Только бактерии *B. psychrodurans* в концентрации 10^6 м.к./мл проявляли незначительный ростостимулирующий эффект на корень проростков. Исследуемые штаммы бактерий-деструкторов оказывали дифференцированное влияние на развитие побега на начальных этапах онтогенеза редиса. Суспензии бактерий *C. flaccumfaciens* в концентрациях 10^5 – 10^6 м.к./мл, *B. niacini* (10^6 м.к./мл), *B. psychrodurans* (10^6 м.к./мл) и *B. funiculus* (10^5 – 10^6 м.к./мл) оказывали стимулирующий эффект на увеличение длины зародышевого побега редиса. Штаммы бактерий *B. alcalophilus* и *B. halodurans* не влияли на развитие побега тест-культуры или оказывали незначительное отрицательное воздействие на исследуемый показатель.

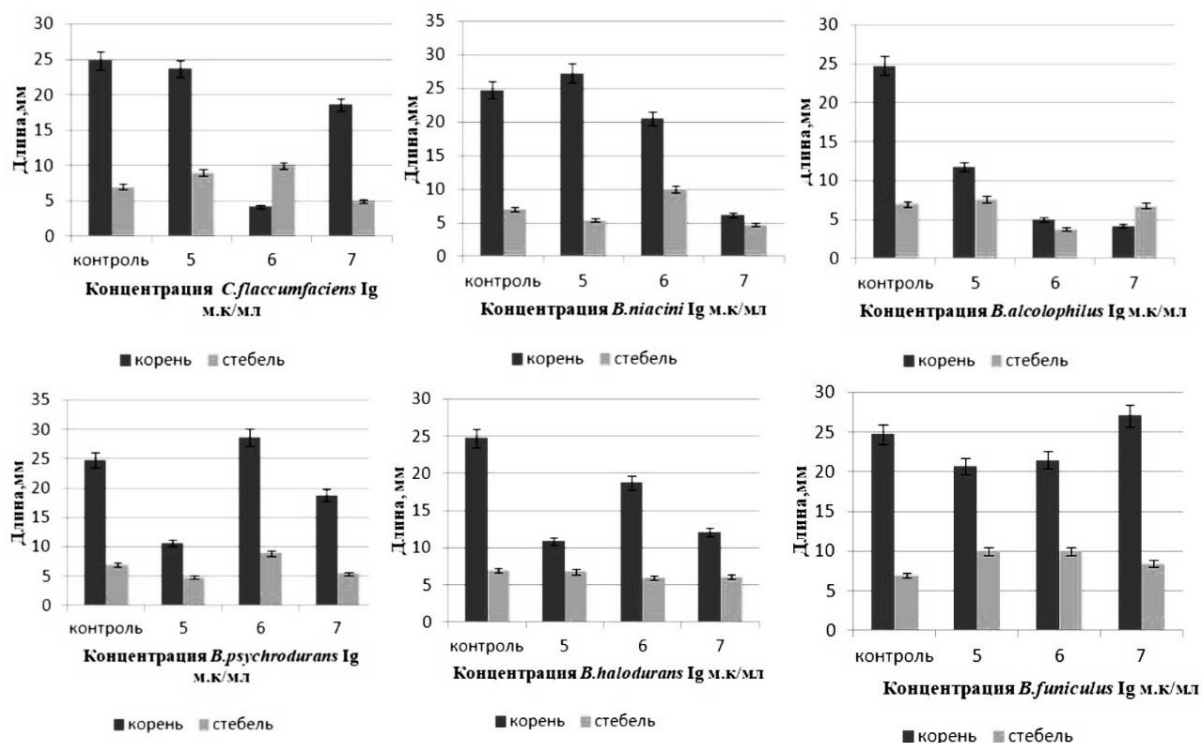


Рисунок 2. Влияние исследуемых штаммов на морфометрические показатели редиса ($M \pm m$, $p \leq 0,05$)

Таким образом, большинство исследуемых штаммов бактерий, за исключением *B. psychrodurans*, в концентрациях 10^5 – 10^7 м.к./мл проявляли негативное влияние на рост зародышевого корня редиса, в то время как их воздействие на зародышевый побег оказывало нейтральный или положительный эффект. Проведенное исследование углеводородоокисляющих бактерий, выделенных из почв г. Когалыма, открывает перспективы использования бактерий *B. psychrodurans* в качестве активных деструкторов нефтепродуктов на загрязненных территориях.

Список литературы:

1. Huan Gao. Effect of petroleum hydrocarbon pollution levels on the soil microecosystem and ecological function // Environmental Pollution. 2022. V. 293, № 15. P. 118.
2. Idongesit A. Vi. et al. The biochemical mechanisms of petroleum degradation by bacteria // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2020. V. 11, № 7. P. 1258–1275.
3. Wolińska A., Kuźniar A. Biological activity of autochthonic bacterial community in oil-contaminated soil // Water Air Soil Pollut. 2016. V. 227. P. 130.
4. Успанова Д.М., Нечаева О.В., Абросимова О.В., Глинская Е.В., Тихомирова Е.И., Беспалова Н.В. Оценка эффективности ремедиации нефтезагрязнённых почв сорбционно-биологическими методами в лабораторных условиях // Теоретическая и прикладная экология. 2022. №. 4. С. 172–179.
5. Węgrzyn A. Regulatory mechanisms of photosynthesis light reactions in higher plants // Postepy Bioche. 2020. V. 66. P. 134–142.
6. Grifoni. M. The effect of residual hydrocarbons in soil following oil spillages on the growth of *Zea mays* plants // Environ Pollut. 2020. V. 265. P. 114.

7. Земскова Ю.В., Истомова М.А. Методы очистки нефтезагрязненных территорий // Дневник науки. 2019. Т. 3. С. 9.
8. Коробейникова А.С., Мурзина Ю.И., Глинская Е.В., Плешакова Е.В. Численность микроорганизмов в составе почвенных микробоценозов г. Когалым // Исследования молодых ученых в биологии экологии: Сборник научных статей. Саратов, 2022. С.57–58.
9. Нетрусов А.И. и др. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2005. 608 с.

УДК 615.277.3

**ОБЗОР ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ
С ЗАДАНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ**

А.С. Олейников¹, В.А. Ханадеев^{2,3}

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

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»,
Саратов, Россия

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

**REVIEW OF ANTITUMOR DRUGS WITH SPECIFIED OPTICAL PROPERTIES
FOR USE IN DRUG DELIVERY SYSTEMS**

A.S. Oleinikov^{1,2}, V.A. Khanadeev^{2,3}

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal
State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

³Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
oleunikov20_anton02@mail.ru

Аннотация. В работе был проведён литературный обзор противоопухолевых средств и выбраны лекарства, имеющие пик в спектре поглощения для отслеживания загрузки в наноконтейнеры и имеющие минимальную действующую дозу для наиболее эффективного использования в низких концентрациях при химиотерапии.

Ключевые слова: противоопухолевые препараты, наноконтейнеры.

В настоящее время опухолевые заболевания занимают в мире ведущее место по смертности среди людей. Одним из способов лечения таких заболеваний является химиотерапия – процесс медикаментозного воздействия на опухоль с целью замедлить рост клеток. Однако противораковые лекарства имеют ряд побочных эффектов в виде тошноты, рвоты, потери аппетита, выпадения волос, снижения иммунитета [1]. А при использовании более агрессивной химиотерапии могут возникать серьезные осложнения, а также летальный исход. С целью сведения к минимуму побочных эффектов при химиотерапии были разработаны различные системы доставки лекарств, такие как наноконтейнеры на основе диоксида кремния, липосомы и другие [2]. В данной работе был проведен обзор современной литературы, в результате которого выбраны противораковые средства, отвечающие следующим требованиям. Во-первых, препарат должен иметь четко выраженный пик в спектре поглощения. Наличие пика в спектре поглощения позволит отслеживать загрузку препарата в наноконтейнеры и его выход (выгрузку) из них для дальнейшей доставки до опухолевой ткани. Во-вторых, необходимо выбрать лекарства,

обладающие высокой эффективностью (имеющие низкую минимальную действующую дозу), что позволит использовать их наиболее эффективно в небольших концентрациях.

Среди большого количества групп были выбраны три наиболее используемые при химиотерапии группы лекарств: препараты на основе платины, таксаны и антрациклины.

Платиносодержащие лекарственные препараты – класс лекарств, имеющие в составе платину. Они воздействуют на гуаниновые основания, разрушая структуру ДНК. Из этой группы были выбраны оксалиплатин и цисплатин, имеющие хорошо выраженный пик в спектре поглощения (рисунок, а) и применяющиеся в химиотерапии в достаточно низких дозировках (на одно введение применяют 85 мг/м² оксалиплатина [3] и 60 мг/м² цисплатина [3]). Карбоплатин применяют в дозировке на одно введение 300-400 мг/м² [3], что является достаточно высокой действующей дозой по сравнению с предыдущими препаратами.

