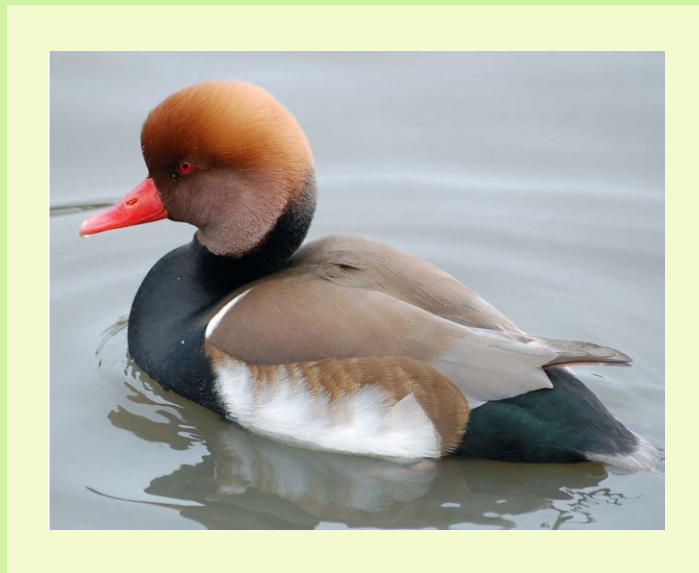


ISSN 0042-1685

**O‘ZBEKISTON  
BIOLOGIYA  
JURNALI**

**Узбекский  
Биологический  
Журнал**



**Uzbek  
Biological  
Journal**

**2-2025**

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI FANLAR АКАДЕМИЯСИ  
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**ЎЗБЕКИСТОН  
БИОЛОГИЯ  
ЖУРНАЛИ**

**2**

---

**2025**

**УЗБЕКСКИЙ  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

*Издается с января 1957 г. по 6 номеров в год*

ТАШКЕНТ – 2025

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ УЗБЕКСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА

<b>Главный редактор</b>	акад. Сабиров Р.З.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
<b>Зам. гл. редактора</b>	проф. Асрапов М.И.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
<b>Отв. редактор</b>	д. ф-м.н. Атабеков И.У.	Нац. Ком. МАБ ЮНЕСКО при АН РУз
<b>Отв. секретарь</b>	к.б.н. Самарходжаева Н.Р.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз

### Редакционный совет

акад. Абдукаримов А.А.	Центр геномики и биоинформатики АН РУз
акад. Азимов Ж.А.	Ин-т зоологии АН РУз
акад. Арипов Т.Ф.	Ин-т биоорганической химии АН РУз
акад. Арипова Т.У.	Ин-т иммунологии и геномики человека АН РУз
акад. Мавлоний М.Э.	Ин-т микробиологии АН РУз
акад. Саатов Т.С.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
акад. Саттаров Дж.С.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

### Секционные редакторы

<i>Ботаника</i>	акад. Тожибоев К.Ш.	Ин-т ботаники АН РУз
<i>Зоология</i>	д.б.н. Холматов Б.Р.	Ин-т зоологии АН РУз
<i>Физиология человека и животных</i>	проф. Кучкарова Л.С.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека
<i>Биофизика и биохимия</i>	д.б.н. Мерзляк П.Г.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
<i>Микробиология</i>	д.б.н. Миралимова Ш.М.	Ин-т микробиологии АН РУз
<i>Биотехнология</i>	д.б.н. Ташпулатов Ж.Ж.	Академия наук РУз
<i>Генетика, молекулярная и клеточная биология</i>	проф. Усманов Р.М.	Ин-т генетики и эксп. биологии растений АН РУз
<i>Почвоведение и агрохимия</i>	проф. Гафурова Л.А.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека

### Члены редколлегии

проф. Абрамов А.Ю.	Университетский колледж Лондона, Великобритания
др. Азимов Р.Р.	Калифорнийский университет в ЛосАнджелесе, США
проф. Азимова Ш.С.	Ин-т химии раст. веществ АН РУз
проф. Бердиев Б.К.	Ун-тет медицины и здоровья им. Мохамеда бин Рашида, ОАЭ
проф. Буриев З.Т.	Центр геномики и биоинформ. АН РУз
проф. Давранов К.Д.	Ин-т микробиологии АН РУз
проф. Далимова С.Н.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека
проф. Замараева М.В.	Белостокский университет, Польша
проф. Курбанназарова Р.Ш.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
др. Курганов Э.Ш.	Киотский технологический институт, Япония
проф. Мирходжаев У.З.	Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека
проф. Насиров К.Э.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз
проф. Печеницын В.П.	Ин-т ботаники АН РУз
д.б.н. Тилябаев З.Т.	Ин-т биоорганической химии АН РУз
проф. Турдикулова Ш.У.	Центр передовых технологии Мин. иннов. развития
проф. Усманов П.Б.	Ин-т биофизики и биохимии НУУз

## БИОХИМИЯ И БИОФИЗИКА

ФЛАВОНОИДЫ И ВИТАМИНЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ  
СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УЗБЕКИСТАНЕР.М. РУЗИБАЕВА<sup>1</sup>, А.Д. МАТЧАНОВ<sup>2</sup>, С.Ф. АРИПОВА<sup>1</sup><sup>1</sup>Институт химии растительных веществ АН РУз имени акад. С.Ю. Юнусова;<sup>2</sup>Институт биоорганической химии АН РУз имени акад. О.С. Садыкова

Автор для переписки: e-mail salima\_aripova@mail.ru

Впервые проведено изучение количественного содержания наиболее распространённых флавоноидов и водорастворимых витаминов в 3-х видах растений *Rindera oblongifoliya* M. Pop., *Rindera cyclodonta* (Vge) M. Pop. и *Lindelofia macrostyla* (Vge) M. Pop., относящихся к семейству Boraginaceae, и проведён их сравнительный анализ. Основным компонентом *R. cyclodonta* является витамин В1, а для *R. oblongifolia* – витамин В2. Образец *Lindelofia macrostyla* содержит в преобладающем количестве все семь выявленных витаминов (в том числе витаминов В9 и С, которые, вообще, отсутствуют в представителях рода *Rindera*), по сравнению с образцами 2-х других видов растений (*R. cyclodonta* и *R. oblongifolia*). Показано впервые присутствие 4-х веществ (робинин, рутин, гиперазид и галловая к-та) в изученных растениях, а флавоноиды апигенин, гиполаетин, изорамнетин и гиполаетин-7-О-Д-гликозид отсутствуют во всех трёх образцах.

**Ключевые слова:** Boraginaceae, *Rindera oblongifolia*, *R. cyclodonta*, *Lindelofia macrostyla*, флавоноиды, водорастворимые витамины, ВЭЖХ метод.

**Введение.** Изучение химического состава лекарственных растений является одной из актуальных задач биоорганической химии, включающее также и изучение содержания флавоноидов и витаминов как важных метаболитов растений.

Семейство Boraginaceae в мире насчитывает более 130 видов и около 2300 разновидностей растений. Род *Rindera* этого семейства насчитывает 30 видов по всему миру, 17 видов в странах СНГ, 15 видов в Центральной Азии и 8 видов в Узбекистане. *R. oblongifolia* широко культивируется в Центральной Азии. В работах Хильгера и других ученых в начале XIX века это растение называлось *Cynoglossum oblongifolium* (Попов), которое после рассмотрения типовых образцов с таксономическими названиями Heliotropiaceae и Boraginaceae, хранящихся в Национальном гербарии Узбекистана, Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан присвоил виду название *R. oblongifolia*, зарегистрированному как Роров. Кроме того, название растения – *R. oblongifolia* M. Popov включено в базу данных “Всемирный список сосудистых растений” в качестве общепринятого названия. Название Риндера дано в честь немецкого врача Франца Андреаса Риндера (1714-1772 гг.), который впервые описал это растение, собранное в Уральских горах России [1-2].

Родиной этого растения является северо-западная часть Африки (Алжир), Юго-Восточная и Восточная Европа (Греция, Россия, Румыния, Украина, Югославия), Западная и Центральная Азия (Афганистан, Алтай, Болгария, Иран, Ирак, Казахстан, Таджикистан, Кыргызстан, Туркменистан, Узбекистан) и Синьцзян (Китай).

В Узбекистане широко распространены растения родов *Rindera* и *Lindelofia*, относящиеся к семейству Boraginaceae (Бурачниковые) [3-4].

*Rindera oblongifolia* M. Pop. (риндера продолговатолистная) – многолетнее травянистое растение. Стебель простой, в верхней части ветвистый, в нижней – оттопырено бело мохнато волосистый 30-60 см высоты; соцветие рыхлое метельчатое, цветёт в апреле-июне, плодоносит в мае-августе. Растёт по каменистым, щебнистым склонам гор на высоте 1800-2000 м в Ташкентской области. Общее распространение – Средняя Азия (Западный Тянь-шань). *Rindera cyclodonta* (Vge) M. Pop. (риндера кругомзубчиковая) – многолетнее травянистое растение 10-25 (30) см высоты, стебель опушён мягкими волосками, корень толстый, многоглавый, соцветие – короткая, рыхлая метёлка.

Растёт в расщелинах гранитных мраморных скал, по щебнистым склонам гор. Распространён в Самаркандской (Зирабулак) и Бухарской областях. *Lindelofia macrostyla* (Vge) M. Pop. (линделофия длинностолбиковая) – многолетнее травянистое растение. Стебли 40-60 (80) см высоты, толстые, серовато опушённые. Цветёт в мае-августе, плодоносит в июне-сентябре, растёт по каменистым, щебнистым склонам нижнего и среднего пояса гор в Ташкентской, Ферганской, Самаркандской, Бухарской, Сурхандарьинской областях. Общее распространение – Средняя Азия, Иран, Афганистан [5].

**Цель исследования.** По литературным данным описаны алкалоиды растений рода *Rindera* [6-10], однако другие первичные и вторичные метаболиты их не были исследованы. В связи с этим нами впервые изучено содержание некоторых широко распространённых флавоноидов и водорастворимых витаминов в образцах трёх видов растений семейства Boraginaceae: *Rindera cyclodonta* (собрано в Бухарской области, Кызылкумы, 2023 г.), *Rindera oblongifolia* (Ташкентская область, Пском, 2019 г.), *Lindelofia macrostyla* (Ташкентская область, Чимган, 2022 г.). Растения для исследования собраны в период бурного роста (результаты приведены в таблицах 1 и 2).

**Материалы и методы исследования.** Экстракцию образцов исследуемых растений проводили 70%-ным этанолом в соотношении растворитель:растение, 90:20 двукратно при 70-75°C в течение 3-х часов и при интенсивном перемешивании. Отфильтрованные растворы объединяли, брали аликвоту в 1 мл и разбавляли 9 мл системой растворителей – ацетонитрил:буфер (ацетатный), 70:30, центрифугировали и отфильтровывали через мембранный фильтр.

Анализ флавоноидов проводили с помощью метода ВЭЖХ с использованием режима изокритического элюирования и диодно-матричного детектора (ДАД). В качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил и буферный раствор. Спектральные данные исследованы в спектральном диапазоне от 200 до 400 нм.

Условия хроматографирования: Хроматограф–Agilent Technologies 1260. Подвижная фаза – ацетонитрил-буферный раствор (30:70) (изокритический режим), pH=2.92, 15-20 мин, объём инъекции – 5 мкл. Скорость подвижной фазы – 0.75 мл/мин. Колонка – Eclipse XDB – C18. 5.0 мкм, 4.6×250 мм. Детектор – диодно-матричный, длина волн 254 нм., 320 нм., 381 нм.

Аналогичным образом с помощью метода ВЭЖХ определяли содержание водорастворимых витаминов в образцах указанных выше 3-х видов растений.

Подвижная фаза (градиентный режим) – ацетонитрил-буферный раствор pH=2.92 (4%:96%) 0-6 мин., (10%:90%) 6-9 мин., (20%:80%) 9-15 мин., (4%:96%) 15-20 мин. Объём инъекции – 10 мкл. Скорость подвижной фазы – 0,75 мл/мин. Колонка – Eclipse XDB – C18. 5,0 мкм, 4,6×250 мм. Детектор – диодно-матричный, детекция при длинах волн 272, 292, 254, 297, 360 нм. Результаты исследования по анализам флавоноидов и водорастворимых витаминов в 3-х видах изученных растений приведены в таблицах 1-2.

#### Обсуждение результатов.

Полученные данные анализа флавоноидов в 3-х видах изученных растений представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Содержание флавоноидов в 3-х видах растений родов *Rindera* и *Lindelofia*

Наименование образца	Содержание флавоноидов, мг/100 г							
	Робинин	Гиполаетин	Рутин	Гиполаетин 7-O-D-Gly	Изорамнетин	Галловая кислота	Гиперазид	Апигенин
<i>Rindera oblongifolia</i>	5,29	-	92,36	-	-	84,73	0,46	-
<i>Rindera cyclodonta</i>	5,23	-	297,26	-	-	123,45	0,99	-
<i>Lindelofia macrostyla</i>	5,89	-	393,63	-	-	125,88	5,57	-

На рисунке представлена диаграмма соотношения флавоноидов в изученных растениях.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии во всех образцах изученных видов растений 4-х веществ (робинин, рутин, гиперазид, галловая кислота), причём вид *L. macrostyla* по их содер-

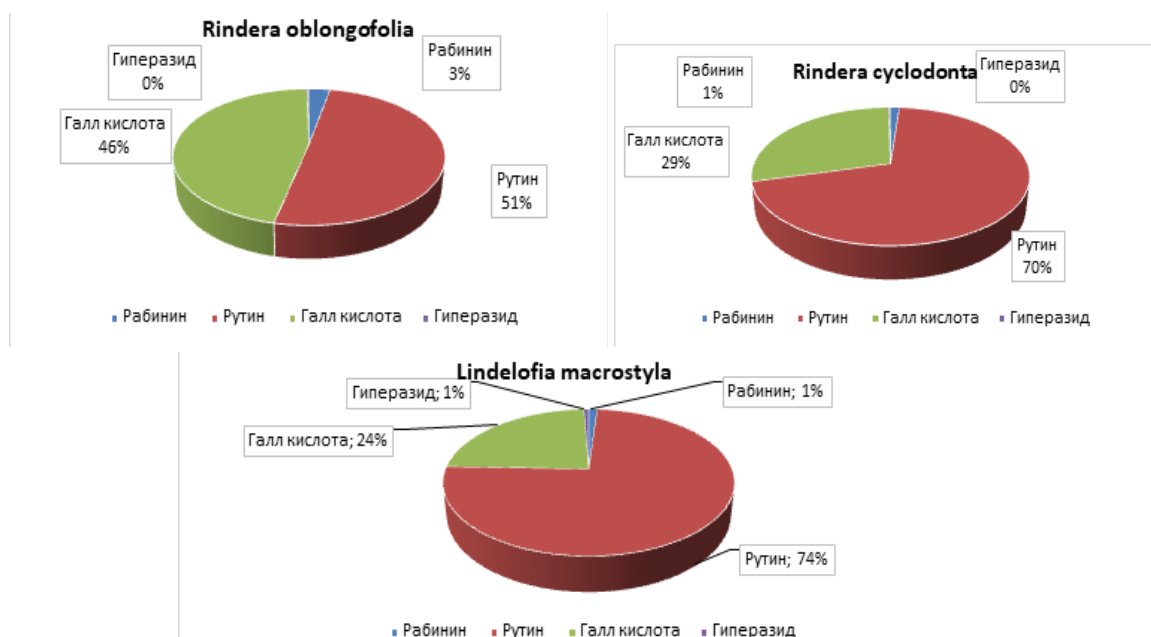


Диаграмма соотношения флавоноидов в растениях.

жанию значительно превосходит два других вида. В то же время флавоноиды апигенин, гиполаетин, изорамнетин и гиполаетин-7-O-D-гликозид отсутствуют во всех трёх образцах растений. Результаты анализа водорастворимых витаминов в 3-х видах изученных растений приведены в таблице 2.