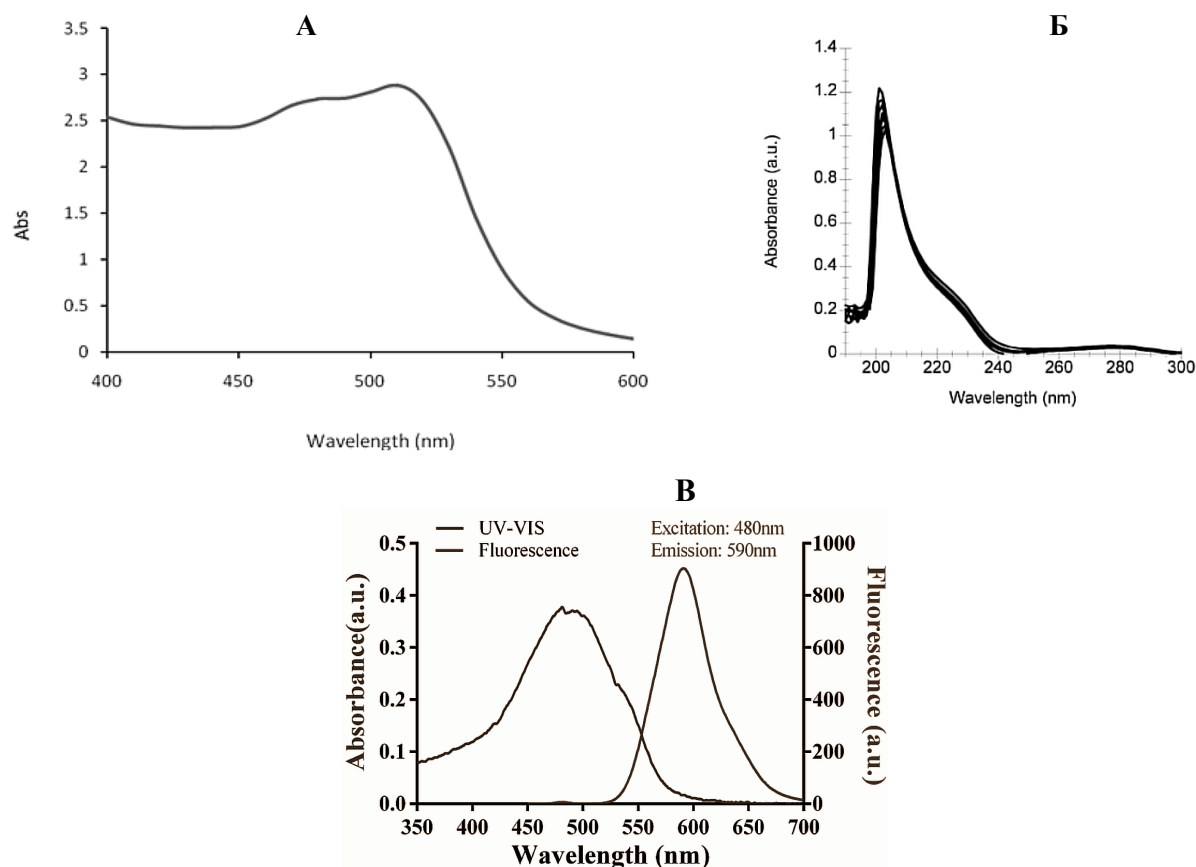


Рисунок. Спектр поглощения оксалиплатина (А), доцетаксела (Б) и доксорубина (В) [4, 5, 6]

Таксаны – противоопухолевые средства растительного происхождения, влияющие на клеточный цикл и нарушающие структуру микротрубочек. Среди таксанов наиболее широко применяются в химиотерапии доцетаксел и паклитаксел. Доцетаксел имеет пик в спектре поглощения (205 nm) (рисунок, б) и достаточно низкую минимальную действующую дозу – 50 мг/м² [3] в отличие от паклитаксела с дозировкой в 175 мг/м² [7].

Таблица. Противораковые лекарства

Название лекарства	Спектр поглощения	Дозировка препарата
Оксалиплатин	510	85 мг/м ² [3]
Цисплатин	510	60 мг/м ² [3]
Доксорубин	495	50 мг/м ² [8]
Паклитаксел	227	175 мг/м ² [7]
Карбоплатин	510	300-400 мг/м ² [3]
Доцетаксел	205	50 мг/м ² [3]
Эпирубин	—	50-150 мг/м ² [3]

Антрациклины являются ингибиторами топоизомераз второго типа. Они блокируют синтез РНК и ДНК в раковых клетках. Один из представителей препаратов этой группы – доксорубин. У него есть четко выраженный пик в спектре поглощения (495 нм), а также наблюдается флуоресценция (рисунок, в). Его минимальная действующая доза – 50 мг/м² [8]. У другого представителя, эпирубина, отсутствует четко выраженный пик в спектре экстинкции и минимальная действующая доза варьирует от 50 до 150 мг/м² [3]. Данные о лекарствах приведены в таблице 1.

В результате исследования были выбраны лекарственные вещества, отвечающие заданным требованиям в рамках каждой группы. Дальнейшие исследования будут направлены на использование выбранных препаратов в системах доставки лекарств.

Благодарности:

Работа была выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда. Проект № 23-22-00354, <https://rscf.ru/en/project/23-22-00354/>.

Список литературы:

1. Переводчикова Н.И. Руководство по химиотерапии опухолевых заболеваний. Москва.: Практическая медицина, 2011. 512 с.
2. Постнов В.Н., Наумышева Е.Б., Королев Д.В., Галагудза М.М. Наноразмерные носители для доставки лекарственных препаратов // Биоэлектроника и биосенсорика. 2013. Т. 6, № 30. С. 16–27.
3. Al-Batran S. et al. Perioperative chemotherapy with fluorouracil plus leucovorin, oxaliplatin, and docetaxel versus fluorouracil or capecitabine plus cisplatin and epirubicin for locally advanced, resectable gastric or gastro-oesophageal junction adenocarcinoma (FLOT4): a randomised, phase 2/3 trial // Clinical Trial. 2019. V. 393. P. 1948–1957.
4. Hayat M.M., Sohail M., Ashraf M. Spectrophotometric determination of cisplatin, carboplatin and oxaliplatin in pure and injectable dosage forms // Biomedical Research – India. 2019. V. 30. P. 1–6.
5. Marquez M., Quintanar L., Castañeda-Hernández G. Spectroscopic characterization of Docetaxel binding to human serum albumin // Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas. 2013. V. 44, № 1. P. 45–51.
6. Liang J., Zhang Z., Zhao H., Wan S. Simple and rapid monitoring of doxorubicin using streptavidin-modified microparticle-based time-resolved fluorescence immunoassay // RSC Advances. 2018. V. 8. P. 15621–1563.
7. Alqahtani F.Y., Aleanizy F.S., Tahir E.E., Alkahtani H.M., AlQuadeib B.T. Paclitaxel // Profiles Drug Subst Excip Relat Methodol. 2019. V. 44. P. 205–238.
8. Carvalho C. et al. Doxorubicin: The Good, the Bad and the Ugly Effect // Current Medicinal Chemistry. 2009. V. 16. P. 3267–3285.

УДК 504.054:615.91

ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БРОМИРОВАННЫХ АНТИПИРЕНОВ

Е.В. Плешакова¹, Ю.С. Гусев²

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

²ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения,
Саратов, Россия

ENVIRONMENTAL AND TOXICOLOGICAL PROBLEMS OF THE USE OF BROMINATED FLAME RETARDANTS

E.V. Pleshakova¹, Yu.S. Gusev²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
Saratov, Russia
plekat@yandex.ru

Аннотация. Масштабное производство и использование бромированных антипиренов вызвало множество глобальных проблем в области здравоохранения и окружающей среды. Цель

исследований заключалась в выявлении на основании многочисленных литературных данных экологических и токсикологических проблем, связанных с широким использованием бромированных антипиренов. Были обобщены современные представления о бромированных антипиренах, их влиянии на здоровье человека и окружающую среду, мониторинге, персистировании, биоаккумуляции. Обнаружены противоречивые сведения, не изученные или недостаточно изученные явления. Особое внимание уделено токсикологической характеристике бромированных антипиренов, проблемам с альтернативными антипиренами на современном этапе. Сделан вывод о необходимости всесторонней токсиколого-гигиенической оценки как старых, так и новых (альтернативных) бромированных антипиренов.

Ключевые слова: бромированные антипирены, полибромдифениловые эфиры (ПБДЭ), токсичность.

В исследованиях последних десятилетий показано, что бромированные антипирены, которые широко используются в пластмассовых и других полимерных продуктах для снижения воспламеняемости и предотвращения распространения огня, относятся к антропогенным загрязнителям окружающей среды. Многие из этих соединений являются токсичными, стойкими, обладают ограниченной биоразлагаемостью и способностью к биоаккумуляции, что привело к глобальным проблемам в области здравоохранения и экологии. Полибромдифениловые эфиры (ПБДЭ), относящиеся к классу бромированных антипиренов, привлекли внимание экологов из-за персистентности в окружающей среде [1], было показано, что они разрушают эндокринную систему водных и наземных животных [2]. Некоторые бромированные антипирены были добавлены в список СОЗ, оказывающих влияние на здоровье даже в крайне малых концентрациях: гексабромбифенил (ГБД), пентабромдифениловый эфир (пента-БДЭ) и октабромдифениловый эфир (окта-БДЭ), гексабромциклододекан (ГБЦДД), и соединение-кандидат: декабромированный дифениловый эфир (дека-БДЭ).

Целью настоящей работы было выявление на основании многочисленных литературных данных экологических и токсикологических проблем, связанных с широким использованием бромированных антипиренов. Не смотря на усилия учёных многих стран по изучению воздействия антипиренов на окружающую среду, животных и человека, имеются противоречивые сведения, не изученные или недостаточно изученные явления, механизмы токсических эффектов.

В ряде исследований показано, что источниками бромированных антипиренов являются предприятия, производящие и использующие их в широком спектре потребительских товаров, бытовые сточные воды, свалки мусора, электронные отходы. Хотя, по мнению авторов [3] выщелачивание антипиренов на свалках маловероятно, т.к. они химически или физически связаны с материалами. Установлено, что содержание ПБДЭ в атмосферных выбросах значительно больше, чем в почве и воде [4]. В настоящее время принято считать, что большинство антипиренов, используемых в полимерах, не поддаётся биоразложению, они накапливаются в окружающей среде и являются персистентными [5]. Так, обнаружено, что компоненты к-октаБДЭ способны преодолевать клеточные мембраны и аккумулироваться в биоте. Показано, что способность к биоаккумуляции зависит от степени бромирования. Имеется ограниченное число сообщений о биодеградации ПБДЭ в окружающей среде. Существуют опасения, что при попадании ПБДЭ в окружающую среду возможна их трансформация под воздействием УФ-излучения на более токсичные конгенеры [6]. Исследователи [7] наблюдали разложение дека-БДЭ в течение двух лет до токсичных метаболитов окта- и пента-БДЭ. Однако исследователи из университета г. Виктория (Канада) пришли к выводу, что «пентавиды», обнаруженные в окружающей среде в городских и промышленных районах, возникают не при дебромировании дека-БДЭ, а из коммерческих смесей пента- и окта-БДЭ [8]. Наличие ПБДЭ в живых организмах и в воздухе Арктики и Антарктиды [9] указывает на перенос ПБДЭ на дальние расстояния по воздуху или с океанскими течениями.

Во многих работах продемонстрировано, что поступление бромированных антипиренов в организм человека происходит с пищей, домашней пылью и путём вдыхания воздуха в помещениях. Пищевые продукты животного происхождения с высоким содержанием жира

(жирная рыба, мясо и молочные продукты) вносят основной вклад в воздействие на человека. Основным источником совокупного суточного поступления в организм ПБДЭ являются рыбные продукты (около 40 %), на долю мясных продуктов приходится около 30 %. В то же время надо учитывать, что когда ПБДЭ обнаруживаются у рыб и морских млекопитающих, возможно, они имеют природное происхождение. ПБДЭ биоаккумулируются в крови, грудном молоке и жировых тканях. Установлено, что работники, производящие товары, содержащие ПБДЭ, подвергаются высокому уровню воздействия. Концентрация антипиренов в организме детей обычно выше, чем у взрослых, источником воздействия при этом является пыль [10].

Накапливаясь в организме человека в опасных концентрациях, ПБДЭ проявляют гепато-, нефро-, гонадотоксичные свойства. Дека-БДЭ был обнаружен в образцах крови и спермы китайских рабочих, контактирующих с электронными отходами [11]. Исследователи отмечали наличие корреляции между экспозицией ПБДЭ и качеством эякулята, содержанием гонадотропинов, а также аномалиями репродуктивного тракта и яичек [12]; другие же исследователи отрицали влияние различных композиций и доз бромированных антипиренов на вес репродуктивных органов, уровень тестостерона в сыворотке, функцию яичек и целостность ДНК сперматозоидов [13]. Показана репродуктивная токсичность ПБДЭ и воздействие на гормоны щитовидной железы у животных и человека. Предполагается, что ПБДЭ с низким содержанием брома потенциально гепатотоксичны для людей. ПБДЭ воздействуют на женщин во время беременности. По данным авторов [14] уровни ПБДЭ в тканях материнской и пуповинной крови коррелировали с отсутствием одного или обоих яичек у младенцев мужского пола, низкой массой тела при рождении, проблемами развития нервной системы и поведения у детей. Потенциальная нейротоксичность бромированных антипиренов показана в исследованиях, проведённых на животных и людях. Обнаружена связь между воздействием на людей низких концентраций ПБДЭ и изменениями двигательных функций [15]. ПБДЭ рассматриваются как возможные факторы риска болезни Паркинсона и нейродегенеративных заболеваний. Воздействие дека-БДЭ, по настоящим данным, на население незначительно, риск для здоровья человека минимален. Хотя имеются ограниченные доказательства неврологических повреждений у экспериментальных животных при действии высоких доз этого антипирена и канцерогенности: значительная стимуляция развития новообразований в печени у самцов и самок крыс и увеличение количества гепатоцеллюлярных аденом или карцином (комбинированных) у самцов мышей.

Новые бромированные антипирены, производимые в качестве замены антипиренам, отнесённым к СОЗ, демонстрируют неблагоприятное поведение в окружающей среде: персистирование и биоаккумуляцию, вызывают эндокринные нарушения у животных, нарушение репродуктивной функции и экспрессии генов, обладают гепатотоксичностью [16]. Многие из новых антипиренов не были тщательно изучены, поэтому истинные последствия их долгосрочного воздействия неизвестны. Мало известно о способности антипиренов мигрировать в бутилированную воду или другие напитки из ПЭТ и ПК-пластиков. Крайне мало данных по содержанию ПБДЭ в подземных водах и питьевой воде. На сегодняшний день можно выделить следующие проблемы, связанные с применением антипиренов: сохранение производителями коммерческой тайны, отсутствие требований к маркировке товаров с антипиренами, попадание токсичных антипиренов в товары, изготовленные из переработанных отходов. Очевидно, что необходимы дальнейшие исследования поведения старых и новых бромированных антипиренов в различных объектах окружающей среды, а также их токсикологических эффектов.

Список литературы:

1. Sahu R.S. et al. Processes driving the degradation of polybrominated diphenyl ethers in terrestrial environment // Trends Environ. Anal. Chem. 2021. V. 30. e00126.
2. Patisaul H.B. et al. Accumulation and endocrine disrupting effects of the flame retardant mixture Firemaster(®) 550 in rats: an exploratory assessment // J. Biochem. Mol. Toxicol. 2013. V. 27, № 2. P. 124–136.
3. Brusselaers J., Hagelüken C., Mark F., Mayne N., Tange L. An eco-efficient solution for plastics-metals-mixtures from electronic waste: the integrated metals smelter // Papers of 5th IDENTIPLAST 2005, the Biennial Conference on the Recycling and Recovery of Plastics Identifying the Opportunities for Plastics Recovery. 2005. P. 8–11.

4. Earnshaw M.R., Jones K.C., Sweetman A. Estimating European historical production, consumption and atmospheric emissions of decabromodiphenylether // *Sci. Total Environ.* 2013. V. 447. P. 133–142.
5. Yuan Y. et al. Insight into hyper-branched aluminum phosphonate in combination with multiple phosphorus synergies for fire-safe epoxy resin composites // *Polymers*. 2020. V. 12. P. 64.
6. Ling S. et al. Photodegradation of novel brominated flame retardants (NBFRs) in a liquid system: Kinetics and photoproducts // *Chem. Eng. J.* 2019. V. 362. P. 938–946.
7. Gerecke A.C. et al. Anaerobic degradation of brominated flame retardants in sewage sludge // *Chemosphere*. 2006. V. 64. P. 311–317.
8. Rayne S., Ikonomou M.G. Reconstructing source polybrominated diphenyl ether congener patterns from semipermeable membrane devices in the Fraser river, British Columbia, Canada: comparison to commercial mixtures // *Environ. Toxicol. Chem.* 2002. V. 21, № 11. P. 2292–2300.
9. Corsolini S. et al. PBDEs and PCBs in terrestrial ecosystems of the Victoria Land, Antarctica // *Chemosphere*. 2019. V. 231. P. 233–239.
10. Hoffman K. et al. Toddler's behavior and its impacts on exposure to polybrominated diphenyl ethers // *J. Expo. Sci. Env. Epidemiol.* 2017. V. 27, № 2. P. 193–197.
11. Liu P. et al. Determination of polybrominated diphenyl ethers in human semen // *Environ. Int.* 2012. V. 42. P. 132–137.
12. Meeker J., Stapleton H. House dust concentrations of organophosphate flame retardants in relation to hormone levels and semen quality parameters // *Environ. Health Perspect.* 2010. V. 118, № 3. P. 318–323.
13. Ernest S. et al. Effects of chronic exposure to an environmentally relevant mixture of brominated flame retardants on the reproductive and thyroid system in adult male rats // *Toxicol. Sci.* 2012. V. 127. P. 496–507.
14. Stapleton H. et al. Associations between polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants, phenolic metabolites, and thyroid hormones during pregnancy // *Environ. Health Perspect.* 2011. V. 119, № 10. P. 1454–1459.
15. Kiciński M. et al. Neurobehavioral function and low-level exposure to brominated flame retardants in adolescents: a cross-sectional study // *Environ. Health.* 2012. V. 11. P. 86.
16. Tao F., Abdallah M.A.E., Harrad S. Emerging and legacy flame retardants in UK indoor air and dust: evidence for replacement of PBDEs by emerging flame retardants? // *Environ. Sci. Technol.* 2016. V. 50, № 23. P. 13052–13061.

УДК 577.152.2

ЖЕЛТЫЕ ЛАККАЗЫ ЛИГНИНОЛИТИЧЕСКИХ ГРИБОВ

Н.Н. Позднякова, О.В. Турковская

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»,
Саратов, Россия

YELLOW LACCASES OF LIGNINOLYTIC FUNGI

N.N. Pozdnyakova, O.V. Turkovskaya

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre
of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia
pozdnyakova_n@ibppm.ru

Аннотация. Разработана полупогруженная система культивирования, позволяющая получить желтые лакказы из двух лигнинолитических грибов (*Pleurotus ostreatus* Florida, *Schizophyllum commune*). Получены две лакказы в количествах, достаточных для дальнейших исследований. Ферменты охарактеризованы по основным каталитическим свойствам. Обнаружена способность желтых лакказ напрямую окислять нефенольные поллютанты (ПАУ, красителей антрахинонового типа) и лигниноподобные соединения (вератриловый спирт), что делает их привлекательными для биотехнологического использования.

Ключевые слова: лакказы, лигнинолитические грибы, каталитические свойства, поллютанты, лигнин.