Таблица 2

#### Содержание водорастворимых витаминов в 3-х видах растений родов *Rindera* и *Lindelofia*

№	Наименование образца	Количественное содержание, мг/100 г						
		B1	B6	B9	PP	C	B2	B12
1	<i>Rindera cyclodonta</i>	27,20	12,75	-	0,49	-	2,53	2,35
2	<i>Rindera oblongifolia</i>	-	32,58	-	6,14	-	46,34	12,52
3	<i>Lindelofia macrostyla</i>	14,15	20,27	2,987	40,99	172,14	49,74	26,53

*R. cyclodonta* содержит 5 водорастворимых витаминов группы **B**, однако отмечается отсутствие в ней витаминов **C** и **B9**. Образец отличается высоким содержанием витамина **B1**, который участвует в метаболических процессах человеческого организма, контролирует и повышает его иммунитет [11-12]. При отсутствии витамина **B1** в *R. oblongifolia* его содержание в *R. cyclodonta* в 2 раза больше, чем в *L. macrostyla*. Из полученных данных вытекает вывод о том, что витаминный состав *R. cyclodonta* состоит, в основном, из водорастворимых витаминов **B1** и **B6**.

*R. oblongifolia* содержит 4 водорастворимых витаминов, а витамины **B1**, **B9** и **C** и вовсе отсутствуют. Витамин **B2** в *R. oblongifolia* и *L. macrostyla* содержится почти в 20 раз большем количестве, чем в *R. cyclodonta*. Витамин **B6** (пиридоксин) участвует в качестве стимулятора метаболизма, в выработке кровяных телец в живом организме [13-14]. Отмечено достаточно высокое его содержание во всех изученных образцах растений, а содержание витаминов **B12** и **PP** в *L. macrostyla* значительно больше, чем в образцах 2-х других видов.

Подводя итог по полученным результатам, можно констатировать, что основным компонентом *R. cyclodonta* является витамин **B1**, а для растения *R. oblongifolia* – витамин **B2**. Особо отличается образец *L. macrostyla*, содержащий в преобладающем количестве все семь обнаруженных витаминов (в том числе витамины **B9** и **C**, которые вообще отсутствуют в представителях рода *Rindera*), по сравнению с образцами 2-х других видов растений (*R. cyclodonta* и *R. oblongifolia*). Примечательно, что *L. macrostyla*, относящаяся к растениям другого рода – *Lindelofia*, содержит полный набор всех

семи исследованных витаминов, причём в значительном количестве витамин С, который отсутствует в 2-х других видах растений.

**Выводы.** Впервые проведено изучение количественного содержания наиболее распространённых флавоноидов и водорастворимых витаминов в 3-х видах растений: *R. oblongifolia*, *R. ciclodonta* и *L. macrostyla* и проведён их сравнительный анализ. Показано, что присутствие 4-х соединений (робинин, рутин, гиперозид и галловая к-та) в изученных растениях родов *Rindera* и *Lindelofia* определено впервые. Отмечено, что вид *L. macrostyla* превосходит другие виды как по содержанию флавоноидов, так и по водорастворимым витаминам.

**Закключение.** Полученные данные свидетельствуют о том, что изученные растения содержат большое количество полезных для живого организма флавоноидов и водорастворимых витаминов.

**Конкретный вклад авторов:** Р.М. Рузibaева готовила образцы для эксперимента, А.Д. Матчанов проводил эксперименты, С.Ф. Арипова – сбор литературы по теме, обобщение результатов экспериментов и написание статьи.

Работа выполнена при поддержке Бюджетной программы фундаментальных научных исследований АН РУз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nadjia Diane, Harald Förther, Hartmut H Hilger. A systematic analysis of *Heliotropium*, *Tournefortia*, and allied taxa of the Heliotropiaceae (Boraginales) based on ITS1 sequences and morphological data. // Am. J. Bot. 2002 Feb; 89(2):287-95. Doi: 10.3732/ajb.89.2.287. PMID: 21669738.
2. Zhu G., Riedl H., Kamelin R. V. // *Rindera*. Flora of China: in 25 vol. ed. By Z. Wu, P.H. Raven, D. Hong. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 1995. Vol. 16: Gentianaceae through Boraginaceae. P. 425. 479 p. ISBN 978-0-915279-34-0. ISBN 978-0-915279-33-3.
3. Введенский А.И. // Флора Узбекистана. Том 5. Ташкент: изд-во АН УзССР. 1961. С. 668.
4. Введенский А.И. // Флора СССР. Том 19. С. 584-585.
5. *Rindera oblongifolia* M. Popov. // Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/31978.html> (accessed on 23 Jan 2025).
6. Какар Ф., Акбарян З., Лесли Т., Лайс М., Уотсон Д., Ван Ханс Э., Фахим О.М., Мофле Д. // Журнал токсикологии. 2010: 1–7. DOI:10.1155/2010/313280.
7. Shakirov R., Vinogradova V.I., Aripova S.F., Sultankhodzhaev M.N., Bessonova I.A., Akhmedzhanova V.I., Tulaganov T.S., Salimov B.T. // Natural Compounds: Plant, Sources, Structure and Properties. Springer. New York. 2013. 1-908. <http://www.springer.com/us/book/9780387491394>.
8. Юнусов С.Ю. // Справочник «Алкалоиды». Изд. АН РУз. Ташкент. 1981. С. 312-313.
9. Ruzibaeva R.M., Bobakulov Kh.M., Mukarramov N.I., Tashkhodjaev B., Okmanov R.Ya., Nigmatullaev A.M., Abdullaev N.D. Rinderine and oblongifolidine new pyrrolizidine alkaloids from *Rindera oblongifolia* M. Popov and their absolute configurations. // Natural Product Research. England. 2024. V. 38. № 7. P. 1157-1167.
10. Ruzibaeva R.M., Okmanov R.Ya., Tashkhodjaev B., Mukarramov N.I., Eshimetov A.G., Nigmatullaev A.M. Molekular structure of the pyrrolizidine alkaloid trihodesmin from *Rindera oblongifolia*. // Chemistry of Natural Compounds. Springer. USA. 2024. № 5. P. 895-899.
11. Теплова В.В., Исакова Е.П., Кляйн О.И., Дергачева Д.И., Гесслер Н.Н., Дерябина Ю.И. Природные полифенолы биологическая активность, фармакологический потенциал, пути метаболической инженерии (обзор). // Прикладная биохимия и микробиология. 2018. № 3. С. 215-235.
12. Салахов И.А., Гармонов С.Ю. Определение флавоноидов боярышника в лекарственных формах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. // Прикладная химия, химическая технология. 2007. № 6. С. 22.
13. Потапович А.И., Костюк В.А. Сравнительное исследование антиоксидантных свойств и цитопротекторной активности флавоноидов. // Биохим. 2003. 68. № 5. С. 632-638.
14. Chuanhui Ma, Yang Liu, Lin Zhu, Hong Ji, Xun Song. Determination and regulation of hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids in food: A critical review of recent research (англ.). // Food and Chemical Toxicology. 2018-09-01. Vol. 119. P. 50-60. ISSN 0278-915. DOI:10.1016/j.fct.2018.05.037.

O‘ZBEKISTONDA O‘SADIGAN BORAGINACEAE OILASIGA MANSUB O‘SIMLIK LARNING  
AYRIM TURLARIDAGI FLAVONOIDLAR VA VITAMINLAR

R.M. Ruzibaeva, A.D. Matchanov, S.F. Aripova

Birinchi marta *Rindera oblongifolia* M. Pop. o‘simliklarining 3 turida eng keng tarqalgan flavonoidlar va suvda eriydigan vitaminlarning miqdoriy tarkibi o‘rganildi. *Rindera cyclodonta* (Bge) M. Pop. va *Lindelofia macrostyla* (Bge) M. Pop. Boraginaceae oilasiga tegishli va ularning qiyosiy tahlili o‘tkazildi. *R. cyclodonta* ning asosiy komponenti B1 vitamini, *R. oblongifolia* uchun esa B2 vitaminidir. *Lindelofia macrostyla* namunasi boshqa 2 o‘simlik turlarining namunalari (*R. cyclodonta* va *R. oblongifolia*) bilan taqqoslaganda barcha ettita aniqlangan vitaminlarni, shu jumladan B9 va C vitaminlarini o‘z ichiga oladi. O‘rganilgan o‘simliklarda birinchi marta 4 ta birlikma (robinin, rutin, giperazid va gall k-ta) mavjudligi ko‘rsatilgan va flavonoidlar (apigenin, gipolaetin, izoramnetin va gipolaetin-7-O-D-glikozid) uchta namunada ham mavjud emas.

**Kalit so‘zlar:** Boraginaceae, *Rindera oblongifolia*, *R. cyclodonta*, *Lindelofia macrostyla*, flavonoidlar, vitaminlar, YuSSX.

FLAVONOIDS AND VITAMINS OF SOME SPECIES OF PLANTS OF THE FAMILY BORAGINACEAE  
GROWING IN UZBEKISTAN

R.M. Ruzibaeva, A.D. Matchanov, S.F. Aripova

For the first time, the quantitative content of the most common flavonoids and water-soluble vitamins in 3 plant species: *Rindera oblongifolia* M. Pop., *Rindera cyclodonta* (Bge) M. Pop. and *Lindelofia macrostyla* (Bge) M. Pop., belonging to the Boraginaceae family, was studied and their comparative analysis was carried out. The main component of *R. cyclodonta* is vitamin B1, and for *R. oblongifolia* it is vitamin B2. The *Lindelofia macrostyla* sample contains a predominant amount of all seven defined vitamins (including vitamins B9 and C, which are generally absent in representatives of the genus *Rindera*), compared with samples of 2 other plant species (*R. cyclodonta* and *R. oblongifolia*). The presence of 4 compounds (robinin, rutin, hyperazide, and gallic acid) in the studied plants was shown for the first time, while the flavonoids (apigenin, hypolaethin, isoramnetin, and hypolaethin-7-O-D-glycoside) were absent in all three samples.

**Keywords:** Boraginaceae, *Rindera oblongifolia*, *R. cyclodonta* va *Lindelofia macrostyla*, flavonoids, vitamins, HPLC.

УДК 547.918:547.926

**ПРЕБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ  
*ASTRAGALUS PTEROCEPHALUS*****М.А. АГЗАМОВА, М.Х. МАЛИКОВА**

Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз

Автор для переписки: agzamova\_manzura@mail.ru

Разработана схема выделения полисахаридов из надземной части *Astragalus pteroccephalus* Bunge. Определено количественное содержание водорастворимых полисахаридов и качественный состав моносахаридов, представленный в основном галактозой и арабинозой, что позволило отнести выделенный полимер к арабиногалактанам. Полисахарид анализировали методом ИК спектроскопии. Показана пребиотическая активность полисахарида.

**Ключевые слова.** *Astragalus pteroccephalus*, полисахариды, моносахариды, ИК спектроскопия, пребиотическая активность, пробиотические микроорганизмы.

**Введение.** За последние десять лет в медицине и фармакологии существенно возросло использование лекарственных препаратов, получаемых из растительного сырья.

Во флоре Узбекистана много растений, которые содержат фармакологически активные метаболиты. Особое место отводится тритерпеноидам, флавоноидам и углеводам, которые проявляют целый спектр физиологической активности. Для них выявлены кардиотоническая, антимикробная, гипохолестеринемическая, гипогликемическая, иммуностимулирующая, гемолитическая и антиоксидантная активности.

**Актуальность.** Растения рода *Astragalus* сем. Fabaceae (*Бобовые*) представляют большой интерес как источники различных биологически активных веществ и природных антиоксидантов. На основе некоторых видов растений *Astragalus* разработаны препараты, которые применяются в научной медицине [1-3]. Широкий спектр физиологической активности открывает большие перспективы для их практического использования.

*Astragalus pteroccephalus* Bunge относится к подроду *Tragacantha* рода *Astragalus*. Это колючие кустарники, ныне выделяемые в самостоятельный род *Astracantha* Podlech [4].

Для всех трагакантовых астрагалов характерно образование камеди в результате перерождения клеточных стенок паренхимы сердцевины. Из этих растений получают трагакант – Gummi Tragacanthae, представляющий собой засохшую камедь, вытекающую из надрезов стеблей, которая используется в фармации для приготовления суспензий, как основа для таблеток и пилюль

*A. pteroccephalus*, астрагал крылатоголовый представляет собой многолетний ветвистый кустарник, распространен в Ташкентской, Ферганской, Джизакской, Самаркандской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской областях Узбекистана.

Ранее из данного вида был выделен тритерпеновый гликозид, циклосиверсиозид F [5], проведены доклинические исследования субстанции и выявлена кардиопротекторная активность. Установлено, что гликозид обладает высокой безвредностью и не токсичен.

В литературных источниках информация об углеводном составе весьма незначительна.

**Цель работы.** Выделение и исследование водорастворимых полисахаридов из надземной части *A. pteroccephalus* и изучение биологической активности.

**Материалы и методы.** Сырьем для данного исследования послужила надземная часть *A. pteroccephalus*, собранная в 2019 году в период цветения – в июне месяце.

Место сбора и заготовки сырья – юго-западная часть Гиссара Кашкадарьинской области, окрестности кишлака Гилан.

Объектами исследований выбраны пробиотические микроорганизмы «Бифидумбактерин PZ», *Lactobacillus acidophilus* штаммы 180+916+630, *Lactobacillus bulgaricus* 176, 906; *Lactobacillus casei* 171 и 925.



Выделение полисахаридов из водного экстракта *A. pteroccephalus*.

Согласно схеме выделили водорастворимый полисахарид (ВРПС) с выходом 4,2 %.

#### Экспериментальная часть.

Как видно из схемы, сырьё обрабатывали кипящим 70% этанолом для удаления низкомолекулярных соединений и свободных моносахаридов. ВРПС выделяли из водного экстракта *A. pteroccephalus* осаждением спиртом. Выпавший осадок отделяли центрифугированием, осадок промывали и высушивали спиртом. Получили аморфный порошок светло-коричневого цвета [6]

*Определение показателя относительной вязкости.*

Относительную вязкость ( $\eta$  отн.) измеряли на вискозиметре Оствальда с диаметром капилляра (0,73 мм), при 22°C.

Приготавливали 1%-ный водный раствор полисахарида и измеряли время его истечения. Расчет производили по формуле:

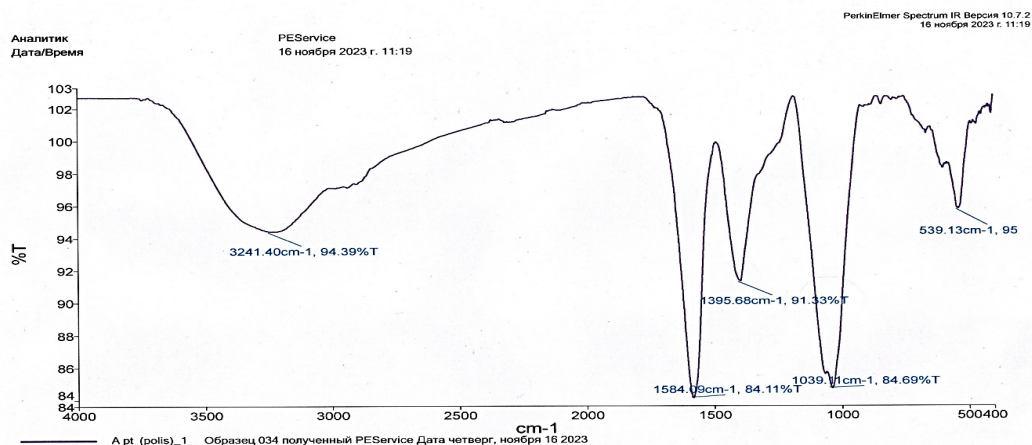
$\eta_{\text{отн.}} = T_1 / T_2$ , где  $T_1$  – время истечения раствора (40 сек.)