Лакказа (бензолдиол: кислород оксидоредуктаза, ЕС 1.10.3.2) – один из немногих ферментов, которые исследуются с конца 19 века. Впервые они были обнаружены в экссудатах

Rhus vernicifera, японского лакового дерева и спустя несколько лет – у грибов. Несмотря на давнюю известность, лакказы привлекли внимание исследователей только после начала изучения ферментов, катализирующих деградацию древесины лигнинолитическими грибами. Они принадлежат к группе полифенолоксидаз, содержащих атомы меди в активном центре и называемых мультимедными оксидазами. Этот фермент катализирует окисление различных соединений, восстанавливая при этом молекулярный кислород воздуха до воды [1, 2]. Большинство известных лакказ синего цвета; фермент содержит 4 атома меди на молекулу. Микроокружение атомов меди определяет их организацию в медные центры трех типов. Синий цвет фермента является результатом смещения заряда от атома серы остатка цистеина к иону Cu^{2+} в каталитическом сайте T1, приводящего к появлению максимума поглощения при 610 нм [1, 2].

Однако в настоящее время известно, что не все лакказы синего цвета, были идентифицированы желтые, белые, а также другие необычные лакказы, такие как гетеродимерные. К настоящему времени выявлено несколько лакказ, не обладающих характерным поглощением при 612 нм и способных катализировать окисление широкого спектра соединений, включающего как фенольные, так и нефенольные ароматические вещества [3-8].

Существует несколько теорий, объясняющих желтый цвет этих ферментов. В первых сообщениях на эту тему предполагалось, что желтые лакказы образуются в результате связывания ароматических продуктов разложения лигнина с первоначально синей лакказой. Предложено два механизма: прямое восстановление меди свободным ароматическим продуктом разложения лигнина или связывание фермента с таким продуктом, приводящее к модификации аминокислот, изменению конформации белка и исчезновению синего цвета. Молекула медиатора может расширять специфичность некоторых желтых лакказ до нефенольных соединений [3]. В более поздних работах показано, что вероятным объяснением желтого цвета являются изменения в координационном окружении каталитической меди [4, 5]. В одном из исследований описано конструирование лакказы с высоким редокс-потенциалом, когда изначально синяя лакказа была преобразована в желтый вариант. В процессе конструирования были заменены семь аминокислот. Предполагается, что их синергетический эффект может привести к альтернативному сворачиванию белка и превращению лакказы из синей в желтую.

Поскольку желтые лакказы обладают более широкой, чем синие, специфичностью, которая позволяет им окислять нефенольные субстраты [3], то поиск новых грибов-продуцентов этих ферментов и исследование их природы и каталитических свойств представляет не только теоретический, но и практический интерес.

В наших исследованиях для получения желтых лакказ была разработана полупогруженная система культивирования грибов. Природные субстраты (сосновые, кленовые или дубовые опилки, ячменная солома или солома сорго) инокулировали *Pleurotus ostreatus* Florida или *Schizophyllum commune* и культивировали до полной колонизации субстрата. Затем в колбы добавляли богатую среду для базидиомицетов и культивировали при 24°C в течение 7-10 сут. Полученную культуральную жидкость использовали как источник желтых лакказ. Разработанная система могла быть использована для получения ферментов до 5 раз.

Разработан протокол очистки и получения желтых лакказ *P. ostreatus* и *S. commune*, включающий анионообменную хроматографию (DEAE-Toyopearl, DEAE-Separose HiTrep) и гель-фильтрацию (Sephacryl S200 HP). Ферменты были охарактеризованы по основным молекулярным и каталитическим свойствам.

Молекулярная масса лакказы *S. commune* составляла 72 кДа. Фермент был стабилен при pH 7.0, сохранял около 50% активности в течение недели. Определены оптимумы pH для основных субстратов: АБТС (pH 2.5), сиригальдазин (pH 6), 2,7-диаминофлуорен (pH 5), 2,6-диметоксифенол (pH 5), пирокатехин (pH 6), гваякол (pH 5.5). Для этих же субстратов определены основные каталитические константы (K_M , $V_{\max}$, and k_{cat}) и выявлены различия в величинах K_M : наименьшее значение для сиригальдазина (0.03 мМ) и относительно высокие для АБТС (0.8 мМ) and 2,6-диметоксифенола (4 мМ) oxidation.

Молекулярная масса второго фермента – желтой лакказы *P. ostreatus* Florida составляла 64 кДа. Фермент был стабилен при pH 6.0 сохраняя до 80% в течение 10 сут. Показано, что оптимум

pH окисления АБТС (pH 3.5) находился в кислой области, тогда как остальных субстратов – в нейтральной: синингалдазин (pH 6.5), 2,7-диаминофлуорен (pH 6.0), 2,6-диметоксифенол (pH 5.5), пирокатехин (pH 7), гваякол (pH 7). Заметные различия в величинах K_M наблюдались для синингалдазина (0.08 мМ), АБТС (1.4 мМ) и 2,6-диметоксифенола (6 мМ).

Исследовано окисление ряда поллютантов (полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), красители антрахинонового типа) и лигниноподобных соединений (вератриловый спирт, синингол, гваякол) полученными желтыми лакказами. Фермент из *S. commune* катализировал прямое окисление ПАУ (флуорен, антрацен) и красителей антрахинонового типа (Acid Blue 62, Reactive Blue 4). Присутствие медиатора (АБТС) приводило к окислению также фенантрена, пирена и флуорантена. Кроме того, было обнаружено прямое окисление нефенольного соединения вератрилового спирта. Желтая лакказа *P. ostreatus* катализировала прямое окисление ПАУ (флуорен, антрацен, фенантрен, пирен) и красителей антрахинонового типа (Acid Blue 62, Reactive Blue 4, Basic Blue 22). Обнаружены кислые pH-оптимумы окисления Acid Blue 62 (pH 4,0), Reactive Blue 4 (pH 5,0) и Basic Blue 22 (pH 5,0). Присутствие медиатора (АБТС) также приводило к окислению флуорантена. Обнаружено прямое окисление нефенольного лигниноподобного соединения – вератрилового спирта.

Источники финансирования работы:

Работа выполнена в рамках темы госзадания №ГП 121031700141-7.

Список литературы:

1. Tiwari A., Chen C.-W., Haldar D., Patel A.K., Dong C.-D., Singhanian R.R. Laccase in biorefinery of lignocellulosic biomass // Appl. Sci. 2023. V. 13. P. 4673. <https://doi.org/10.3390/app13084673>
2. Gałazka A., Jankiewicz U., Szczepkowski A. Biochemical characteristics of laccases and their practical application in the removal of xenobiotics from water // Appl. Sci. 2023. V. 13. P. 4394. <https://doi.org/10.3390/app13074394>
3. Pozdnyakova N.N., Rodakiewicz-Nowak J., Turkovskaya O.V., Haber J. Oxidative degradation of polyaromatic hydrocarbons and their derivatives catalyzed directly by the yellow laccase from *Pleurotus ostreatus* D1 // J. Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2006. V. 41. P. 8–15.
4. Huang W.-T., Tai R., Hseu R.-S., Huang C.-T. Overexpression and characterization of a thermostable, pH-stable and organic solvent-tolerant *Ganoderma fornicatum* laccase in *Pichia pastoris* // Process Biochemistry. 2011. V. 46. P. 1469–1474.
5. Daroch M., Houghton C., Moore J., Wilkinson M., Carnell A., Bates A., Iwanejko L. Glycosylated yellow laccase of the basidiomycetes *Stropharia aeruginosa* // Enzyme Microbial. Technol. 2014. V. 58–59. P. 1–7.
6. Ike P.T.L., Birolli W.G., dos Santos D.M., Porto A.L.M., Souza D.H.F. Biodegradation of anthracene and different PAHs by a yellow laccase from *Leucoagaricus gongylophorus* // Environ. Sci. Pollut. Res. 2019. <http://doi.org/10.1007/s11356-019-04197-z>
7. Cen Q., Wu X., Cao L., Lu Y., Lu X., Chen J., Fu G., Liu Y., Ruan R. Green production of a yellow laccase by *Coriopsis gallica* for phenolic pollutants removal // AMB Express. 2022. V. 12. P. 96.
8. Radveikiene I., Vidziunaite R., Meskiene R., Meskys R., Casaite V. Characterization of a yellow laccase from *Botrytis cinerea* 241 // J. Fungi. 2021. V. 7. P. 143.
9. Mate D., Garcia-Ruiz E., Camarero S., Shubin V., Falk M., Shleev S., Ballesteros A., Alcalde M. Switching from blue to yellow: altering the spectral properties of a high redox potential laccase by direct evolution // Biocatalysis Biotransformation. 2013. V. 31. P. 8–21.

**К ВОПРОСУ О ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПЕРЕНОСЕ МИКРООРГАНИЗМОВ
АНТОСФЕРЫ МЕДОНОСНЫМИ ПЧЕЛАМИ**

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

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

²Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия

**ON THE QUESTION OF HORIZONTAL TRANSFER OF MICROORGANISMS
OF THE ANTHOSPHERE BY HONEY BEES**

D. A. Polivanov¹, D. V. Utkin¹, N. E. Shcherbakova²

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Russian Research Anti-Plague Institute Microbe, Saratov, Russia

dim4ik.polivanov203@gmail.com

Аннотация. Эндوفиты играют важную роль в жизни растений. Мало изученными являются пути колонизации эндوفитов. Цель исследования - изучение возможности переноса микроорганизмов насекомыми-опылителями. Задачи исследования: анализ микробиоты растений и медоносных пчел. Выделены культуры бактерий с душицы обыкновенной и микробиоты пчел. Наличие бактерий *Bacillus amyloliquefaciens*, как в составе антосферы, так и медовых зобиков пчел, указывает на возможность их горизонтального переноса.

Ключевые слова: эндوفиты, антосфера, филосфера, медоносная пчела.

Растения являются хозяевами сложных сообществ эндوفитных бактерий, которые колонизируют внутреннюю часть как подземных, так и надземных тканей. Бактериальные эндوفиты у диких и культурных растений играют важную роль в защите от биотического и абиотического стресса и получении питательных веществ. Для того, чтобы понимать значение этих процессов, как на уровне отдельных растений, так и на уровне экосистем, необходимо знать пути колонизации эндوفитов и способы их расселения. Бактерии, живущие внутри растительных тканей в виде эндوفитов, могут быть горизонтально приобретены из окружающей среды или вертикально переданы из поколения в поколение через семена [1]. Лучшее понимание путей и способов передачи бактериальных эндوفитов принесет пользу исследованиям взаимодействий растений и эндوفитов как в сельскохозяйственных, так и в природных экосистемах. Наиболее изученным и понятным путем передачи бактериальных эндوفитов является колонизация корней через почву и ризосферу. Роль воздушной передачи и поглощения через устьица менее ясна и заслуживает дальнейшего изучения, равно как и потенциальное использование насекомых-опылителей и других насекомых в качестве переносчиков эндوفитов. Эндوفитные бактерии могут колонизировать различные растения и органы. В то же время эндوفиты, колонизирующие репродуктивные органы растений (антосферу), слабо изучены. Цветы необходимы для биологического развития большинства растений, однако цветы являются наиболее уязвимыми к биотическим и абиотическим стрессам частями растения. Микробные сообщества этой среды обитания остаются плохо изученными, а взаимодействия между полезными и вредными микроорганизмами, которые колонизируют цветы, особенно неуловимы. Воздействуя на цветочные признаки, микроорганизмы антосферы могут иметь полезные или вредные последствия для репродуктивного развития растения [2]. В то же время, мало что известно о трехсторонних взаимоотношениях между растениями, их микробиотой и насекомыми-опылителями. Насекомые-опылители собирают микроорганизмы и переносят их на поверхности цветка во время сбора нектара и пыльцы, формируя, таким образом, микробиоту цветка, а в последующем и микробиоту семени. И здесь уже идет речь о вертикальном переносе эндوفитных бактерий. В совокупности эти данные свидетельствуют о том, что опыление насекомыми является экологическим процессом, участвующим в формировании микробиоты семян [3].

В связи с вышеизложенным, целью данной работы было изучение вопроса возможности

горизонтального переноса микроорганизмов насекомыми-опылителями.

В задачи исследования входили: анализ структуры сообщества микроорганизмов, ассоциированных с эндо- и антосферой цветковых растений и микробиотой медоносных пчел.



Рисунок 1. Медоносные пчелы

В качестве объекта исследования использовали медоносное растение – душицу обыкновенную *Origanum vulgare* L. в период цветения (июль 2023 г., Энгельский р-н, Саратовская обл.). Душица является одним из важнейших лесных медоносов Средней полосы России. Эндофитные бактерии филосферы, каулоферы, антосферы выделяли методом поверхностной стерилизации листьев, стеблей, цветков соответственно по оптимизированному протоколу, позволяющему ингибировать эпифитную микрофлору, но сохранить в жизнеспособном состоянии находящиеся в них эндофитные бактерии: 15 мин в 96% этаноле с 3% перекиси водорода в соотношении 1:1 с последующей отмывкой стерильной дистиллированной водой. Контроль поверхностной стерилизации

осуществляли методом отпечатков на поверхности питательного агара. Образцы помещали в стерильные керамические ступки. К растительному материалу добавляли 10 мл стерильного физраствора и перетирали пестиком до получения однородной кашеобразной массы. Полученную массу методом последовательных серийных разведений высевали на поверхность твердой агаризованной среды – пептонно-дрожжевого агара (PYE).

Взрослые рабочие пчелы медоносной пчелы (*Apis mellifera* L.) 12 шт. были собраны с цветков душицы обыкновенной в период сбора нектара (июль 2023 г.) с использованием ловушки для насекомых. Медоносных пчел умерщвляли замораживанием при температуре -20°C не менее, чем в течение 20 минут. Насекомых обрабатывали в 70% этаноле в течение 5 мин для освобождения от микроорганизмов, обитающих на внешних покровах, и промывали в стерильном физиологическом растворе (рис. 1). Для анализа микробиоты медовых зобиков пчел, брюшко



Рисунок 2. Внутреннее строение пчелы

отделяли от грудного отдела, разрезали первый и второй сегмент брюшка для извлечения медового зобика (рис. 2). Стерильной петлей забирали содержимое медового зобика и помещали в пробирку с 2 мл стерильного физ. раствора, перемешивали 1 мин, 200 мкл этой смеси засевали на поверхность пептонно-дрожжевого агара и инкубировали при температуре 28°C в течение 48 ч [4]. Кроме того, был проведен микроскопический и бактериологический анализ пыльцы, имеющейся в корзиночках собранных медоносных пчел (рис. 3). По результатам сравнительного микроскопического анализа в корзиночках пчел содержалась пыльца душицы обыкновенной. Это подтверждает, что сбор пыльцы и нектара данными пчелами был осуществлен исключительно с душицы. Идентификацию микроорганизмов проводили на основании изучения морфологических, культуральных и физиолого-биохимических признаков чистых культур и MALDI-ToF масс-спектрометрии белковых профилей.



Рисунок 3. Пыльцевые зерна душицы

В результате исследований в каулофере стебля душицы обыкновенной выявлены спорообразующие почвенные бактерии *Bacillus pumilus*. В листьях душицы обнаружены также виды почвенных бацилл *B. pumilus*, *Bacillus subtilis*, а также бактерии ризосферы *Bacillus amyloliquefaciens* ssp. *plantarum*. Микробиота антосферы содержала почвенные микроорганизмы *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* ssp. *plantarum*, *Paenibacillus lautus*, *Pseudomonas*

chlororaphis. Из пыльцевых зерен высеян только один вид *B. amyloliquefaciens*. Из медовых зобиков медоносных пчел изолированы виды: *Pantoea agglomerans* (100 КОЕ/мл, индекс встречаемости 66%); *B. amyloliquefaciens* (500 КОЕ/мл, индекс встречаемости 33%), обнаруженный в пыльце, цветках и листьях душицы; *B. subtilis* (5 КОЕ/мл, индекс встречаемости 33%), *Citrobacter* sp. (500 КОЕ/мл, индекс встречаемости 33%); *Serratia* sp. (10 КОЕ/мл, индекс встречаемости 33%).

Почва является важным источником большей части микрофлоры, содержащейся как в ризосфере, так и в филосфере. Нашими исследованиями подтверждено наличие почвенных микроорганизмов в стебле, листьях, цветках медоносного растения. Пыльцевые зерна подвергаются воздействию внешней среды и могут быть колонизированы горизонтально из атмосферы или с помощью насекомых-опылителей. В медовых зобиках пчел обнаружены бактерии вида *B. amyloliquefaciens*, ассоциированные с листьями, цветками и пыльцой растений, что указывает на возможность его горизонтального переноса насекомыми-опылителями. Кроме того, выявлен вид *Pantoea agglomerans*, встречающийся, по данным литературы, во всех средах обитания медоносной пчелы [4] и ряд представителей энтеробиоты пчел (*Citrobacter* sp., *Serratia* sp.), обнаруженных ранее в составе микрофлоры пищеварительной системы медоносных пчел [5].

Список литературы:

1. Frank A.C., Saldierna Guzmán J.P., Shay J.E. Transmission of Bacterial Endophytes // Microorganisms. 2017. V. 5, № 4. P. 70.
2. Kim D.R., Cho G., Jeon C.W., Weller D.M., Thomashow L.S., Paulitz T.C., Kwak Y.S. A mutualistic interaction between *Streptomyces* bacteria, strawberry plants and pollinating bees // Nat Commun. 2019. V.10, № 1. P. 4802.
3. Prado A., Marolleau B., Vaissière B.E., Barret M., Torres-Cortes G. Insect pollination: an ecological process involved in the assembly of the seed microbiota // Sci Rep. 2020. V. 10, № 1. P. 3575.
4. Loncaric I., Heigl H., Licek E., Moosbeckhofer R., Busse H.-J., Rosengarten R. Typing of *Pantoea agglomerans* isolated from colonies of honey bees (*Apis mellifera*) and culturability of selected strains from honey // Apidologie. 2009. V. 40. P. 40–54.
5. Чечёткина У.Е., Евтеева Н.И., Речкин А.И., Радаев А.А. Энтеробактерии в составе микрофлоры пищеварительной системы медоносных пчёл в различные сезоны года // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 2–2. С. 149–153.

УДК 615.91:504.05

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОТОКСИЧНОСТИ ДЕКАБРОМДИФЕНИЛОКСИДА, МЕЛАМИНА И ПОЛИФОСФАТА АММОНИЯ

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

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

COMPARATIVE ASSESSMENT OF ECOTOXICITY OF DECABROMODIPHENYLOXIDE, MELAMINE AND AMMONIUM POLYPHOSPHATE

M.S. Savenkova, A.D. Demysheva, E.V. Pleshakova

Saratov State University, Saratov, Russia

savenkova.maria.s@yandex.ru

Аннотация. В работе была оценена экотоксичность трёх широко используемых антипиренов: декабромдифенилоксида (ДБДФО), меламина и полифосфата аммония – по изменению активности дегидрогеназ тест-микроорганизма *Dietzia maris* AM3. Было показано стимулирующее действие меламина и полифосфата аммония в концентрациях, равных ПДК этих антипиренов в воде. В концентрациях, равных 5ПДК и 10ПДК, меламина проявлял низкую токсичность, а у полифосфата аммония токсическое действие не выявлено. У ДБДФО зафиксирована слабая и средняя степень токсичности. Полученные результаты расширили представления об экотоксичности бромированного и безгалогеновых антипиренов.