$T_2$  – время истечения воды (27 сек.),  $\eta_{\text{отн.}}$  1,5

#### Полный кислотный гидролиз полисахаридов.

100 мг ВРПС гидролизовали 3-4 мл 1н  $H_2SO_4$  при 100°C в течение 8 ч. Далее гидролизат нейтрализовали карбонатом бария, выпавший осадок отделили фильтрованием. Фильтрат деионизировали катионитом КУ-2 ( $H^+$ ), катионит отделяли, гидролизат упаривали до объема 1 мл и анализировали методом бумажной хроматографии (БХ). Хроматографию проводили на бумаге FN 12 (Германия) нисходящим методом (18 ч) в системе растворителей: н-бутанол-пиридин-вода (6:4:3) с известными моносахаридами (метчиками). Хроматограмму высушивали, обрабатывали кислым фталатом анилина, снова высушивали, и проявляли при температуре 105-110°C в течение 3-4 мин в сушильном шкафу. В гидролизате полисахаридов выявили наличие галактозы, глюкозы, арабинозы, ксилозы и уроновых кислот. Доминирующими являются арабиноза и галактоза, глюкоза и ксилоза находятся в незначительных количествах, уроновые кислоты – в следовых. Гидролизат упаривали досуха, добавляли 1 мл пиридина и 100 мг гидроксилamina солянокислого, нагревали при 90°C в течение 1 ч., реакцию смесь охлаждали, приливали 1 мл уксусного ангидрида и снова нагревали при 90°C в течение 1 ч. Далее реакцию смесь разбавляли 30 мл дист. воды и экстрагировали хлороформом дважды по 30 мл. Хлороформный экстракт высушивали безв. сульфатом натрия, упаривали и получили производные моносахаридов – ацетаты альдононитрилов, которые анализировали методом ГЖХ [7]. Установили, что арабиноза и галактоза находятся в соотношении 1 : 2,5

ИК спектр арабиногалактана изучали методом ИК-спектроскопии на ИК спектрометре Фурье фирмы Perkin Elma, модель 2000, в диапазоне 700 – 3000  $cm^{-1}$ , в таблетках с калием бромидом (KBr).



ИК спектр арабиногалактана.

В ИК спектре арабиногалактана (рис.) присутствует интенсивная полоса поглощения в области 3241 см<sup>-1</sup>, соответствующая наличию гидроксильных групп, полосы поглощения в области 1584 и 1395 см<sup>-1</sup> показывают наличие белковых примесей, эти полосы также достаточно интенсивные [8, 9].

Следующая полоса поглощения при 1039 см<sup>-1</sup> соответствует пиранозным циклам и их фрагментам С—С, С—О, С—Н, СН<sub>2</sub>ОН, С—ОН, С—О—С. В низкочастотной области присутствуют полосы поглощения, соответствующие различным типам гликозидных связей между моносахаридными остатками.

**Пребиотическая активность полисахарида.**

Арабиногалактан использовали в количестве не превышающем 0,25%. Питательной средой для бифидумбактерий служили среда Блаурокка, для лактобацилл – MRS бульон (фирмы Hi-Media).

Культуры выращивали в термостате при (38±1)°С в течение 48 часов.

Затем подсчитывали количество жизнеспособных клеток общеизвестным стандартным методом путем титрования выросшей культуры в глубоком слое агара (0,75%) в пробирках, разводя культуру, последовательно в десятичной системе (1 мл в 9 мл питательной среды). Разведение составляло от 10<sup>-1</sup> до 10<sup>-9</sup>.

Проведенные исследования по изучению активности данного арабиногалактан, выявили пребиотическую активность, результаты анализа представлены в таблице.

**Влияние полисахарида на рост пребиотических микроорганизмов**

Пребиотик	ПРОБИОТИЧЕСКИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ					
	Бифидум бактерин (ББ) PZ	Lact. acidophilus 180+916+630	Lact. delbrueckii sp bulgaricus 176	Lact. plantarum LG 42	Lact. casei 171	Lact. casei 925
Арабино- галактан	2,5 . 1010	3,4 . 1010	1,2 . 1011	7,0 . 1010	1,2 . 1011	3,4 . 1010
Контроль	2,5 . 109	8,0 . 108	1,2 . 108	3,0 . 109	5,8 . 109	6,5 . 109

Как видно из таблицы, пребиотик оказал хорошее стимулирующее действие на пребиотические культуры. По сравнению с контролем (без пребиотика), увеличение титра живых клеток составляло в 10 - 1000 раз: Рост культур бифидобактерий (Бифидумбактерин PZ), Lactobacillus plantarum LG42, Lactobacillus casei 925 – в 10 раз, культуры Lactobacillus casei 171; Lactobacillus acidophilus – в 100 раз и Lactobacillus bulgaricus 176+906 – в 1000 раз. Из полученных данных наиболее ценным является высокое стимулирующее действие на такие виды лактобацилл, как – Lactobacillus acidophilus и Lactobacillus bulgaricus [10].

**Закключение.** Из надземной части *A. pterocephalus* выделен и охарактеризован водорастворимый полисахарид – арабиногалактан, который проявляет выраженную пребиотическую активность и может быть перспективным для практического применения в биотехнологии пробиотических препаратов и пищевых добавок.

**Благодарность** за исследования пребиотической активности д.б.н. Огай Д.К. Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований АН РУз Грант № ВА-ФА-Ф7-009.

**Вклад авторов.** М.Х. Маликова – выделение и характеристика полисахаридов, анализ спектральных данных, редактирование статьи.

М.А. Агзамова – экстракция сырья, очистка образцов экстракта для проведения биологических исследований, анализ спектральных данных и литературы, написание статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang L, Liu Q, Lu L, Zhao X, Gao X, Wang Y. X X (2011). Astragaloside IV stimulates angiogenesis and increases hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  accumulation via phosphatidylinositol 3-kinase / Akt pathway. *J Pharmacol Exp Ther.* 2: 485-491. Doi: 10.1124/jpet.111.180992.
2. Luo H.M., Dai R.H., Li Y. (1995). Nuclear cardiology study on effective ingredients of *Astragalus membranaceus* in treating heart failure. *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi.* 15(12): 707-709.
3. Bedir E, Pugh N., Calis I., Pasco D.S., Khan I. A. (2000). Immunostimulatory effects of cycloartane-type triterpene glycosides from *Astragalus* species. *Biological and Pharmaceutical Bulletin,* 23 (7): 834-837. Doi:10.1248/bpb.23.834
4. Коровин Е.Р., Введенский А.И. Флора Узбекистана. Ташкент: АН Уз ССР, 1955. Т.3: 473-671. // Korovin E.R., Vvedenskiy A.I. Flora Uzbekistana. Tashkent: AN Uz SSR, 1955. T.3: 473-671.
5. Agzamova M.A., Isaev I.M. (2016). Constituents from *Astragalus pterocephalus*. *Chem.Nat.Compnd.,* 52(3): 501-502. Doi:10.1007/s10600-016-1687.
6. Erkulov Z.E., Malikova, M.Kh., Rakhmanberdyeva R.K. (2011). *Chem.Nat. Compnd.,* 47: 182-184. Doi:10.1007/s10600-011-9876-6.
7. Eshbekov A.E., Rakhmanberdyeva R.K., Malikova M.Kh. (2019). Pectinic substances from *Phaseolus vulgaris* shells. *Chem.Nat.Compnd.,* 55: 239-241. Doi:10.1007/s10600-019-02658y
8. Siddikova A.A., Makhmudova M.M., Malikova M.K. et al. (2024). Water-Soluble Polysaccharides from *Datura stramonium* Leaves and Their Prebiotic Activity. *Chem Nat Compd.,* 60: 1–4. Doi:10.1007/s10600-024-04238-1
9. Филиппов М.П. Инфракрасные спектры пектиновых веществ, Штиинца, Кишинев, 1978, 14-22 // Filippov M.P. Infrakrasnye Spectry Pectinovyh veshestv, Shtiintsya, Kishinev, 1978, 14-22.
10. Войтенко О.С. Технология пробиотиков и продуктов на их основе: учебное пособие: Донской ГАУ. 2019. 171 с. // O.S. Voitenko. Technologya probiotikov i produktov na ih osnove: uchebnoe posobie: Donskoy GAU. 2019, 171 s.

ASTRAGALUS PTEROCEPHALUS NING SUVDA ERUVCHI POLISAXARIDLARNING  
PREBIOTIK FAOLLIGI

M.A. Agzamova, M. Kh. Malikova

*Astragalus ptercephalus* Bunge o‘simligi yer ustki qismidan polisaxaridlarni ajratib olish chizmasi ishlab chiqildi. Suvda eruvchan polisaxaridlarning miqdoriy tarkibi va asosan galaktoza va arabinoza monosaxaridlarning tarkibi aniqlandi, ushbu olingan polimerni arabinogalaktan deb tasniflash imkonini berdi. Polisaxarid IQ spektroskopiya usuli bilan tahlil qilindi. Polisaxaridning prebiotik faolligi o‘rganildi.

**Kalit so‘zlar.** *Astragalus ptercephalus*, polisaxaridlar, monosaxaridlar, IQ spektroskopiya, prebiotik faollik, probiotik mikroorganizmlar.

PREBIOTIC ACTIVITY OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES OF  
*ASTRAGALUS PTEROCEPHALUS*

M.A. Agzamova, M. Kh. Malikova

A scheme for the isolation of polysaccharides from the aerial parts of *Astragalus ptercephalus* Bunge has been developed. The quantitative content of the water-soluble polysaccharide and qualitative composition of monosaccharides, represented mainly galactose and arabinose, were determined, which made it possible to classify the isolated polymer as arabinogalactans. The polysaccharide was analyzed by IR spectroscopy. The prebiotic activity of the polysaccharide has been studied.

**Key words:** *Astragalus ptercephalus*, polysaccharides, monosaccharides, IR spectroscopy, prebiotic activity, probiotic microorganisms.

## КУЛЬТИВИРОВАНИЕ КАЛЛУСНОЙ ТКАНИ *NITRARIA SCHOBERI* L., РАСПРОСТРАНЕННОЙ В ЮЖНОМ АРАЛКУМЕ, И ПОЛУЧЕНИЕ РЕГЕНЕРАНТОВ НА СОЛЕВЫХ СРЕДАХ

Г.И. АМАНОВА, Х.У. ХАЛБЕКОВА, У.Ж. ИШИМОВ, Ж.Ф. ЗИЯВИТДИНОВ

Институт биоорганической химии АН РУз

Автор для переписки: [guzal.amanova.87@mail.ru](mailto:guzal.amanova.87@mail.ru)

Впервые была разработана схема получения каллусной ткани из растения *N. schoberi* в условиях *in vitro* с адаптацией к стрессовому фактору путем добавления NaCl в концентрации от 50 до 200 mM в гормональную среду DKW+2,4-Д+6-БАП (0,5: 0,5 мг/л). Проведены эксперименты по получению полноценных регенерантов на различных питательных средах с различными комбинациями фитогормонов. Определена оптимальная питательная среда DKW+6-БАП+Кин+ИМК (0,5: 0,5: 0,1 мг/л) + NaCl 200 mM, которая позволила получить 89,3±0,6% регенерантов.

**Ключевые слова:** Южный Аралкум, растения, *Nitraria schoberi*, *in vitro*, NaCl, каллус.

**Введение.** Одним из достижений растительной биотехнологии является получение каллуса из тканей органов растений, состоящего из нескольких паренхимных клеток, который обладает рядом положительных свойств. В частности, это позволяет получать здоровые, стерильные ткани, свободные от вирусов, а также в больших количествах получать регенеранты.

Растения рода *Nitraria* относятся к растениям, размножение которых затруднено, а период покоя семян длится долго. При естественном размножении растения сталкиваются с рядом серьезных проблем. Например, можно отметить такие проблемы, как длительный период покоя семян, твердая оболочка семян, резкие изменения климата. Всё это может привести к задержке прорастания семян и снижению жизнеспособности растений, а также их способности к размножению [1]. Во многих научно-исследовательских центрах и высших учебных заведениях мира проводились научные исследования по изучению видов этого рода. В частности, изучалась всхожесть семян *N. tangutorum* и *N. sibirica* в лабораторных условиях [2-6], а также микрклональное размножение *in vitro* [7-9].

Российским ученым Т.Б. Железниченко и его коллегами впервые была разработана биотехнологическая методика «бородатых корней» («hairy roots») для вида *N. schoberi* в условиях *in vitro*, а также проведен анализ состава биологически активных веществ [7, 8]. Китайский ученый Н. Guo и его коллеги определили оптимальные питательные среды для размножения *N. sibirica*: MS + 2 мг/л 6-БАП и 0,1 мг/л ИМК, для *N. tangutorum* – MS + 2 мг/л 6-БАП и 1 мг/л НУК, для укоренения – 1/2 MS + 1 мг/л Кин + 0,5 мг/л ИМК, а для формирования каллуса – MS + 2,4-Д 0,5-1,0 мг/л. Эти условия были признаны наиболее подходящими [9].

В последние годы ученые Института биоорганической химии проводят ряд исследований, направленных на изучение биоэкологических, молекулярно-биологических, биохимических и биотехнологических особенностей перспективных пустынных растений, и достигли значительных результатов. В частности, исследование растения *N. schoberi* является частью этих работ [10-11].

На сегодняшний день научные исследования по микрклональному размножению перспективных видов растений в условиях *in vitro*, распространенных в пустынных районах нашей республики, особенно на высохшем дне Аральского моря, еще недостаточны. Исходя из этого, исследования в этом направлении являются одной из актуальных задач.

Цель исследования: размножение каллусных тканей растения *N. schoberi* в условиях *in vitro* и получение зрелых развившихся растений через добавление NaCl в различные варианты гормональных питательных сред для каллусных тканей.

Материалы и методы. Эксперименты проводились на семенах *N. schoberi*, собранных в южных засушливых районах Аральского моря.

В качестве источника ауксинов в питательных средах использовались 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д), индоллил-3-уксусная кислота (ИУК) и нафтилукусусная кислота (НУК). Для по-

лучения каллусной ткани с высокой скоростью роста чаще всего используется 2,4-Д, так как его активность в 30 раз выше, чем у ИУК. Поэтому в данном эксперименте также был использован 2,4-Д. Вначале семена *N. schoberi* были инокулированы в условиях *in vitro*. Из листовых пластинок проростков были вырезаны небольшие фрагменты размером 0,2-0,5 мм. По 10-12 таких фрагментов помещали в чашки Петри с питательной средой, содержащей 2,4-Д в концентрациях 0,5, 1 и 2 мг/л. Культуры выращивали в термостате при температуре  $26\pm 2^\circ\text{C}$  в темноте.

Было установлено, что оптимальной концентрацией 2,4-Д для образования и роста каллусной ткани из листьев *N. schoberi* является 0,5 мг/л. Таким образом, для культивирования каллусной ткани из растительных эксплантов использовалась питательная среда Driver & Kuniyuki (DKW) с добавлением 0,5 мг/л 2,4-Д [10].

**Результаты исследований и обсуждение.** Как известно, *N. schoberi* является галофитом, то есть растением, приспособленным к жизни в солевых условиях. Поэтому изучение влияния солевого стресса на микрорастения *N. schoberi* в условиях *in vitro* и роли ионов NaCl в биохимических и физиологических процессах представляет большой интерес.

С этой целью была разработана схема культивирования каллусной ткани на питательных средах DKW+2,4-Д 0,5 мг/л и DKW+2,4-Д 0,5 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л с добавлением различных концентраций NaCl (50, 100 и 200 mM). Результаты показали, что концентрация NaCl существенно влияла на рост и развитие тканей *N. schoberi*. Первые изменения эксплантов под воздействием гормонов наблюдались через неделю. Через две недели на среде DKW+2,4-Д 0,5 мг/л формировались мягкие бело-желтые каллусы, а на среде DKW+2,4-Д 0,5 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л – более плотные желтые и светло-зеленые каллусы (таблица 1, рис. 1).