Ключевые слова: меламина; полифосфат аммония; декабромдифенилоксид; дегидрогеназная активность; *Dietzia maris* AM3.

Наиболее распространённым и результативным способом снижения горючести пластмассовых и других полимерных материалов является применение антипиренов [1], среди которых полибромированные дифенилэфиры (ПБДЭ) считаются наиболее эффективными. Однако их широкое производство и использование в сочетании с ненадлежащей очисткой выбросов вызвали множество глобальных проблем в области здравоохранения и окружающей среды в связи с их биомагнификацией и биоаккумуляцией, разложением на экотоксикологические конгенеры под воздействием УФ-излучения и микроорганизмов и разнообразным токсическим воздействием на живые организмы. Декабромдифенилоксид (ДБДФО) – наиболее распространённый представитель ПБДЭ, обнаружен в донных отложениях, воде и почве, в рыбе, мясе, в человеческом грудном молоке и сыворотке крови. Способен к биоаккумуляции и биомагнификации в водной пищевой цепи, накапливается в богатых липидами тканях. Приводит к эндокринным нарушениям, гепатотоксичен, имеются сведения о иммунотоксичности, нейротоксичности, репродуктивной токсичности. Относится к 1 классу опасности [2], признан потенциальным канцерогеном. В исследованиях с различными организмами было показано, что ДБДФО вызывает окислительный стресс, приводит к повреждению мембран. При биотической и абиотической деградации образуются более токсичные конгенеры – низкоброемированные дифениловые эфиры.

В последние десятилетия бромированные антипирены стали постепенно заменять фосфор- и/или азотсодержащими соединениями. Но эти безгалогеновые добавки не лишены недостатков, связанных как с их физико-механическими характеристиками, так и с недостаточной изученностью токсического воздействия на различные организмы.

Меламин (1,3,5-триазин-2,4,6-триамин) – азотный антипирен, наиболее часто используемый в нейлонах, полиолефинах, пенополиуретанах, огнестойких красках, текстиле и обоях. В окружающей среде меламин содержится преимущественно в воде. ПДК меламина в воде составляет 4 мг/л, признак вредности – санитарно-токсикологический, класс опасности – 2 (высокоопасные вещества) [3]. Меламин не проявляет генотоксичности и канцерогенности, однако высокие дозы меламина приводят у детей и домашних животных к образованию нерастворимых кристаллов в мочевыделительной системе [4], особенно в присутствии циануровой кислоты. Экотоксичность меламина изучена недостаточно. Полифосфат аммония – фосфорсодержащий антипирен, используемый при производстве термопластичных полимеров, мебели и тканей, в пищевых продуктах в качестве секвестрантов и эмульгаторов. ПДК полифосфата аммония в воде составляет 3,5 мг/л, класс опасности – 4 (малоопасные вещества). Полифосфат аммония не обладает генотоксичностью и канцерогенностью, показана низкая кожная и ингаляционная токсичность [5]. Основным проявлением хронической оральной токсичности полифосфатов в высоких концентрациях является кальцификация почек, возникающая в результате осаждения фосфата кальция из-за нарушения фосфатного гомеостаза. Высокие дозы ионов аммония, образующихся при гидролизе, могут вызывать метаболический ацидоз, особенно подвержены риску люди с нарушенной функцией печени. Экотоксичность полифосфата аммония мало изучена.

Цель настоящего исследования состояла в сравнительной оценке экотоксичности бромированного и безгалогеновых антипиренов на основе определения дегидрогеназной активности тест-микроорганизма *Dietzia maris* AM3. Дегидрогеназы данного штамма способны восстанавливать за счёт дегидрирования бесцветный субстрат 2,3,5-трифенилтетразолийхлорид (2,3,5-ТТХ) до 2,3,5-трифенилформаза (2,3,5-ТФФ) тёмно-красного цвета. Путём сравнения количества 2,3,5-ТФФ, образованного дегидрогеназами *D. maris* AM3, в опытах и контроле оценили степень токсичности растворов исследуемых антипиренов [6].

В настоящих исследованиях оценили токсичность меламина и полифосфата аммония (Торговый дом «Воткинский завод теплоизоляционных материалов») в водных растворах при концентрациях, равных: ПДК (4 мг/л); 5ПДК (20 мг/л) и 10ПДК (40 мг/л) в сравнении с

контролем (микробный штамм *D. maris* AM3 без антипиренов). Токсичность ДБДФО (Китай) оценивали в тех же концентрациях, но в связи с крайне малой растворимостью в воде данный антипирен был предварительно растворен в ацетоне, в качестве контролей использовали растворы ацетона в соответствующих разведениях без антипиренов. Все варианты были изучены в трёх повторностях.

Было установлено, что по сравнению с контролем меламина в концентрации, равной ПДК, оказал стимулирующее воздействие на активность дегидрогеназ *D. maris* AM3, которая была на 40 % выше, чем в контроле. Учитывая, что меламина содержит 67 % азота (по массе), предположительно, именно высокое содержание азота стало причиной увеличения ферментативной активности тест-микроорганизма. Полифосфат аммония в концентрации, равной ПДК, также стимулировал активность дегидрогеназ *D. maris* AM3, но в меньшей степени, она была выше на 6,5 % по сравнению с контролем. Содержание азота в полифосфате аммония находится в пределах 14-15 %, в связи с этим и стимуляция дегидрогеназной активности была меньше. Полученные результаты согласуются с известными данными о положительном влиянии органических и неорганических источников азота на скорость роста и накопление биомассы актинобактерий. При концентрациях меламина, равных 5 и 10 ПДК, разница в активности дегидрогеназ по сравнению с контролем составила 19,3 и 10,5 %, что указывало на слабую токсичность меламина и соответствовало его санитарно-токсикологическим показателям вредности. При концентрациях полифосфата аммония в среде 5 и 10 ПДК активность дегидрогеназ была незначительно ниже значений в контроле на (4,0 и 7,3 %), позволяя не принимать эти различия во внимание и считать полифосфат аммония в исследованных концентрациях не токсичным.

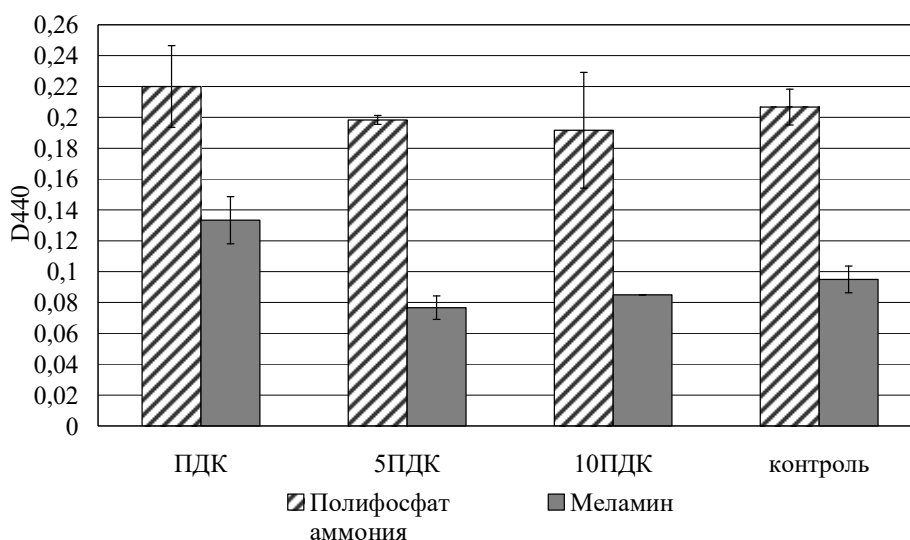


Рисунок. Значения оптической плотности экстрактов, содержащих 2,3,5-ТФФ, образованного дегидрогеназами тест-микроорганизма *Dietzia maris* AM3

При исследованных концентрациях ДБДФО (4, 20 и 40 мг/л) разница в активности дегидрогеназ по сравнению с контролем составляла от 10,5 до 42,9 %, что указывало на слабую и среднюю степень токсичности антипирена. Было также обнаружено, что по сравнению с контрольными вариантами (растворы ацетона без антипирена) ДБДФО стимулировал активность дегидрогеназ, что может быть связано с участием этих ферментов в процессе деградации антипирена и в системах защиты от окислительного стресса, индуцированного ДБДФО, а также с эффектом гормезиса.

Полученные результаты расширяют представления о экотоксичности меламина, полифосфата аммония и декабромдифенилоксида по отношению к микроорганизмам – типичным представителям природных микробиоценозов.

Список литературы:

1. Xiong P. et al. A review of environmental occurrence, fate, and toxicity of novel brominated flame retardants // Environ. Sci. Technol. 2019. V. 53. P. 13551–13569.
2. Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д. Токсиколого-гигиеническая оценка высокобромированных антипиренов // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века : материалы 15-й междунар. науч. конф., 21–22 мая 2015 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С.С. Позняка, Н.А. Лысухо. Минск, 2015. С. 53.
3. 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.
4. Chu C.Y., Wang C.C. Toxicity of melamine: the public health concern // Journal of Environmental Science and Health, Part C: Toxicology and Carcinogenesis. 2013. V. 31, № 4. P. 342–386.
5. National Research Council. Toxicological Risks of Selected Flame-Retardant Chemicals. Washington: The National Academies Press, 2000. 534 p.
6. Плешакова Е.В. Разработка нового метода определения токсичности нефтезагрязнённой почвы // Вестник СГТУ. 2010. № 3. С. 188–193.