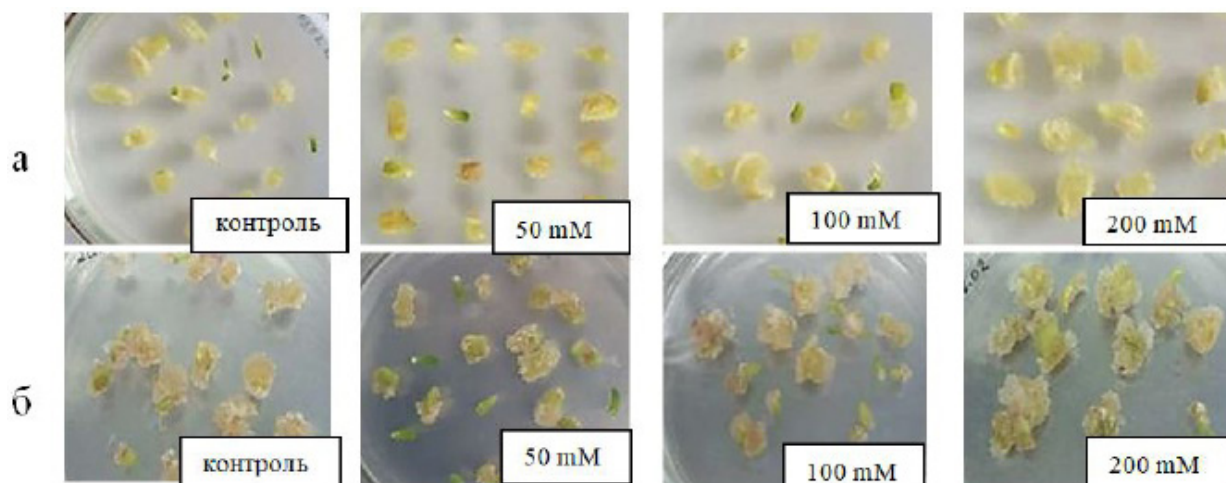


Рис. 1. Влияние питательных сред с различными концентрациями NaCl на индукцию каллуса у растения *N. schoberi*. а) DKW+2,4-Д 0,5 мг/л; б) DKW+ 2,4-Д 0,5 мг/л + БАП 0,5 мг/л.

С увеличением концентрации NaCl наблюдалось улучшение роста клеточных тканей, и через 4 недели на среде с 200 mM NaCl сформировались желто-зеленые каллусы средней плотности (рис. 1). Это подтвердило эффективность использования данной среды для получения каллусной ткани из листьев *N. schoberi*. Кроме того, было установлено, что каллусы, выращенные на среде DKW+2,4-Д 0,5 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л + 200 mM NaCl, достигали наибольших размеров ( $2,21\pm 0,21$  см). Таким образом, для дальнейших экспериментов была выбрана именно эта питательная среда.

Возможность восстановления целого растения из одиночной клетки в культуре тканей является ключевым достижением растительной биотехнологии. Иногда этот процесс осуществляется через образование отдельных органов. На следующем этапе эксперимента были подготовлены питательные среды DKW (сахароза 30 г/л, агар 7,5 г/л, pH 5,6–5,8), дополненные различными комбинациями фитогормонов (БАП, ИМК, Кин), для регенерации целых растений из каллусной ткани *N. schoberi*. Культивирование проводилось при температуре  $26\pm 2^\circ\text{C}$ , освещенности 2000 люкс с фотопериодом 16 часов свет/8 часов темнота. Составы питательных сред и полученные результаты представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

Таблица 1

Влияние различных концентраций NaCl на образование каллуса из листьев *N. schoberi*

Состав питательной среды (гормоны мг/л, NaCl mM)	Каллусогенез			
	14 дней		28 дней	
	Цвет каллуса	Средний размер каллуса (см)	Цвет каллуса	Средний размер каллуса (см)
2,4-D 0,5	Беловато-желтый	1.33±0.30	Желто-зеленый	1.86±0.13
2,4-D 0,5 + 50 mM	Беловато-желтый	1.37±0.26	Желто-зеленый	1.89±0.08
2,4-D 0,5 + 100 mM	Беловато-желтый	1.39±0.29	Желто-зеленый	1.91±0.10
2,4-D 0,5 + 200 mM	Беловато-желтый	1.40±0.21	Желто-зеленый	1.94±0.19
2,4-Д 0,5 + 6- БАП 0,5 мг/л	Беловато-желтый	1.38±0.16	Желто-зеленый	1.88±0.14
2,4-Д 0,5+6-БАП 0,5+50 mM	Беловато-желтый	1.41±0.20	Желто-зеленый	1.91±0.15
2,4-Д 0,5+6-БАП 0,5+100 mM	Беловато-желтый	1.45±0.25	Желто-зеленый	2.0±0.23
2,4-Д 0,5+6-БАП 0,5+200 mM	Беловато-желтый	1.85±0.16	Желто-зеленый	2.21±0.21

Рис. 2. Технология получения регенерантов из каллусной ткани растения *N. schoberi*.

Таблица 2

Гормональные питательные среды для получения полноценных регенерантов из каллусной ткани растения *N. Schoberi*

Состав питательной среды (гормоны мг/л, NaCl mM)	Характеристика каллуса	Регенерация каллуса %
6-БАП 0.5+Кин1+ИМК 0.5	Средней плотности, светло-зеленый, желтоватый	84.3±0.1
6-БАП 1+Кин1+ИМК 0.5	Средней плотности, светло-зеленый, желтоватый	79.1±0.08
6-БАП 2+Кин1+ИМК 0.5	Средней плотности, светло-зеленый, желтоватый	76.1±0.6
6-БАП 0.5+Кин 0.5+ИМК 0.1+ 50 mM	Средней плотности, светло-зеленый, желтоватый	87.1±0.8
6-БАП 0.5+Кин 0.5+ИМК 0.1+ 200 mM	Средней плотности, светло-зеленый, желтоватый	89.3±0.6
6-БАП 0.5+Кин 0.5+ИМК 0.1+ 400 mM	Средней плотности, светло-зеленый, желтоватый	47.4±0.9

Результаты показали, что развитие большинства каллусов было значительно лучше при концентрации NaCl 200 mM по сравнению с 50 mM, и уже на первой неделе наблюдалось начало органогенеза, то есть образование отдельных органов, из которых впоследствии развивались растения. Несмотря на то, что *N. schoberi* является солеустойчивым растением, при повышении концентрации NaCl до 400 mM развитие каллусов замедлялось, и процесс регенерации не был столь эффективным.

При концентрации NaCl 600 mM каллусы постепенно бурели и погибали, что свидетельствует о меньшей устойчивости каллусов к солевому стрессу по сравнению с целыми растениями. В течение 4-6 недель культивирования на питательной среде DKW+6-БАП+Кин+ИМК (0.5:0.5:0.1 мг/л)+NaCl 200 mM была достигнута наилучшая регенерация растений, и путем последовательной пересадки удалось получить зрелые микрорастения (рис. 2).

**Заключение.** В ходе проведенного исследования было установлено, что для индукции и роста каллусной ткани у растения *N. schoberi* оптимальной является питательная среда DKW с добавлением 2,4-Д в концентрации 0,5 мг/л. Дальнейшие эксперименты показали, что добавление в питательную среду 6-БАП и NaCl способствует более интенсивному росту и развитию каллусов. Для регенерации растений из каллусной ткани наиболее эффективной оказалась среда DKW+6-БАП+Кин+ИМК (0.5: 0.5: 0.1 мг/л) + NaCl 200 mM, что позволило получить 89,3±0,6% регенерантов. Таким образом, разработанная методика позволяет в условиях *in vitro* получать большое количество микрорастений *N. schoberi*, перспективного фиторемедиатора и лекарственного растения, что открывает новые возможности для восстановления растительного покрова на высохшем дне Аральского моря.

**Благодарности.** Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

**Конкретный вклад авторов:** Г.И. Аманова провела, эксперименты, анализировала данные и написала статью, Х.У. Халбекова и У.Ж. Ишимов принимали участие в дизайне экспериментов, анализе данных и подготовке статьи, Ж.Ф. Зиявитдинов руководил экспериментами, анализировал данные и редактировал статью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Samaneh Kheirabadi, Nasim Zarinpanjeh, Mohammad Ali Ebrahimi, Golamreza Bakhshi Khaniki, Hamid Reza Naseri. Effective *in vitro* seed germination and direct regeneration from cotyledonary leaf explants of *Nitraria schoberi* // Iranian journal of genetics and plant breeding, Vol. 9, №. 1, Apr 2020 - P. 10-16.
2. Commander L. E., Merritt D. J., Rokich D. P., Dixon K. W. Seed biology of Australian arid zone species: Germination of 18 species used for rehabilitation // J. Arid Environm. 2009. Vol. 73, № 6-7. P. 617-625.
3. Zeng Y. J., Wang Y. R., Zhang J., Li Z. B. Germination responses to temperature and dormancy breaking treatments in *Nitraria tangutorum* Bobr. and *Nitraria sibirica* Pall. // Seed Science and Technology. 2010. Vol. 38, №. 3. P. 537-550.
4. Банаев Е.В., Томошевич М.А. Особенности прорастания семян некоторых видов рода *Nitraria* L. // Материалы IV Междунар. науч. конф. "Сохранение и реконструкция ботанических садов и дендропарков в условиях устойчивого развития". Украина; Белая Церковь, 2013. С. 72-73.
5. Григорьев Г.В. Селитрянки – кустарники для защитного лесоразведения в полупустыне // Лесн. хоз-во. 1952. № 4. 32.с.
6. Владимир Хрипко. *Nitraria* (Селитрянки) // Статья из справочника сеятеля № 20. 17.02.2017. P-1. (<https://www.cactuskiev.com.ua/>).
7. Железниченко Т.Б., Новикова Т.И., Банаев Е.В., Асбаганов С.В., Воронкова М.С., Мазуркова Н.А., Филиппова Е.И. Индукция трансформированных корней (Hair roots) *Nitraria schoberi* и перспективы их применения // III Международная конференция молодых ученых: Биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов. Новосибирск 2016. С. 26-30.
8. Железниченко Т.В., Новикова Т.В., Банаев Е.В., Асбаганов С.В., Воронкова М.С., Кукушкина Т.А., Мазуркова Н.А., Филиппова Е.И. Биосинтез биологически активных соединений с противовирусной активностью в культуре «бородатых корней» *Nitraria schoberi* L. // Материалы IV (XII) Международной ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге 22-28 апреля 2018 года. - СПб : БИН РАН. - 2018. С. 165-166.
9. Guo Y. H., Lin Hai Ming L., and Rui W. Research on tissue culture and medium of *Nitraria tangutorum* // *Acta Prataculturae Sinica*, 2009. Vol.18: P. 59-64.
10. Аманова Г.И., Абдирахимова С.Ш., Зиявитдинов Ж.Ф., Шеримбетов С.Г. Жанубий Оролкум худудларида тарқалган *Nitraria schoberi* L. ўсимлигини биотехнологик ёндашувлар асоси-

- да тадқиқ этиш. // O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining 80 yilligiga bag‘ishlangan “O‘zbekiston yosh Botanik olimlarining an‘anaviy III Respublika anjumani” mavzusidagi Respublika ilmiy va ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to‘plami. 4 – oktyabr 2023-yil Toshkent. B.111-113.
11. Amanova G. I., Eshmurodova N.Sh., Ziyavitdinov J.F., Sherimbetov S.G *in vitro* sharoitida yuqori konsentratsiyali NaCl ni *Nitraria schoberi* L. o‘simligiga ta’siri // O‘zMU xabarлари. Tabiiy fanlar turkumi № 3/2. 2024 yil. B.24-26.

JANUBIY OROLQUMDA TARQALGAN *NITRARIA SCHOBERI* L. KALLUS TO‘QIMALARINI  
KO‘PAYTIRISH VA TUZLI OZUQA MUHITIDA REGENERANT O‘SIMLIKLER OLISH

G.I. AMANOVA, X.U. XALBEKOVA, U.J. ISHIMOV, J.F. ZIYAVITDINOV

Ilk bor *N. schoberi* o‘simligini *in vitro* sharoitida stress faktorga moslashtirib borish maqsadida 50 mM dan 200 mM gacha NaCl qo‘shilgan DKW+2,4-D+6-BAP (0.5: 0.5 mg/l) gormonli muhitda kallus to‘qimalarini olish sxemasi ishlab chiqilgan. To‘qimalardan to‘liq regenerant o‘simlik olish uchun turli variantdagi fitogormonlar qo‘shilgan ozuqa muhitlarida tajriba o‘tkazilgan va eng maqbul ozuqa DKW+6-BAP +Kin +IMK (0.5: 0.5 : 0.1 mg/l) + NaCl 200 mM ekanligi aniqlanib, 89.3±0.6% regenerant o‘simliklar olishga erishilgan.

**Kalit so‘zlar:** Janubiy Orolqum, o‘simlik, *Nitraria schoberi*, *in vitro*, NaCl, kallus.

REGENERATION OF PLANTS FROM CALLUS TISSUE OF *NITRARIA SCHOBERI* L. NATIVE TO  
THE SOUTHERN ARAL SEA REGION ON SALINE MEDIA

G.I. AMANOVA, Kh.U. XALBEKOVA, U.J. ISHIMOV, J.F. ZIYAVITDINOV

Development of a scheme for obtaining callus tissue from the plant *N. schoberi* under *in vitro* conditions with adaptation to the stress factor by adding NaCl at concentrations from 50 to 200 mM to the hormonal medium DKW+2,4-D+6-BAP (0.5: 0.5 mg/L). Experiments were conducted to obtain fully regenerated plants on various nutrient media with different combinations of phytohormones. The optimal nutrient medium DKW+6-BAP+Kin+IBA (0.5: 0.5: 0.1 mg/L) + NaCl 200 mM was determined, which allowed obtaining 89.3±0.6% of regenerated plants.

**Key words:** Southern Aralsea, plant, *Nitraria schoberi*, *in vitro*, NaCl, callus.

## МИКРОБИОЛОГИЯ

ПОЛНОГЕНОМНОЕ СЕКВЕНИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА МУТАНТНОГО ШТАММА *RHODOCOCCLUS QINGSHENGII-RQ07-3/2-M3*А.А. МАХСУМХАНОВ<sup>1</sup>, Б.Х. АЛИМОВА<sup>1</sup>, О.М. ПУЛАТОВА<sup>1</sup>, М.М. НАЗИРОВ<sup>1</sup>, Ф.Б. КОБИЛОВ<sup>1</sup>, Ш.Т. САЪДУЛЛАЕВ<sup>1</sup>, БО Ю<sup>2</sup>, К.Д. ДАВРАНОВ<sup>1</sup><sup>1</sup>Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан;<sup>2</sup>Институт микробиологии Китайской Академии наук

Автор для переписки: e-mail: amakhsum@mail.ru

В статье представлены данные полногеномного секвенирования ДНК мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*, который был получен  $\gamma$ -облучением выделенного из нефтегазовых скважин Кашкадарьинской области природного штамма *R. qingshengii-RQ07*. Анализ полногеномной последовательности нуклеотидов ДНК штаммов с использованием биоинформативной платформы PacBio Sequel HGAP показал, что геном содержит 6 293 424 пары оснований, с содержанием G+C 62,45% (моль%) и 5973 кодирующие последовательности ДНК. При сравнении природного и мутантного штамма процент сходства составил 99,99%, обнаружены 17 SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) мутации, в 14 из которых произошли изменения в гене, кодирующем белок. В результате проведенного биоинформативного анализа кластеров генов вторичных метаболитов с использованием программы antiSMASH 7.0 установлено, что природный и мутантный штаммы *R. qingshengii* обладают 19 кластерами генов вторичных метаболитов.

**Ключевые слова:** *Rhodococcus*, штамм, полногеномное секвенирование, ДНК, гены, мутации, биосурфактант, вторичные метаболиты.

**Введение.** Полногеномное секвенирование в настоящее время признано наиболее эффективным методом для углубленной генетической характеристики микроорганизмов, которое позволит выйти на новый уровень в понимании того, как микроорганизмы влияют на людей и окружающую среду. Секвенирование всего генома не только значительно упрощает и ускоряет поиск генов, но и дает возможность анализировать и классифицировать большое количество геномов, а также понимать механизмы, с помощью которых коррелирующие гены влияют на рост, развитие и биосинтез биологически активных веществ, синтезируемых микроорганизмами. Последовательность генома микроорганизма может быть использована для предсказания того, какие гены участвуют в биосинтезе биологически активных соединений (вторичных метаболитов), обладающих различными биологическими свойствами, такими как антибактериальная, противораковая и противовирусная активность [1, 2].

Бактерии рода *Rhodococcus* являются одними из наиболее изучаемых родов бактерий, они широко распространены в природе и выделяются как из водных (поверхностных, сточных, грунтовых), так и из почвенных биотопов. Они относятся к роду бактерий, играющих важную роль в поддержании экологической стабильности, восстановлении загрязненных экосистем, обладают высокой метаболической активностью, разнообразной катаболической активностью, а их генетические особенности позволяют выживать в сложных экстремальных условиях.

Бактерии рода *Rhodococcus* можно использовать не только для деструкции загрязнителей, но и для получения полезных биологически активных веществ. Они являются уникальным источником ряда ферментов (дегидрогеназы, пероксидазы, оксигеназы, алкилсульфатазы, нитрилгидратазы и фенол гидролазы) и представляют большой интерес в качестве продуцентов биосурфактантов (БС), биофлокулянтов и каротиноидов, которые используются в различных областях человеческой деятельности благодаря своей высокой активности, специфичности, низкой токсичности и биоразлагаемости [3, 4].

Полногеномное секвенирование бактерий рода *Rhodococcus* впервые было проведено в 2006 году у *Rhodococcus jostii* RHA1 (база данных NCBI: NC 008268.1). *R. jostii* RHA1 был выделен в

Японии из почвы, загрязненной токсичным инсектицидом линданом ( $\gamma$ -гексахлорциклогексаном) [5], штамм разрушал ряд полихлорированных бифенилов (ПХБ) [6]. Его полный геном составлял 9,7 Mbp, включая хромосому 7,8 Mbp и 3 плазмиды (pRHL1, 2 и 3). В таблице 1 представлены изученные полногеномные сиквенсы бактерий рода *Rhodococcus*.

Таблица 1

**Полногеномные сиквенсы бактерий рода *Rhodococcus***

№	Штамм	Размер хромосомы, Mbp	Размер плазмид, Mbp	Общий размер генома, Mbp	G+C %	Кол-во генов, кодирующие белки	Ссылка
1	<i>R. rhodochrous</i> ATCC BAA-870	5,37	0,53	5,9	65	7548	[7]
2	<i>R. erythropolis</i> R138	6,2	0,48; 0,09	6,8	62	6130	[8]
3	<i>R. opacus</i> PD630	8,38	9 плазмид = 0,79	9,17	67	8947	[9]
5	<i>R. jostii</i> RHA1	7,8	1,12; 0,44; 0,33	9,7	67	8690	[10]
6	<i>R. hoagii</i> 103S	5,04	Не определен	5,04	69	4540	[11]
7	<i>R. erythropolis</i> PR4	6,5	0,27; 0,1; 0,004	6,9	62	6321	[12]
8	<i>R. qingshengii</i> VKM Ac-2784D	6,2	Не определен	6,2	62,5	5716	[13]

Секвенирование целых геномов не только значительно упрощает и ускоряет поиск генов, но и позволяет проанализировать и классифицировать большое количество геномов и понять, как коррелирующие гены влияют на рост, развитие микроорганизмов и биосинтез биологически активных веществ.

**Целью данного исследования** является изучение полногеномного сиквенса мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*, полученного  $\gamma$ -облучением.

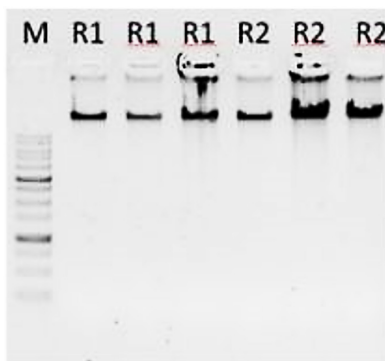
**Материалы и методы.** Для выделения геномной ДНК использовали модифицированный метод Мармура [14].

Полногеномное секвенирование штаммов проведено с использованием высокоэффективного метода секвенирования ДНК третьего поколения нанопорового секвенирования, а также с использованием секвенирования ДНК на супер высокопроизводительной платформе DNBSEQ, разработанной китайской компанией MGI. Возможности этих методов включают относительно недорогое генотипирование, высокую мобильность, быстрый анализ и отображение результатов в режиме реального времени.

Полногеномная нуклеотидная последовательность бактерий получена с использованием платформы PacBio Sequel HGAP.

**Результаты и обсуждение.** Для полногеномного секвенирования природного *R. qingshengii-RQ07* и мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* проведено выделение геномной ДНК и анализ на 0,8% агарозном гель-электрофорезе (рис. 1).

Ранее было установлено, что полученный  $\gamma$ -облучением мутантный штамм *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* является активным продуцентом биосурфактанта, у которого синтез биосурфактанта выше на 20%, чем у природного штамма *R. qingshengii-RQ07* [15]. По результатам предварительных исследований штамм синтезирует БС, принадлежащие к классу гликолипидов и липопептидов, обладающие высокой эмульгирующей, антибактериальной активностями и способные снижать поверхностное натяжение воды. Интерес к изучению полного генома штамма связан с выяснением изменений в кластерах генов, участвующих в биохимическом пути синтеза биологически активных соединений, в том числе и биосурфактантов.



**Рис. 1.** 0,8% агарозный гель-электрофорез образцов выделенных геномных ДНК: R1 –штамм *R. qingshengii-RQ07* и R2 –мутантный штамм *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*.

Поскольку результаты процесса полногеномного секвенирования напрямую зависят от качества образцов, первым этапом является создание библиотеки секвенирования. По степени успешности создания библиотеки для секвенирования образцы делятся на несколько категорий: к категории А относятся образцы с успешностью 95,03%, к категории Б - образцы, качество которых не полностью соответствует стандартам поставки образцов, но которые могут быть использованы для создания библиотеки и секвенирования с определённой степенью риска, и эта категория имеет успешность 82,11%. Категория С включает образцы, качество которых не полностью соответствует требованиям стандарта поставки образцов, но которые могут быть использованы для создания библиотек и секвенирования с некоторой степенью риска, и коэффициент успешности этих образцов составляет не более 70,33%.

По результатам полученных данных показано, что с использованием нанопорового секвенирования образец R1 природного штамма *R. qingshengii-RQ07* соответствовал категории С и Б, тогда как образец R2 мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* соответствовал категории Б. При секвенировании DNBSEQ оба образца соответствовали категории А (табл. 2)

Таблица 2

#### Контроль качества образцов

Образец	Концентрация (нг/мкл)	Общее количество (мкл)	OD 260/280	OD 260/230	Нанопоровое секвенирование	Секвенирование DNBSEQ
R1 – природный штамм <i>R. qingshengii-RQ07</i>	22,4	0,92	1,9	1,29	С	А
R2 – мутантный штамм <i>R. qingshengii-RQ07-3/2-M3</i>	47	1,55	1,84	1,56	В	А

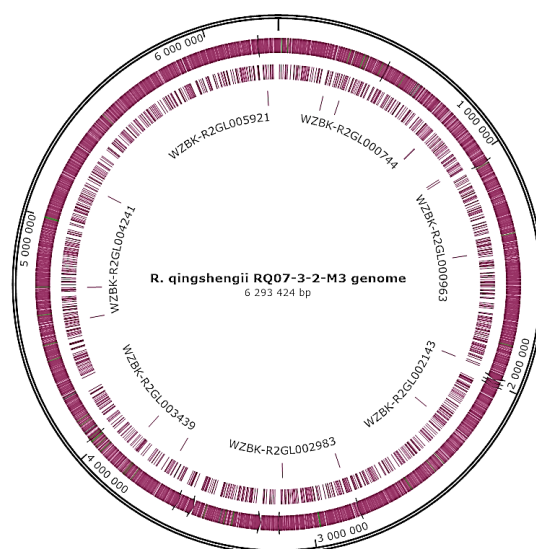
Полногеномная нуклеотидная последовательность штаммов с использованием платформы PacBio Sequel HGAP показала, что геном содержит 6 293 424 пары нуклеотидов, с содержанием G+C 62,45% (моль %) и 5973 кодирующих последовательностей ДНК. При сравнении природного и мутантного штамма процент сходства составил 99,99%, а средняя последовательность 99,45% (табл. 3). Полная геномная карта мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* приведена на рисунке 2.

В результате анализа полногеномного сиквенса штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* обнаружены 17 SNP мутации, которые показали различия в последовательностях ДНК между гомологичными хромосомными областями генома, или замены аминокислотной последовательности. После внесения полученных данных в базу геномных последовательностей NCBI (Genome Sequence Database) и при сравнении их с референс генами установлено, что 14 из 17 мутаций произошли в генах, кодирующих белок. Из этих 14 мутаций, 8 мутаций привели к изменению кодона, что привело к изменению аминокислотного состава. Остальные шесть мутаций были синонимичными мутациями, которые изменяли кодоны, но не приводили к изменению состава аминокислот в белке.

Основные геномные данные мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*

Размер геномной ДНК (bp)	Количество хромосом	Содержание G+C, % (моль%)	Покрывтия секвенирования, %	Глубина среднего секвенирования, (X)	Количество генов	14 SNP мутации	
						сайленс	миссенс
6 293 424	1 кольцевая ДНК	62,45	99,99	99,45	5 973	6	8

С использованием программы antiSMASH 7.0 проведен поиск кластеров биосинтетических генов (BGC), кодирующих биосинтез ферментов, ответственных за биосинтез вторичных метаболитов, включая биосурфактанты. Следует отметить, что в гене синтазы нерибосомальных пептидов/поликетидсинтазы (BGC11) произошла SNP мутация с заменой в кодоне TCC  $\leftrightarrow$  GCC, в результате которой серин был заменен на аланин, возможно эта мутация повышает биосинтез биосурфактанта на 20% у мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*. Кроме того, прогнозирование кластеров генов вторичных метаболитов показало, что штамм *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* характеризуется 19 функциональными кластерами (регионами) на хромосоме, генов биосинтеза вторичных метаболитов, включая сидерофор, бактериоцин, нерибосомальную пептид синтетазу (NRPS) и эктоин. Наши данные согласуются с исследованиями проведенными Иван Петрушиным и др. [13]. Авторами проведен полногеномный сиквенс штамма *R. qingshengii* VKM Ac-2784D выделенного из ризосферы пырея ползучего (*Elytrigia repens*), штамм эффективно разлагал нефть и нефтепродукты (нафталин, антрацен и фенантрен), биоремедиационная активность штамма была связана с продукцией биосурфактантов и фитогормонов. В результате сиквенирования всего генома было получено 1 хромосома с общим размером последовательности генома 6 251 765 п.н. и содержанием GC 62,5%. Проведенный поиск кластеров генов биосинтеза (BGC), кодирующих вторичные метаболиты, с помощью веб-версии antiSMASH версии 6.0, обнаружено 19 функциональных кластеров (регионов) на хромосоме, включая кластеры для продукции гетеробактина, эктоина, эритрохелина, бактериоцина, эктоина и гетеробактина A/гетеробактина S2 (нерибосомальная пептидсинтаза [NRPS]).

Рис. 2. Карта генома мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*.

Большое количество открытых рамок считывания, отнесены к путям, связанным с биосинтезом вторичных метаболитов, включая метаболизм жирных кислот, липидов, изопреноидов и аминокислот, поскольку именно эти молекулы являются для них базовыми соединениями. Из 19 региональных кластеров генов, процент сходство вторичных метаболитов в регионах 4, 7 и 9 составило 100%. В регионе 4 с  $\epsilon$ -Poly-L-lysine; в регионе 7 это антибиотики, подобные хлорамфениколу: коринецин III, коринецин I и коринецин II, первоначально были получены из *Corynebacterium hydrocarboclastus*.

Следует отметить, что гетеробакцин региона 9 играет важную роль в эффективности биоконтроля благодаря своим хелатирующим свойствам металлов, существуют исследования, подтверждающие их способность связывать мышьяк.

**Заключение.** Впервые проведено полногеномное секвенирование геномной ДНК природного штамма *R. qingshengii-RQ07*, выделенного в Узбекистане и мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3*, полученного  $\gamma$ -облучением. При сравнении полученных данных секвенса природного *R. qingshengii-RQ07* и мутантного штамма *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* с базой данных NCBI обнаружено 17 SNP мутации, в 14 из которых произошли изменения в гене, кодирующем белок. Проведенный биоинформативный анализ кластера генов вторичных метаболитов с использованием antiSMASH 7.0 показал, что мутантный штамм *R. qingshengii-RQ07-3/2-M3* характеризуется 19 кластерами генов биосинтеза вторичных метаболитов. Из всех кластеров генов в регионах 4, 7 и 9 содержащих  $\epsilon$ -Poly-L-lysine, антибиотики, подобные хлорамфениколу: коринецин III, коринецин I, коринецин II и гетеробактин A/гетеробактин S2 имеют 100% сходство по структуре гена кодируемого биосинтез вторичных метаболитов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Uelze, L., Grütze, J., Borowiak, M. *et al.* Typing methods based on whole genome sequencing data. *One Health Outlook* 2, 3 (2020). <https://doi.org/10.1186/s42522-020-0010-1>
2. Chukamnerd A, Jeenkeawpiam K, Chusri S, Pomwiset R, Singkhamanan K, Surachat K. BacSeq: A User-Friendly Automated Pipeline for Whole-Genome Sequence Analysis of Bacterial Genomes. *Microorganisms*. 2023; 11(7):1769. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071769>
3. Ivshina, I. B., Kuyukina, M. S., Krivoruchko, A. V., & Tyumina, E. A. (2021). Responses to Ecopollutants and Pathogenization Risks of Saprotrophic *Rhodococcus* Species. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 10(8), 974. <https://doi.org/10.3390/pathogens10080974>
4. Zampolli, J., Zeaiter, Z., Di Canito, A., & Di Gennaro, P. (2019). Genome analysis and -omics approaches provide new insights into the biodegradation potential of *Rhodococcus*. *Applied microbiology and biotechnology*, 103(3), 1069–1080. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9539-7>
5. Frederick, J., Hennessy, F., Horn, U., de la Torre Cortés, P., van den Broek, M., Strych, U., Willson, R., Hefer, C. A., Daran, J. G., Sewell, T., Otten, L. G., & Brady, D. (2020). The complete genome sequence of the nitrile biocatalyst *Rhodococcus rhodochrous* ATCC BAA-870. *BMC genomics*, 21(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6405-7>
6. McLeod MP, Warren RL, Hsiao WWL, Araki N, Myhre M, Fernandes C, Miyazawa D, Wong W, Lillquist AL, Wang D, et al. The complete genome of *Rhodococcus* sp. RHA1 provides insights into a catabolic powerhouse. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006;103(42):15582–15587. doi: 10.1073/pnas.0607048103.
7. Chen, B. S., Otten, L. G., Resch, V., Muyzer, G., & Hanefeld, U. (2013). Draft genome sequence of *Rhodococcus rhodochrous* strain ATCC 17895. *Standards in genomic sciences*, 9(1), 175–184. <https://doi.org/10.4056/sigs.4418165>
8. Kwasiborski A, Mondy S, Chong T-M, Chan K-G, Beury-Cirou A, Faure D. Core genome and plasmidome of the quorum-quenching bacterium *Rhodococcus erythropolis*. *Genetica*. 2015;143(2):253–261. doi: 10.1007/s10709-015-9827-4.
9. Holder, J. W., Ulrich, J. C., DeBono, A. C., Godfrey, P. A., Desjardins, C. A., Zucker, J., Zeng, Q., Leach, A. L., Ghiviriga, I., Dancel, C., Abeel, T., Gevers, D., Kodira, C. D., Desany, B., Affourtit, J. P., Birren, B. W., & Sinskey, A. J. (2011). Comparative and functional genomics of *Rhodococcus opacus* PD630 for biofuels development. *PLoS genetics*, 7(9), e1002219. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002219>
10. McLeod MP, Warren RL, Hsiao WWL, Araki N, Myhre M, Fernandes C, Miyazawa D, Wong W, Lillquist AL, Wang D, et al. The complete genome of *Rhodococcus* sp. RHA1 provides insights into a catabolic powerhouse. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006;103(42):15582–15587. doi: 10.1073/pnas.0607048103.
11. Letek M, González P, MacArthur I, Rodríguez H, Freeman TC, Valero-Rello A, Blanco M, Buckley T, Cherevach I, Fahey R, et al. The genome of a pathogenic *Rhodococcus*: Cooptive virulence underpinned by key gene acquisitions. *PLoS Genet*. 2010;6(9): e1001145. doi: 10.1371/journal.pgen.1001145.
12. Sekine M, Tanikawa S, Omata S, Saito M, Fujisawa T, Tsukatani N, Tajima T, Sekigawa T, Kosugi H, Matsuo Y, et al. Sequence analysis of three plasmids harboured in *Rhodococcus erythropolis* strain