УДК 573.7

**МИКОБИОТА СУБАЭРАЛЬНЫХ БИОПЛЕНОК НА КАМНЕ
В АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ СРЕДЕ**

К.В. Сазанова¹, М.С. Зеленская², Д.Ю. Власов^{1,2}

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Санкт-Петербург, Россия,

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**MYCOBIOTA OF SUBAERIAL BIOFILM ON STONE
IN ANTHROPOGENIC ENVIRONMENT**

K.V. Sazanova¹, M.S. Zelenskaya², D.Yu. Vlasov^{1,2}

¹Botanical Institute named after. V.L. Komarova, St. Petersburg, Russia,

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

barinova-kv@mail.ru

Аннотация. Формирование микобиоты на каменных памятниках в городской среде – многофакторный процесс. Наиболее объективную характеристику микобиоты можно получить с помощью комплекса культуральных и молекулярно-генетических методов с учетом особенностей биопленок и влияния сезона. Оба методических подхода (культивационный и метогеномный) свидетельствуют о том, что комплекс доминантных грибов на мраморе и граните Санкт-Петербурга образован темноокрашенными микромицетами, адаптированными к неблагоприятным условиям среды. По данным метагеномных исследований, до 85% численности грибов представлено *Knufia karalitana*. По данным культурологии, абсолютным доминантом является *Aureobasidium pullulans*. В конце вегетации существенно увеличивается доля редких и случайных видов грибов.

Ключевые слова: микроскопические грибы, *Knufia karalitana*, метагеномный анализ, памятники из камня.

Природный камень активно используется человеком для создания зданий и памятников. В тоже время камень представляет собой естественный субстрат для роста микроорганизмов. Активное развитие микробных сообществ можно наблюдать на поверхности камня как в антропогенно ненарушенной среде, так и на урбанизированных территориях. Исследования разнообразия микромицетов на камне в Санкт-Петербурге проводятся с 1998 г. Основная доля этих исследований выполнена на исторических памятниках из мрамора, известняка и гранита [1–3]. Однако до настоящего времени эти исследования делались только на основании традиционных расщепов на питательные среды с последующей идентификацией грибов на основе морфологии. Такой подход позволяет не только идентифицировать, но и выделить в культуру штаммы,

которые в дальнейшем могут быть использованы для исследований их физиологических свойств. В тоже время культуральный подход имеет существенные ограничения, поскольку не все виды микроскопических грибов могут быть культивируемы. В настоящем исследовании был применен метагеномный анализ, позволяющий расширить имеющиеся данные о микобиоте каменных памятников Санкт-Петербурга.

Пробы для исследования были отобраны на территории Музея «Некрополь XVIII века» и «Некрополь мастеров искусств» (Государственный музей городской скульптуры, Центральный район Санкт-Петербурга) в 2022 г. дважды: ранний вегетационный период (апрель) и поздний вегетационный сезон (сентябрь). В исследование были включены памятники из силикатных (гранит) и карбонатных (мрамор) пород. Образцы для культурального и метагеномного анализа брали из различных типов субэкральных биопленок (САБ): темноокрашенные биопленки, предположительно образованных преимущественно нелихенизированными грибами (САБ1); зеленые биопленки с преобладанием водорослей (САБ2) и биопленки с преобладанием лишайников (САБ3).

Для изоляции, культивирования и идентификации грибов небольшие фрагменты биопленок помещали на поверхность питательной среды Чапека-Докса и инкубировали в течение 2–4 недель при температуре 22°C. Идентификацию проводили по морфологическим признакам. Частоту встречаемости видов учитывали по соотношению числа колоний вида к общему числу колоний на питательной среде.

Для выделения ДНК использовали коммерческий набор PowerSoil. Использовали дополнительную очистку для удаления гуминовых кислот. Идентификацию микромицетов проводили с использованием праймеров для амплификации сайта (ITS1—5,8 S—ITS2) («Бигль», Санкт-Петербург, Россия). Были использованы праймеры для анализа максимального разнообразия из руководства [4]. Секвенирование проводили на приборе MiSeq с использованием набора MiSeqReagentKit v3 (600 циклов) в парном режиме 2*300 циклов. Полученные данные анализировали с помощью пакета программ QIIME2. При формировании OTU использовался порог подобия последовательностей 97%.

Данные, полученные в результате культуральных исследований, позволили выявить 20 видов микроскопических грибов: 19 видов *Ascomycota* и 1 вид *Mucoromycota* (*Entomortierella lignicola*). Абсолютным доминантом по частоте встречаемости и обилию был вид *Aureobasidium pullulans*. Этот гриб встречался во всех пробах и составлял до 80% от всех КОЕ. В образцах САБ2А. *pullulans* был представлен максимально обильно - до 88%. Более чем в 90% проб присутствовали также *Alternaria alternata* и *Cladosporium cladosporioides*. Обычными видами (встречаемость до 50%) были *Alternaria chartarum*, *Cladosporium herbarum*, *C. sphaerospermum* и *Sydowia polyspora*. Около четверти всего разнообразия составляли типичные анаморфные почвенные грибы: *Trichoderma viride*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Tritiracium* sp., *Epicoccum nigrum*, *Penicillium* spp. Микроколониальные грибы были обнаружены преимущественно в САБ1 и САБ2. В осенний период прослеживалось резкое увеличение биоразнообразия и относительной численности редких видов при снижении численности доминирующего вида *A. pullulans*. Различий в разнообразии грибов между силикатными и карбонатными породами не обнаружено.

Данные, полученные в результате метагеномного анализа, отличались от данных, полученных культуральными методами в первую очередь за счет существенного увеличения количества идентифицированных таксонов. На уровне рода было выявлено 190 таксонов, хотя большинство из них (114) были единичными находками только в одном образце. Таксономическое разнообразие грибов в основном было представлено *Ascomycota* — 71–97%. Кроме того, до 14,3% составляли *Basidiomycota*. В отличие от культуральных данных абсолютным доминантом во всех пробах был род *Knufia* (до 85% общей численности), представленный тремя видами: *K. karalitana*, *K. endospora* и *K. peltigerae*. Среди них наиболее многочисленным видом является *K. karalitana*.

Род *Aureobasidium* достигал лишь 21% от общей численности. Среди грибов с *Aureobasidium*-подобной морфологией также были идентифицированы *Rhinochrysiella*,

Sacrothecium, *Exophiala*. Третьей многочисленной группой является комплекс *Cladosporium*, включающий *Cladosporium*, *Capronia* и *Trichomerium*. Четвертая группа представлена грибами комплекса *Alternaria* (крупноспоровые микромицеты): *Paracamarosporium*, *Alternaria* и *Stemphylium*. Эти грибы были обнаружены во всех пробах, но их численность не превышала 4%. Значительно реже встречались дрожжевые грибы из *Saccharomycetaceae* и грибы, связанные с растениями. Обилие *Aureobasidium*-подобных и микроколониальных грибов возрастало весной и снижалось осенью. Доли других групп осенью увеличиваются.

Доля представителей *Basidiomycota* существенно увеличивалась осенью. Среди них доминировали ксилотрофные грибы: *Baltazaria*, *Laetiporus*, *Phlebia*, *Heterobasidion*, *Peniophora*, *Ganoderma*, *Pleurotus*, *Sistotrema*, *Hyphodontia*, *Botryobasidium*, *Bjerkandera*, *Fomes*, *Fomitopsis*, *Oxyporus*. Кроме того, обильно были представлены дрожжевые формы базидиомицетов различной экологии.

Как и по данным культуральных исследований различия между мрамором и гранитом по разнообразию грибов минимальны.

Таким образом, оба методических подхода (культивационный и метогеномный) однозначно указывают на то, что комплекс доминирующих грибов в САБ на мраморе и граните Санкт-Петербурга формируют темноокрашенные микромицеты, адаптированные к неблагоприятным экологическим условиям.

Согласно метогеномным исследованиям, абсолютным доминантом по встречаемости во всех пробах был гриб *Knufia karalitana*, не идентифицированный методами культивирования. Грибы рода *Knufia* подробно описаны на памятниках в Италии [5], на камне в Санкт-Петербурге этот род описан впервые.

Для поверхности камня типичны почвенные грибы, а также сапротрофы и паразиты растений. Обилие базидиомицетов осенью может быть связано с формированием в этот период плодовых тел и спор и попаданием спор на поверхность памятника. Споры грибов, попавших из атмосферы, повидимому в большей степени задерживаются в биопленках с преобладанием лишайников, о чем свидетельствуют как культуральные, так и метогеномные данные.

Источники финансирования работы:

Исследование выполнено при поддержке Комитета по Науке и Высшей школе Санкт-Петербурга.