- PR4. Environ Microbiol. 2006;8(2):334–346. doi: 10.1111/j.1462-2920.2005.00899. x.
13. Petrushin, I. S., Markova, Y. A., Karepova, M. S., Zaytseva, Y. V., & Belovezhets, L. A. (2021). Complete Genome Sequence of *Rhodococcus qingshengii* Strain VKM Ac-2784D, Isolated from Elytrigia repens Rhizosphere. *Microbiology resource announcements*, 10(11), e00107-21. <https://doi.org/10.1128/MRA.00107-21>
  14. Salvà Serra, Francisco & Svensson Stadler, Liselott & Busquets, Antonio & Jaén-Luchoro, Daniel & Gomila, Margarita. (2018). A protocol for extraction and purification of high-quality and quantity bacterial DNA applicable for genome sequencing: a modified version of the Marmur procedure. *Protocol Exchange*. 10.1038/protex.2018.084.
  15. Barno Alimova, Ozodakhon Pulatova, Akhmadzhan Makhsumkhanov, Kakhramon Davranov, Ismatov Normamat Beknazarovich. Study of the Different Gamma – Irradiation Doses Effect on the Survival and Biosurfactant Activity of Bacteria Genus *Rhodococcus*. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 2023, Vol. 10, No. 2S, P. 1464-1469. <https://sifisheressciences.com/journal/index.php/journal/article/view/886/880>

ГАММА НУРЛАНИШ ТАЪСИРИДА ОЛИНГАН *RHODOCOCCUS QINGSHENGII*-RQ07-3/2-М3  
МУТАНТ ШТАММИНИНГ ТЎЛИҚ ГЕНОМИ КЕТМА-КЕТЛИГИ

А.А. Махсумханов, Б.Х. Алимова, О.М. Пулатова, М.М. Назиров, Ф.В. Қобилов,  
Ш.Т. Саъдуллаев, Бо Ю, К.Д. Давранов

Мақолада Қашқадарё вилоятидаги нефт ва газ кудукларидан ажратиб олинган, табиий *R. qingshengii*-RQ07 штаммини  $\gamma$ -нурланиш таъсирида олинган *R. qingshengii*-RQ07-3/2-М3 штаммининг тўлиқ геном ДНК секвенси натижасида олинган маълумотлар келтирилган. PacBio Sequel HGAP биоинформатик платформа ёрдамида штаммларни тўлиқ геном ДНК кетма-кетлиги таҳлили геномни 6 293 424 жуфт нуклеотидлардан, Г+С микдори 62,45% (мол%), 5 973 кодланадиган ДНК кетма-кетликларидан ташкил топганлигини кўрсатган. Табиий ва мутант штаммлар геноми ДНКси таққосланганда, ўхшашлик фоизи 99,99% ни ташкил этиб, 17 SNP (ягона нуклеотид полиморфизми) мутациялар мавжудлиги, улардан 14 таси оксил кодловчи генларда содир бўлганлиги аниқланган. AntiSMASH 7.0 дастури ёрдамида иккиламчи метаболит генлари кластерларини биоинформатив таҳлил қилиш натижасида *R. qingshengii* нинг табиий ва мутант штаммлар геномида иккиламчи метаболит генларининг 19 кластери борлиги аниқланган.

**Калим сўзлар:** *Rhodococcus*, штамм, тўлиқ геном секвенсаш, ДНК, генлар, мутациялар, биосурфактант, иккиламчи метаболитлар.

WHOLE GENOME SEQUENCE OF THE MUTANT STRAIN  
*RHODOCOCCUS QINGSHENGII*-RQ07-3/2-М3 OBTAINED BY GAMMA IRRADIATION

А.А. Makhsumkhanov, B.Kh. Alimova, O.M. Pulatova, M.M. Nazirov, F.B. Kobilov,  
Sh.T. Sa'dullayev, Bo Yu, K.D. Davranov

This paper presents the data concerning to the whole-genome sequencing of DNA of the *Rhodococcus qingshengii*-RQ07-3/2-М3 mutant strain obtained by  $\gamma$ -irradiation of the wild type *R. qingshengii*-RQ07 strain isolated from oil and gas wells in the Kashkadarya region. Analysis of the whole-genome DNA sequence of the strains using the PacBio Sequel HGAP bioinformatics platform showed that the genome contains 6 293 434 base pairs, with a G+C content of 62.45% (mol%) and 5 973 coding DNA sequences. When comparing the wild type and mutant strains, the similarity percentage was 99.99% with 17 SNP (Single Nucleotide Polymorphism) mutations and 14 of which had changes in the genes encoding the protein. As a result of the bioinformative analysis of clusters of secondary metabolite genes using the antiSMASH 7.0 program, it was found that wild type and mutant strains of *R. qingshengii* possess 19 clusters of secondary metabolite genes.

**Keywords:** *Rhodococcus*, strain, whole genome sequencing, DNA, genes, mutations, biosurfactant, secondary metabolites.

**PHOTOTOPOTAXIS OF THE GREEN ALGAE *DUNALIELLA SALINA IPPAS D-294*  
UNDER THE INFLUENCE OF UV-C AND ENVIRONMENTAL UV-B RADIATION IN  
THE BLUE REGION OF THE SPECTRUM**

**A.R. JALILOVA<sup>1</sup>, L.M. SULEYMANOVA<sup>2</sup>, I.I. ALIEV<sup>1</sup>, Kh.Kh. MAQERRAMOVA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Baku State University, Z.Khalilova St.23, Baku, AZ1148, Azerbaijan;

<sup>2</sup>Azerbaijan Medical University named after S. Vurgun, 167, Baku, Az1022

Corresponding author: cayimhu@mail/ru

The parameters of phototaxis in *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells, grown in various chronic doses of UV – radiation and radiated by acute doses of UV- C and UV-B illuminations were investigated. It was shown that the influence of UV-C radiation leads to more deep phobic reactions in cells without transition to positive phototaxis, to stimulating illumination. It was determined that during the chronic illumination of UV-B lightening the amplitude of positive and negative phototaxis of cells considerably lower in comparison with acute doses of illuminations. The result was that settling factors, showing influence on parameters of photomovement in cells, are not only the doses and also the lasting of illuminations and even length of UV- radiation.

**Keywords:** *Dunaliella*, UV- C and UV-B, phototaxis, phototopotaxis, photomovement

### **Introduction**

Mobile microorganisms respond to various biotic environmental factors in search of optimal conditions for existence and population growth [3,4]. An important role is played by sunlight, which is the most important factor influencing the life activity and behavior of higher and lower plants. The spectral composition of solar radiation is characterized by the presence of ultraviolet (200-400 nm), visible (400-800 nm) and infrared (800nm-50nm) ranges. Solar radiation significantly affects the parameters of algal photomotion - mobility, phototaxis and cell movement speed [4,5,6].

Under natural conditions, UV-B radiation reaches the Earth's surface, and the intensity of radiation depends significantly on the latitude of the terrain, the height of the Sun, cloudiness, the reflectivity of the surface and the thickness of the ozone layer. It is the depletion of the latter that leads to an increase in the intensity of UV-B radiation falling on the Earth's surface, which is extremely harmful to living organisms [5,7].

UV-B radiation is known to be a powerful damaging environmental factor capable of inducing destructive reactions in DNA and proteins of plants, causing cytotoxic effects. At low intensities, UV-B radiation serves as a signal that is perceived and used by plants to activate various physiological processes, including the expression of genes related to UV defence. This enables UV acclimatisation of plant organisms to sunlight.

For the first time in *Dunaliella salina*IPPAS D-294 species under the influence of UV irradiation, the conversion of positive phototaxis into negative one with its subsequent inhibition to zero values was detected [5].

The phototaxis action spectrum of the two hyperhalobic *Dunaliella* species is identical; it is within the range of 400-520 nm and has two maxima: at 410-415 nm and 465-475 nm. The action spectrum of phototaxis of *Dunaliella* sp. differs slightly from that of *Chlamydomonas reinhardtii* and *Haematococcus pluvialis* (*Chlorophyceae*), showing a broad band in the region of 400-550 nm with a maximum at 500 nm, and differs significantly from the action spectra of phototaxis of *Tetraselmis viridis* (*Chlorodendrophyceae*) and *Euglena gracilis* (*Euglenophyta*). In contrast to representatives of *Chlorophyceae* *Tetraselmis viridis* shows the ability to phototaxis in the ultraviolet region of the spectrum. *Euglena gracilis* demonstrates phototaxis in the region of 300-550 nm with two major maxima at 385 nm and 460 nm and two small maxima at 410 and 490 nm.

Thus, representatives of different genera, classes and divisions differ significantly in the spectra of phototaxis action, which indicates differences in the sets of photoreceptor pigments.

In our previous studies we studied the dependence of phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells: on the conditions of light distribution and algal illumination [2,3], under 24-hour illumination and in the day-night mode (16:8) in intensive culture [1], under conditions of increased carotenoid biosynthesis and in the presence of the carotenoid inhibitor norflurazon [2]. It has been noted that photoregulation depends not only on the wavelength of stimulating light, but also on its intensity.

The aim of the present work was to study the phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells grown under different chronic doses of UV-B radiation and irradiated with acute doses of UV-C and UV-B light.

### Materials and methods

The halophilic green microalga *Dunaliella salina* IPPAS D-294, isolated from the salt lake Masazir located in the north-west of Baku city, was selected for laboratory experiments. The research was carried out during one year.

Algae were grown at 27°C in photoreactors (250 ml), made of ordinary (control suspensions) and quartz (experimental suspensions) glass, on the installation for growing cultures of unicellular algae 'IGCU'. Mineral medium contained (g/l): NaCl -87,5 (1,5 M); KNO<sub>3</sub> -5,0; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> -1,25; MgSO<sub>4</sub> -50; FeSO<sub>4</sub> -0,009 solution of microelements, 1 ml/l. The cell suspension in photoreactors was illuminated with white light of fluorescent lamps (16 W/m<sup>2</sup>) 24 hours a day, and continuously purged with an air mixture (air + 1.5% CO<sub>2</sub>).

The source of UV-B radiation was a mercury lamp CBД -120 equipped with a УФС -2 light filter (280-320 nm). Chronic UV-B irradiation of cells was carried out 24 hours a day, using a clock mechanism. Cells were grown for 24 hours, in an intensive-accumulation cultivation mode.

A БУВ -30 bactericidal lamp was used as a source of UV-C radiation.

The growth rate of the culture was determined by periodic counting of the number of cells in a Goryaev chamber under a microscope or by nephelometric measurement of the optical density of the suspension using КФК -2.

Germinating cells were selected, the optical density of the culture was equalised (by concentration or dilution on freshly prepared mineral medium) to  $D=0.7$ , then the characteristics of phototaxis were determined.

Phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells was studied using a setup consisting of a light source, monochromator, photoelectrocolourimeter КФК -2, constant current amplifier ЛПТ -01, and recorder КСН -4. Monochromatic rays in the spectrum region (490 -495 nm) were used as a stimulating light source.

The radiation from a white light source (300 W incandescent lamp) was formed into a parallel beam. Then the light beam was passed through filters, after which the light at an angle of 30° was directed to the plane of a slide with algae suspension applied on it, which was located on the microscope slide. In the study of spectral dependences of phototaxis, monochromatic rays in the spectral region (490 -495 nm) were used as a source of stimulating light.

The parameters of photomotion were evaluated by means of recording with a ЛСН-4 recorder. The light intensity was recorded using a constant current amplifier ЛПТ-01, the illumination of the sample was determined by a luxmeter IO-116.

Each point on the graphs of dependence of cell movement speed on some parameter of light stimulus represents the result of averaging of several (from 10 or more) measurements of movement speed of different cells for one sample of suspension. When changing the light stimulus parameter of interest, a fresh culture sample under standard conditions was used [8].

When assessing the distribution of microorganisms by photoreactor, the mean value of distribution ( $\bar{d}$ ) was calculated for each experiment according to the formula:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^5 \frac{i * n_i}{n},$$

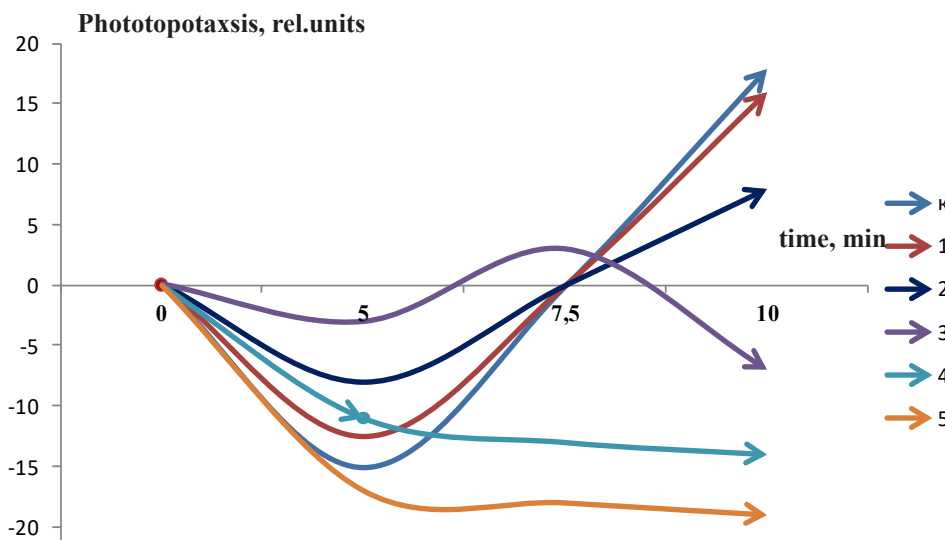
$i$  - cell number,  $n_i$  - number of individuals in  $i$  cell,  $n$  - total number of individuals.

We took values from 0.5 to 4.5 as the cell number. Thus, a value of  $d=2.5$  indicated a uniform distribution or equal number of microalgae on both sides of the centre of the photoreactor. To adjust the results, the percentage of individuals in the cells was also considered.

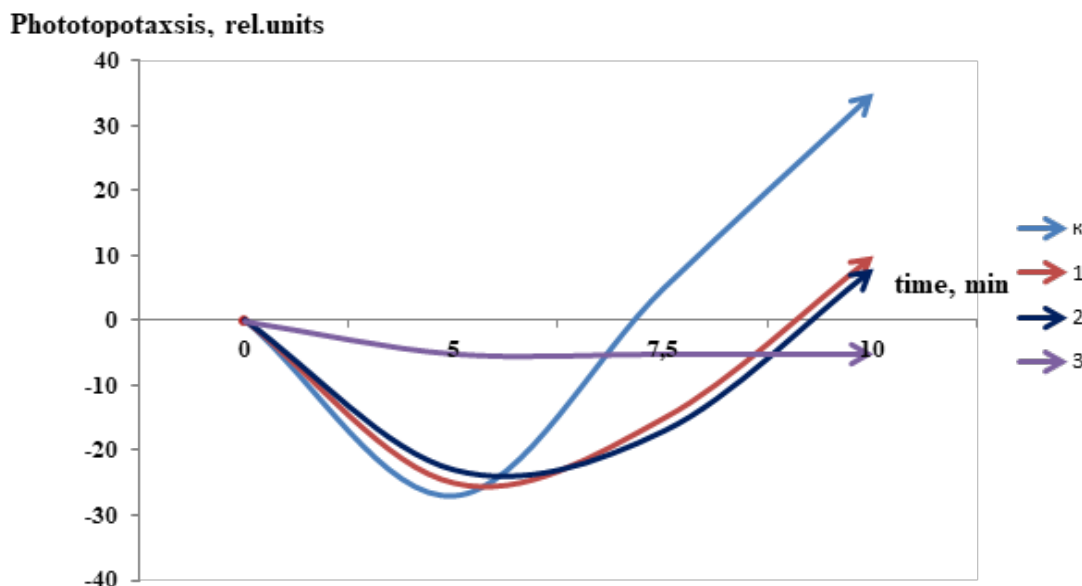
Microsoft Office Excel 2021 (Microsoft Corp.) was used to process and analyse the results of the study.

**Results and discussion**

Figure 1 shows the results of studying the phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells previously irradiated with various acute doses of UV-C light. As can be seen from the figure, when the stimulating blue light is turned on, the control cells (Fig.1, K) exhibit a phobic reaction in the initial phase (5 min.), and then smoothly switch to positive phototaxis over the next 5 minutes. The phototaxis value is 37-39 relative units. UV irradiation with light lasting 30 seconds. It slightly increases the phobic reaction of cells, and then smoothly switches to positive phototaxis (Fig.1,1). Increasing the duration of exposure to 60 seconds. It leads to a significant decrease in the amplitude of phototaxis (Fig.1,2). A different picture was obtained when irradiating algae with UV light lasting 90 seconds. In the initial phase (5 minutes), a characteristic phobic movement is observed, followed by a rapid transition to positive phototaxis and again a phobic reaction of cells to stimulating blue light (Fig.1,3).



**Fig.1.** Phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells under different duration of pre-irradiation with UV light. K -control; 1 - 30 sec.; 2 - 60 sec.; 3 - 90 sec.; 4 - 120 sec.; 5 - 150 sec.



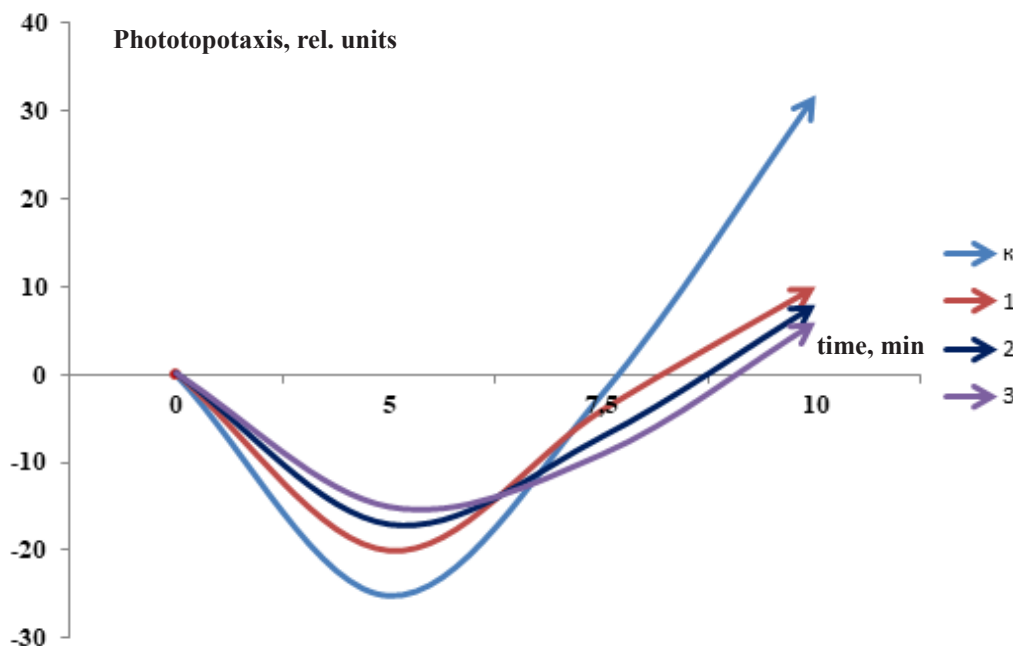
**Fig.2** Phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells under different duration of pre-irradiation with UV-B light. K -control; 1 - 10 min.; 2 - 20 min.; 3 - 30 min.

Figure 2 shows the results of phototaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells from the duration of exposure to UV-B light. As can be seen from the figure, when the stimulating blue light is turned on, the control cells exhibit a phobic reaction, then smoothly switch to positive phototaxis (Fig.2, K).

Cells previously irradiated with UV-B light for 10 minutes reduce the phobic reaction, while the positive component of phototaxis is inhibited by 60-65% (Fig.2,1) The amplitude of the phobic reaction of cells remains unchanged, and positive phototaxis is inhibited and reaches a value of 25% with an increase in the duration of irradiation to 20 minutes (Fig.2.2). 30 minutes of irradiation leads to a significant suppression of photomovement of cells when stimulating blue light is turned on, the amplitude of the phobic reaction decreases to 19%, without switching to positive phototaxis (Fig.2.3).

The obtained data on phototopaxis of cells under acute irradiation with UV-C and UV-B light indicate that, probably, not only the duration of irradiation, but also the wavelength of UV light is the decisive factor influencing the parameters of photomovement of algae.

To determine the behavior of algae grown under ultraviolet radiation conditions, studies were conducted to identify the orientation of cells to stimulating light exposed to chronic doses of UV-B light.



**Fig. 3.** Phototopaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells grown at various chronic doses of UV-B radiation. K-control; 1 - 1 min/hour; 2 - 3 min/hour; 3 - 7 min/hour.

Figure 3 shows the results of phototopaxis of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells grown at various chronic doses of UV-B radiation. As can be seen from the figure, the amplitude of positive and negative phototransmission of algae during chronic UV exposure is significantly lower compared to cells irradiated with acute doses. At the same time, the nature of suppression of photo-movement of algae during acute and chronic UV-B light exposure is the same and correlates with each other.

Thus, based on the results obtained, suppression of the positive component of phototopaxis (Fig.1, curves 4;5), it can be concluded that ultraviolet light in the studied ranges suppresses the photoorientation of cells in the blue region of the spectrum.

Moreover, the main target of UV-C radiation is a DNA molecule and a photoreceptor molecule responsible for photoorientation of cells to stimulating light, and the mechanism of UV-B radiation exposure can be considered as suppression of the function of proteins associated with the motor apparatus or photoreceptor system of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 algae.

#### LITERATURE

1. Али-заде, Г.И., Джалилова А.Р., Алиев И.И., Магеррамова Х.Х. Перекисное окисление липидов в клетках *Dunaliella salina* IPPAS D-294 модифицированных 2,6 ди-трет-бутил фенолом в условиях высокой солености при оптимальном и низкотемпературном режимах культивирования // Узбекский Биологический Журнал, - Ташкент: - 2021. №2, с. 7-11. //Ali-zade, G.I., Dzhililova A.R., Aliyev I.I., Magerramova Kh.Kh.. Perekisnoye okisleniye lipidov v kletkakh *Dunaliella salina* IPPAS

- D-294 modifitsirovannykh 2,6-di-tret-butilfenolom v usloviyakh vysokoy solenosti pri periodicheskikh i nizkotemperaturnykh rezhimakh kul'tivirovaniya // *Uzbekskiy Bio Journal*, - Tashkent: - 2021. №2, s. 7-11.
2. Дьяков Ю.Т. (ред.). Ботаника: Курс альгологии и микологии. – М.: Изд-во МГУ, 2007. // D'yakov YU.T. (red.). *Botanika: Kurs al'gologii i mikologii*. – М.: Izd-vo MGU, 2007.
  3. Fuhrmann M., Stahlberg A., Govorunova E., Rank S., Hegemann P. The abundant retinal protein of the *Chlamydomonas* eye is not the photoreceptor for phototaxis and photophobic responses / *J. Cell Sci.*, 114 (2001), pp. 3857-3863.
  4. Huang, J.J.; Lin, S.; Xu, W.; Cheung, P.C.K. Enhancement of the Production of Bioactive Microalgal Metabolites by Ultraviolet Radiation (UVA 365 nm). *J. Agric. Food Chem.* 2018, 66, 10215–10224.
  5. Hegemann P., Fuhrmann M., Kateriya S. Algal sensory photoreceptors *J. Phycol.*, 37 (2001), pp. 668-676.
  6. Jalilova, A.R. Photosynthetic activity of *Dunaliella salina* IPPAS D-294 cells modified with synthetic antioxidants under UV-B irradiation // *Innovations in Biology and Agriculture to Solve Global Challenges. Conference of Young Scientists and Students. Dedicated to the 90th Anniversary of Academician Jalal A.Aliyev - Baku: - october 31, - 2018, - p.50.*
  7. Sineshchekov O.A., Jung K.-H., Spudich J.L Two rhodopsins mediate phototaxis to low and high intensity light in *Chlamydomonas reinhardtii* *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 99 (2002), pp. 8689-8694
  8. Masyuk N.P., Posudin Y.I., Lilitskaya G.G. Photomotion of *Dunaliella* cells, *Teod. Kiev.* 2007. 264 p.

## ЗООЛОГИЯ

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕДКИХ И НАХОДЯЩИХСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ВИДОВ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ НАМАНГАНСКОЙ ОБЛАСТИ УЗБЕКИСТАНА

Е.А. БЫКОВА, Т.В. АБДУРАУПОВ, М.А. ГРИЦЫНА, А.В. ЕСИПОВ, Ш.И. ДЕХКОНОВ

Институт зоологии АН РУз

Автор для переписки: ebykova67@mail.ru

Изучены современный статус и распространение редких и исчезающих видов позвоночных животных Наманганской области, оценено их текущее состояние и имеющиеся угрозы. Приведены оригинальные учетные данные по эндемикам Ферганской долины (*Phrynocephalus trauchi*, *Teratoscincus rustamowi*, *Eremias scripta pherganensis*, *Phrynocephalus saidaliewi*) и другим редким видам (*Testudo horsfieldii*, *Ciconia ciconia asiatica*, *Marmota menzbieri*).

**Ключевые слова:** позвоночные животные, редкие и исчезающие виды, эндемики, государственный кадастр животного мира, Наманганская область, Узбекистан

**Введение.** Наманганская область расположена в северной части Ферганской долины, на правом берегу реки Сырдарья на площади 7900 км<sup>2</sup> и является древним сельскохозяйственным районом. Здесь расположены долины и террасы основных рек Сырдарья, Нарына и Ахангарана, а также бассейны нижнего течения малых рек, стекающих с Чаткальского хребта. К югу от реки Сырдарья расположена Каракалпакская (Язъяванская) степь, являющаяся центром обитания эндемичных видов животных и растений. Разносторонняя деятельность человека привела к значительному освоению и трансформации ландшафтов Наманганской области. Большую ее часть сегодня занимают агроландшафты, заместившие естественные ландшафты равнинных и предгорных территорий. Почти не осталось неосвоенных участков пойменных лесов. В относительно удовлетворительном состоянии находятся высокогорные экосистемы Чаткальского и Кураминского хребтов, но и тут отмечаются элементы деградации экосистем в связи с интенсивным выпасом домашнего скота.

В Наманганской области отмечается ряд редких и находящихся под угрозой исчезновения позвоночных животных, в том числе такие эндемики Ферганской долины как круглоголовки Штрауха *Phrynocephalus trauchi* и Саидалиева *Ph.saidaliewi*, сцинковый геккон Рустамова *Teratoscincus rustamowi*, геккончик Эмилии *Alsophylax emilia*, ферганская песчаная ящурка *Eremias scripta pherganensis*, эндемик Западного Тянь-Шаня сурок Мензбира *Marmota menzbieri zachidovi*. Здесь встречаются редкие виды рептилий, птиц и млекопитающих с более широким ареалом обитания (среднеазиатский варан *Varanus caspius*, туркестанский белый аист *Ciconia ciconia asiatica*, степной орел *Aquila nipalensis*, беркут *Aquila chrysaetos*, туркестанская рысь *Lynx lynx isabellinus* и др.).

На территории Наманганской области имеются две охраняемые природные территории (ОПТ). Национальный природный парк «Папский» и Памятник природы «Мингбулакские пески» (Аккум). В настоящее время песчаные массивы Аккума не охраняются в должной мере и испытывают сильнейший прессинг со стороны рыбхозов, фермеров и добывающих компаний. В национальном парке до сих пор не проведено зонирование и не налажена должная охрана. Такое положение, делает особенно актуальным проведение современной оценки состояния редких и находящихся на грани исчезновения видов позвоночных животных и среды их обитания, для последующей выработки мер по сохранению.

**Материалы и методы исследования.** Для изучения видового состава и численности рептилий, птиц и млекопитающих проводились выборочные учеты с автомобиля (птицы, млекопитающие) общей протяженностью 1083.3 км. Пешие маршрутные учеты (рептилии, млекопитающие) проведен-

ны в утренние и вечерние часы, их общая протяженность составила 49,6 км (млекопитающие), 54 км (рептилии). Так же проводились ночные учеты рептилий с использованием фонаря (43 км). На водоемах проводились точечные учеты птиц (всего 10 водоемов). Обследованиями также была охвачена сеть регулярных дорог вдоль которых тянутся ЛЭП с гнездами туркестанского белого аиста *Ciconia ciconia asiatica* и пригодные для гнездования участки, а также доступные для обследования рыболовческие пруды, сельхозполя, пойменные участки леса [1]. Кроме того, были использованы литературные и ведомственные данные, база данных вебсайта birds.uz [2], ebird [3], iNaturalist [4], данные зоологической коллекции Института зоологии АН РУз, Национального университета Узбекистана, опросные данные сотрудников Наманганского и Папского лесхозов, Наманганского отделения Минэкологии, сотрудников водохранилищ и местных жителей в местах проведения исследований.

**Результаты и обсуждение.** В полный список редких и исчезающих позвоночных животных Наманганской области вошли 45 видов, включая 9 рептилий, 28 птиц, и 8 млекопитающих (табл. 1). Из них к глобально угрожаемым относятся 15 видов, к видам с пониженным риском угрозы вымирания 5. Белобрюхий рябок *Pterocles alchata* [5], бурый голубь *Columba evermanni* [6], джейран *Gazella subgutturosa* обитали в относительно недавнем историческом прошлом, но исчезли на территории области [7, 8]. Туранский тигр *Panthera tigris virgata* вымер во всем мире, хотя его добывали в долине Сырдарьи вплоть до 1940-х гг. [9]. Панцирный геккончик *Alsophylax loricatus* известен по историческим данным [10], но его присутствие не подтверждено современными исследованиями. Кумай *Gyps himalayensis*, степной лунь *Circus macrourus* и большой подорлик *Aquila clanga* также не были отмечены во время нашего обследования, но отмечались в недалеком прошлом [6, 11, 12, 13] и их присутствие не вызывает сомнения. В список включен новый для науки вид *Alsophylax emilia*, который впервые найден нами на Папских адырах и в окрестностях пос. Яртепа [14].

Выборочные учеты рептилий. В апреле-мае 2022 г. нами были обследованы песчаный массив Аккум, а также Папские и Янгикурганские адыры. Учеты проводились в период наивысшей активности пресмыкающихся. В ходе полевых выездов были собраны сведения по таким редким видам как: степная черепаха, сцинковый геккон Рустамова, круглоголовка Саид-Алиева и Штрауха, ферганская песчаная ящурка. Средние показатели плотности этих видов приведены в табл. 2.

Таблица 1

**Полный список редких и исчезающих видов позвоночных животных Наманганской области с учетом статуса угрозы вымирания (по Красной книге РУз и IUCN Red List), потенциала восстановления (IUCN Green List) и приложений международных конвенций**

№ п/п	Вид	Категории			
		КК РУз (2019)	IUCN Red List / IUCN Green List 2022-2	CITES	CMS
<b>Пресмыкающиеся</b>					
1	Среднеазиатская черепаха <i>Testudo horsfieldii</i> (Gray, 1844)	2(VU)	VU	II	-
2	Круглоголовка Штрауха <i>Phrynocephalus strauchi</i> Nikolsky, 1899	1(EN)	VU	-	-
3	Круглоголовка Саид-Алиева <i>Phrynocephalus saidalievi</i> Sattorov, 1981	1(EN)	VU	-	-
4	Сцинковый геккон Рустамова <i>Teratoscincus rustamowi</i> Szczerbak, 1979	1(EN)	EN	-	-
5	Геккончик Эмилии <i>Alsophylax emilia</i> Nazarov, Abduraupov et al, 2023	-	-	-	-
6**	Панцирный геккончик <i>Alsophylax loricatus</i> Strauch, 1887	1(EN)	VU	-	-
7	Ферганская песчаная ящурка <i>Eremias scripta pherganensis</i> Szczerbak et Washetko, 1973	1(EN)	LC	-	-
8	Среднеазиатский варан <i>Varanus caspius</i> (Eichwald, 1831)	2(VU:D)	LC	I	-

9	Восточный удавчик <i>Eryx tataricus</i> (Lichtenstein, 1823)	3(NT)	LC	II	-
<b>Птицы</b>					
1	Малый баклан <i>Microcarbo pygmaeus</i> (Pallas, 1773)	3(NT)	LC	-	II
2	Туркестанский белый аист <i>Ciconia ciconia asiatica</i> Severtzov, 1873	3(NT)	LC	-	II
3	Черный аист <i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus, 1758)	2(VU:R)	LC/MD	II	II
4*	Колпица <i>Platalea leucorodia leucorodia</i> (Linnaeus, 1758)	2(VU:D)	LC	II	II
5	Каравайка <i>Plegadis falcinellus</i> (Linnaeus, 1766)	2(VU:D)	LC	-	II
6	Лебедь-шипун <i>Cygnus olor</i> (S.G. Gmelin, 1789)	3(NT)	LC	-	-
7	Белоглазая чернеть, или белоглазый нырок <i>Aythya nyroca</i> (Gueldenstaedt, 1770)	2(VU:D)	NT	-	I
8*	Степной лунь <i>Circus macrourus</i> (Gmelin, 1771)	3(NT)	NT	II	II
9	Змеяй <i>Circaetus gallicus</i> (S.G. Gmelin, 1788)	2(VU:D)	LC	II	II
10	Орел-карлик <i>Hieraetus pennatus</i> (Gmelin, 1788)	2(VU:D)	LC	II	II
11	Степной орёл <i>Aquila nipalensis nipalensis</i> Hodgson, 1833	2(VU:D)	VU	II	II
12*	Большой подорлик <i>Aquila clanga</i> Pallas, 1811	2(VU:R)	VU	II	I/II
13	Могильник <i>Aquila heliaca</i> Savigny, 1809	2(VU:D)	VU	I	I/II
14	Беркут <i>Aquila chrysaetos</i> Linnaeus, 1758 ssp. <i>fulva</i> Linnaeus, 1758; ssp. <i>daphanea</i> Severtzov, 1888	2(VU:R)	LC	II	II
15	Орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i> (Linnaeus, 1758)	2(VU:R)	LC	I	I
16	Черный гриф <i>Aegypius monachus</i> (Linnaeus, 1766)	3(NT)	NT	II	II
17	Белоголовый сип <i>Gyps fulvus</i> (Hablizl, 1783)	2(VU:D)	LC	II	II
18*	Снежный сип, кумай <i>Gyps himalayensis</i> Hume, 1869	2(VU:R)	NT	II	II
19	Бородач <i>Gypaetus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	2(VU:R)	NT	II	-
20	Стервятник <i>Neophron percnopterus</i> (Linnaeus, 1758)	2(VU:D)	EN	II	II
21*	Балобан <i>Falco cherrug</i> J.E. Gray, 1834	1(EN)	EN	II	I/II
22	Шахин <i>Falco pelegrinoides</i> Temminck, 1829	2(VU:R)	LC	I	-
23	Сапсан <i>Falco peregrinus peregrinus</i> Tunstall, 1771	2(VU:R)	LC	I	II
24	Степная пустельга <i>Falco naumanni</i> Fleischer, 1818	3(NT)	LC	II	I/II
25	Черноголовый хохотун <i>Larus ichthyaetus</i> Pallas, 1773	2(VU:D)	LC	-	II
26**	Белобрюхий рябок <i>Pterocles alchata caudacutus</i> (S.G. Gmelin, 1789)	2(VU:D)	LC	-	-
27	Обыкновенная горлица <i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus, 1758)	2(VU:D)	VU	-	II
28**	Бурый голубь <i>Columba eversmanni</i> (Bonaparte, 1856)	2(VU:D)	VU	-	-
<b>Млекопитающие</b>					
1	Сурок Мензбира <i>Marmota menzbieri zachidovi</i> Petrov, 1961	1(EN)	VU	-	-
2	Туркменский корсак <i>Vulpes corsac turcomenicus</i> Ognev, 1935	2(VU:D)	LC	-	-
3	Тяньшанский бурый медведь <i>Ursus arctos isabellinus</i> Horsfield, 1826	2(VU:R)	LC	II	I
4	Перевязка <i>Vormela peregusna</i> (Gueldenstaedt, 1770)	2(VU:D)	VU	-	-

5	Туркестанская рысь <i>Lynx lynx isabellinus</i> Blyth, 1847	2(VU:D)	LC	II	-
6**	Туранский тигр <i>Panthera tigris virgata</i> (Illiger, 1815)	0(EX)	EN	II	-
7	Снежный барс <i>Panthera uncia</i> (Schreber, 1775)	1 (CR)	VU	I	I
8**	Джейран <i>Gazella subgutturosa</i> (Güldenstädt, 1780) ssp.	2(VU:D)	VU	-	II

Примечания: \*присутствие вида/подвида не подтверждено нашими исследованиями, но не вызывает сомнения; \*? вид/подвид присутствие которого невозможно подтвердить или опровергнуть на данный момент; \*\* исчезнувшие в области виды/подвиды

Таблица 2

## Средние показатели плотности видов рептилий в Наманганской области

№ точки учёта	<i>Testudo horsfieldii</i>	<i>Teratoscincus rustamowi</i>	<i>Phrynocephalus saidalievi</i>	<i>Phrynocephalus strauchi</i>	<i>Eremias scripta pherganensis</i>
1	-	24 ос/га	-	6.8 ос/га	7.7 ос/га
2	-	-	3.4 ос/га	-	-
3	-	-	4.2 ос/га	-	-
4	-	-	3.7 ос/га	-	-
5	-	-	4.1 ос/га	1.6 ос/га	-
6	0.2 ос/га				

Примечания: 1. Песчаный массив Аккум (Мингбулак); 2. Папские адыры, 10 км СЗ пос. Туракуртан; 3. Папские адыры, Джидалисай; 4. Папские адыры, Уйгурсай; 5. Папские адыры, 6 км южнее пос. Ханабад; 6. Янгикуртанские адыры

Плотность степной черепахи в Наманганской области как и в других областях Ферганской долины чрезвычайно низка и продолжает сокращаться. При этом наблюдается повышенная плотность упомянутых выше эндемичных видов ящериц, обитающих на сильно фрагментированных участках песчаной пустыни, что обусловлено сокращением мест обитаний и сильной изолированностью пригодных территорий. Последствиями такой высокой концентрации животных могут быть – нехватка кормовых ресурсов, вырождение (инбридинг), вспышка различных заболеваний и др [15].

Выборочные учеты птиц. В весенне-летний период 2022 -2023 гг. нами были проведены фокусные учеты туркестанского белого аиста. Оригинальный методический подход, использовавшийся для выявления максимального количества гнезд, подробно описан в работах М.А. Грицына с соавторами [1, 16]. Общая протяженность маршрутного учета составила 717.2 км. Также проводились точечные учеты птиц в сезонных скоплениях.

Всего на гнездовании достоверно отмечены 403 пары. Количество гнездящихся пар на 100 км<sup>2</sup> – 11.4. Площадь заселенная аистом составит порядка 3532.36 км<sup>2</sup>. Общая численность взрослых особей в Наманганской области не менее 806 птиц [16]. Все обнаруженные гнезда располагаются в равнинной части области. Аисты поселяются в городах, поселках, на столбах вдоль дорог, оросительных систем, водоемов, полей, в заболоченных местах, где произрастают высокоствольные деревья. Важные места гнездований приурочены к Каракалпакской степи. Колония на деревьях турранги располагается на острове лесного хозяйства «Абу Али ибн Сино». Во время сезонных миграций, кочевков и зимовок скопления регулярно держатся на водоёмах в Каракалпакской степи. В Наманганской области аисты используют для гнездования 7 типов месторасположений. Наибольшее количество гнезд располагаются на опорах ЛЭП, на других субстратах количество гнезд значительно меньше (табл. 3) [16].

Основной угрозой является разрушение людьми гнезд аистов, расположенных на опорах ЛЭП, присутствие которых может изредка приводить к замыканиям, что является причиной периодической гибели и самих птиц [17]. Потери гнезд возникают также во время сильных ветров. Отмечен единичный случай гибели аиста на дороге. Для сохранения туркестанского белого аиста рекомендуется проводить регулярный мониторинг существующих мест гнездований, внедрить современные птицевозрастные устройства на ЛЭП, проводить образовательную работу с местным населением и другие мероприятия.

Таблица 3

**Типы мест расположения гнезд туркестанского белого аиста в Наманганской области**

№	Место расположения гнезда	Количество жилых гнезд
1	Бетонные опоры ЛЭП	264
2	Металлические опоры ЛЭП	89
3	Телеграфные деревянные столбы	16
4	Водонапорная башня	12
5	Туранговые деревья	10
6	Телефонная вышка сотовой связи на крыше здания	7
7	Крупные деревянные электрические опоры	5
Всего жилых гнезд		403

Выборочные учеты млекопитающих. В июле-августе 2022-2024 гг. были проведены учеты сурка Мензбира на Ангреном плато и в ур. Арашан. Обследованим охвачены практически все притоки реки Ахангаран на южном макросклоне Чаткальского хребта и западном макросклоне Кураминского хребта. На проектной территории имеются несколько изолированных популяций с разрывами до 10 км. Норы сурков встречены на высотах от 2625 до 3327 м н.у.м. За последние 40 лет ареал сурка Мензбира на Ангреном плато сократился. Нижняя изолиния распространения поднялась на 250 м нум.

Ангреномская популяция. Сурки этой популяции находятся в наиболее оптимальных условиях. За три года наблюдений на Ангреном плато было отмечено 2244 жилых семейных нор. Плотность популяции 200 ос./км<sup>2</sup> при среднем размере семьи – 5 ос., обитаемость – 90.0-92.0 % [18]. Исходя из этого количество сурков на обследованной территории составляет 11220 особей. Экспертная оценка численности Ангреномской популяции составляет свыше 13000 особей, что приближается к оптимальной численности. В прошлом она насчитывала 13000-13500 ос. (2400 семей) [19].

Южно-Чаткальская популяция. В наиболее уязвимом состоянии находится часть популяции, расположенной на запад от границы Угам-Чаткальского резервата, до верховий рр. Давансай, Келимчек, Койташ, Кызылча и Арашан. В верховьях Арашана средняя плотность семейных колоний составляет 45 ос./км<sup>2</sup> при среднем размере семьи – 3 ос., обитаемость семейных колоний – 38.1% [18]. На остальных участках современные данные отсутствуют. Экспертная оценка численности Южно-Чаткальской популяции составляет не менее 1000-1500 особей. В прошлом она насчитывала 3500-4000 особей (650 семей) [19].

Выпас большого количества скота, главным образом баранов, негативно влияет на популяцию сурка Мензбира. Сам по себе выпас не лишает сурков пищи. Однако отары часто доставляют суркам беспокойство, а сопровождающие их чабанские собаки питаются ими. Браконьерство со стороны охотников, специализирующихся на сурках, наносит серьезный урон популяции. Сурков добывают ради жира, который используется в народной медицине. Изменение климата также негативно влияет на этот вид. Потепление приводит к снижению влажности и более раннему усыханию растительности.

**Заключение.** Таким образом, в результате проведенной работы составлен полный список и получены современные данные по распространению редких и исчезающих позвоночных животных на территории Наманганской области, проведены выборочные учеты 5 видов рептилий, учеты гнезд туркестанского белого аиста и семейных нор сурка Мензбира. Полученные данные дополнили систему Государственного кадастра редких и исчезающих видов позвоночных животных, а также дополнят новое издание Красной книги Республики Узбекистан.

**Благодарности.** Приведённые данные получены в рамках выполнения научно-исследовательской темы Института зоологии «Создание научной основы для ведения кадастра редких и исчезающих видов животных (на примере Ферганской долины)» и международного проекта WWF01434/9E070711/GLO «Сохранение ключевых природных комплексов на территории Ферганской Долины (Республика Узбекистан)» Фонда Михаэля Зуккова, реализуемого при поддержке WWF и CEPF.

**Конкретное участие авторов в подготовке статьи.** Е.А. Быкова, Т.В. Абдураупов, М.А. Грицына, А.В. Есипов – сбор и анализ данных, обобщение результатов; Ш.И. Дехконов – сбор данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грицына М.А., Быкова Е.А., Ибрагимов Р.И., Абдураупов Т.В., Есипов А.В., Мун Ю.А., Дехконов Ш.И., Адылова Д.Р., Солдатов В.А. (2022) Результаты учётов и анализ местообитаний гнездовых колоний туркестанского белого аиста *Ciconia ciconia asiatica* в Ферганской области (Узбекистан). *Русский орнитологический журнал*. 31(2201): 2795-2808 // Gritsina M.A., Bykova E.A., Ibragimov R.I., Abduraupov T.V., Esipov A.V., Mun Yu.A., Dehkonov Sh.I., Adylova D.R., Soldatov V.A. (2022) Rezultaty uchyotov i analiz mestoobitaniy gnezdovyyh koloniy turkestan'skogo belogo aista *Ciconia ciconia asiatica* v Ferganskoj oblasti (Uzbekistan). *Russkij ornitologicheskij zhurnal*. 31(2201): 2795-2808.
2. birds.uz [Электронный ресурс] URL: <https://www.birds.uz/>
3. ebird.org [Электронный ресурс] URL: <https://ebird.org/>
4. iNaturalist [Электронный ресурс] URL: <https://www.inaturalist.org/>
5. Мекленбурцев Р.Н., Сагитов А.К., Кашкаров Д.Ю., Митропольский О.В., Фоттелер Э.Р., Третьяков Г.П., Остапенко М.М., Назаров А.П. Птицы Узбекистана. Том 1. Ташкент, 1987. 291 с. // Meklenbursev R.N., Sagitov A.K., Kashkarov D.Yu., Mitropolskiy O.V., Fotteler E.R. Tretyakov G.P., Ostapenko M.M., Nazarov A.P. Ptitsi Uzbekistana. Tom 1. Tashkent, 1987. 291 s.
6. Мекленбурцев Р.Н. Голубевые. Птицы Узбекистана. Том II. Ташкент, 1990. с. 182-210 // Meklenbursev R.N. Golubevie. Ptisi Uzbekistana. Tom II. Tashkent, 1990. s. 182-210.
7. Закиров А. Хищные и парнокопытные. Позвоночные животные Ферганской долины. Ташкент, 1974. с. 185-202 // Zakirov A. Xishnie i parnokopitnie. Pozvonochnie jivotnie Ferganskoj dolini. Tashkent, 1974. s. 185-202.
8. Ишунин Г.И. Промысловые животные Узбекистана. Ташкент, 1987, 240 с. // Ishunin G.I. Promislovie jivotnie Uzbekistana. Tashkent, 1987, 240 s.
9. Абдуназаров Б.Б. Туранский тигр. Красная книга Республики Узбекистан. Том 2. Ташкент, 1987. с. 332-333 // Abdunazarov B.B. Turanskiy tigr. Krasnaya kniga Respubliki Uzbekistan. Tom 2. Tashkent, 1987. s. 332-333.
10. Богданов О. П. Фауна Узбекской ССР. Земноводные и пресмыкающиеся. Т. 1. Ташкент, 1960. 260 с. // Bogdanov O. P. Fauna Uzbekskoy SSR. Zemnovodnie i presmikayushiesya. T. 1. Tashkent, 1960. 260 s.
11. Митропольский О. В. Биоразнообразие Западного Тянь–Шаня. Материалы к изучению птиц и млекопитающих в бассейнах рек Чирчик и Ахангаран (Узбекистан, Казахстан). Ташкент–Бишкек, 2005. 167 с. // Mitropol'skiy O. V. Bioraznoobrazie Zapadnogo Tyan'–Shanya. Materiali k izucheniyu ptis i mlekoopitayushix v basseynax rek