Список литературы:

1. Власов Д.Ю., Зеленская М.С., Франк-Каменецкая О.В. Микромицеты на мраморных памятниках музейных некрополей Александро-Невской Лавры (Санкт-Петербург) // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36, № 3. С. 7–10.
2. Горбушина А.А., Ляликowa Н.Н., Власов Д.Ю., Хижняк Т.В. Микробные сообщества на мраморных памятниках Санкт-Петербурга и Москвы: видовой состав (разнообразие) и трофические взаимодействия // Микробиология. 2002. Т. 71, № 3. С. 409–417.
3. Sazanova K.V., Zelenskaya M.S., Vlasov A.D., Bobir S.Y., Yakkonen K.L., Vlasov D.Y. Microorganisms in superficial deposits on the stone monuments in Saint Petersburg // Microorganisms. 2022. V. 10. P. 316. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020316>
4. Fungal sequencing and classification with the ITS Metagenomics Protocol <https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/appnotes/its-metagenomics-app-note-1270-2018-001-web.pdf>
5. De Leo F., Marchetta A., Urzi C. Black fungi on stone-built heritage: Current knowledge and future outlook // Appl. Sci. 2022. V. 12. P. 3969. <https://doi.org/10.3390/app12083969>

**ГЛИКОПОЛИМЕРЫ ПОВЕРХНОСТИ РИЗОБАКТЕРИЙ *AZOSPIRILLUM* SPP.
СТРУКТУРА И УЧАСТИЕ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАСТЕНИЯМИ**

Ю.П. Федоненко^{1,2}, Е.Н. Сигида^{1,3}, В.С. Гринев^{1,2}, Э.Л. Здорovenko³, С.А. Коннова^{1,2}

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

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

³Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук, Москва, Россия

THE SURFACE GLYCOPOLYMERS OF *AZOSPIRILLUM* SPP. STRUCTURE AND PARTICIPATION IN PLANTS-BACTERIAL INTERACTION

Y.P. Fedonenko^{1,2}, E.N. Sigida^{1,3}, V.S. Grinev^{1,2}, E.L. Zdorovenko³, S.A. Konnova^{1,2}

¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

²Saratov State University, Saratov, Russia

³N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
fedonenko_yu@ibppm.ru

Аннотация. Обсуждаются данные, полученные в ходе структурных исследований липополисахаридов и капсульных полисахаридов представителей диазотрофных ризобактерий рода *Azospirillum*, представляющие собой обобщение результатов цикла работ авторского коллектива. Характеризуются некоторые общие структуры в составе О-антигенов, ответственные за объединение соответствующих бактериальных культур в серогруппы на основании иммунохимических исследований. Приведены результаты исследования биологической активности указанных гликополимеров в отношении растений пшеницы.

Ключевые слова: растительно-микробные взаимодействия, гликополимеры поверхности, структура, функции.

Ассоциации растений с микроорганизмами, стимулирующими их рост и развитие, привлекают внимание ученых не только с точки зрения изучения фундаментальных основ сосуществования и взаимодействия различных организмов, но и возможного их использования в практике экологически ориентированного производства сельскохозяйственных продуктов. Свободноживущие азотфиксирующие бактерии рода *Azospirillum* характеризуются отсутствием строгой специфичности в отношении растения-хозяина, что позволяет их использовать в составе комплексных биоудобрений, обладающих широким спектром действия. Положительное влияние на рост и развитие растений азоспириллы оказывают, фиксируя атмосферный азот, улучшая минеральное питание, продуцируя фитогормоны, антибактериальные соединения, которые играют немаловажную роль в конкуренции с патогенной микрофлорой за экологические ниши и питательные вещества [1], в также экскретируя метаболиты различной природы, обеспечивающие защиту растения от факторов биотической и абиотической природы и участвующие в запуске индуцированной системной устойчивости [2, 3].

Одним из физиологически активных соединений бактериальной природы, активирующих защитные системы растений (элиситоров), является липополисахарид (ЛПС) граммотрицательных бактерий, представляющий собой основной компонент внешней мембраны клеточной стенки, заякоренный в мембране гидрофобным доменом – липидом А и экспонированный в окружающую среду углеводным компонентом, состоящим из корового олигосахарида и О-специфического полисахарида (ОПС, О-антиген) [4]. Общий план строения характерен для макромолекул ЛПС

как симбиотических, так и патогенных бактерий. Капсульные полисахариды (КПС, К-антиген) азоспирилл представляют экстраклеточную форму ЛПС в комплексе с белками-поринами [5]. Ключ к пониманию функций гликополимеров бактерий в различных коммуникациях находится в первичной структуре макромолекул – химической последовательности углеводной цепи.

Целью нашей работы являлась сравнительная структурно-функциональная характеристика КПС и ЛПС ассоциативных азотфиксирующих ризобактерий р. *Azospirillum*. Для достижения цели исследования были поставлены и решены следующие задачи: получение очищенных препаратов КПС и ЛПС, характеристика их структур, составление серологической классификации и хематаксономической схемы азоспирилл, определение физиолого-биохимических ответных реакций растений в ответ на воздействие КПС и ЛПС *Azospirillum* spp.

Азоспириллы культивировали до окончания экспоненциальной фазы роста на минеральной среде с малатом натрия и хлоридом аммония в качестве источников углерода и азота соответственно. Клетки осаждали центрифугированием, с поверхности клеток раствором NaCl (0.15 М) механическим перемешиванием смывали капсульный материал, который концентрировали, диализовали против деионизованной воды и лиофилизировали. Бескапсульные клетки высушивали ацетоном, измельчали и использовали для экстракции ЛПС модифицированным методом Вестфаль без разделения слоев [6]. Белковые компоненты КПС разделяли электрофорезом в ПААГ, экстрагировали и идентифицировали с помощью МАЛДИ-МС. Состав гидрофобных доменов КПС и ЛПС определяли методом ГЖХ метиловых эфиров жирных кислот. Для полисахаридных компонентов, полученных мягким кислотным гидролизом полимеров 2%-ной уксусной кислотой при 100 °С, определяли моносахаридный состав, абсолютные конфигурации и характер замещения моносахаридных остатков методами ГЖХ и ГЖХ-МС. Структуру повторяющихся звеньев определяли с применением одно- и двумерной ¹H и ¹³C ЯМР-спектроскопии [6].

Реакцию растений пшеницы на присутствие в среде культивирования гликополимеров поверхности азоспирилл оценивали, определяя количество деформаций корневых волосков, изменение морфометрических параметров проростков, содержание хлорофиллов и каротиноидов, митотический индекс.

Серологические перекресты между ЛПС *Azospirillum* spp. выявляли с использованием кроличьих анти-ЛПС-антител методами двойной радиальной иммунодиффузии, твердофазного иммуноферментного анализа и блот-анализа.

В результате систематического исследования О- и К-антигенов бактерий р. *Azospirillum* разработана серологическая классификация, включающая три основных серогруппы. Были установлены структуры полисахаридов ЛПС и КПС для более 50 штаммов, относящихся к десяти видам р. *Azospirillum*, что позволило установить химическую природу серологического родства. Показано, что для гомологичных К- и О-антигенов азоспирилл в большинстве случаев характерна иммунохимическая идентичность, но для ряда штаммов выявлено отсутствие серологических перекрестов, в том числе обусловленное различной структурой полисахаридов. Для О-антигенов азоспирилл отмечены распространенные олигосахаридные мотивы, представленные D- и L-рамнанами. Для ряда штаммов *Azospirillum* установлена идентичная структура повторяющихся звеньев ОПС, среди которых встречаются как представители одного, так и различных видов.

Для КПС ряда штаммов азоспирилл методом электрофореза в ПААГ установлено наличие двух белковых компонентов, различающихся по электрофоретической подвижности. Методом МАЛДИ-МС установлено, что в КПС штамма *A. baldaniorum* Sp245 входят белки внешней мембраны OmpA и OmpW.

Инкубирование проростков пшеницы на ранних этапах развития (5-6 суток) в гидропонных условиях в присутствии ЛПС азоспирилл (125 мкг/мл) приводило к изменению содержания основных пигментов в листьях, митотического индекса апикальных меристем корней, увеличению количества деформаций корневых волосков, а также изменению ряда морфометрических параметров проростков, например, площади первого настоящего листа, длины побега, корней. Методом ИФА подтверждено снижение концентрации ЛПС в среде культивирования растений через 15-30 минут после внесения гликополимера, обусловленное,

очевидно, сорбцией на корнях проростков. Методом высокоэффективной гель-хроматографии показано снижение степени полимерности ОПС после инкубации с проростками, что свидетельствует об образовании олигосахаридных фрагментов, возможно, под действием растительных гликозидаз. Эти данные подтверждают, что как ЛПС *Azospirillum* spp., так и олигосахаридные фрагменты его ОПС вызывают ответные реакции у растений, оказывая стимулирующее действие на рост и развитие растений.

В ходе проведенного исследования была разработана серологическая классификация и хемотаксономическая схема на основании структур О-антигенов бактерий р. *Azospirillum*. Выявлена стимулирующая активность гликополимеров азоспирилл в отношении проростков пшеницы. Данные о строении углеводсодержащих клеточной поверхности азоспирилл – непосредственных участников «молекулярного диалога», реализующего растительно-микробные взаимодействия, могут быть использованы при решении комплекса проблем, связанных с применением биодобровений на основе diaзотрофных ризобактерий.

Список литературы:

1. Beneduzi A., Ambrosini A., Passaglia L.M.P. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agent // Genet. Mol. Biol. 2012. V. 35. P. 1044–1051.
2. Van der Ent S., van Wees S.C.M., Pieterse C.M.J. Jasmonate signaling in plant interactions with resistance inducing beneficial microbes // Phytochemistry. 2009. V. 70. P.1581–1588.
3. Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J., van Loon L.C. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. // Phytopathology. 2007. V. 97. P. 239–243.
4. Belin B.J., Busset N., Giraud E., Molinaro A., Silipo A., Newman D.K. Hopanoid lipids: From membranes to plant-bacteria interactions // Nat. Rev. Microbiol. 2018. V. 16. P. 304–315.
5. Евстигнеева С.С., Сигида Е.Н., Федоненко Ю.П., Коннова С.А., Игнатов, В.В. Структурные особенности капсульных и О-полисахаридов бактерий *Azospirillum brasilense* Sp245 при изменении условий культивирования // Микробиология. 2016. Т. 856, № 6. С. 643–651.
6. Федоненко Ю.П., Коннова С.А., Сигида Е.Н. Гликополимеры ассоциативных микроорганизмов: фундаментальные и прикладные аспекты / под ред. В.В. Игнатова. Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 2018. 128 с.

Научное издание

ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ – 2023

Сборник научных статей

Под редакцией А. С. Пархоменко, О. И. Юдаковой

Компьютерная вёрстка А. С. Пархоменко

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.

I S B N 978-5-6050260-4-4

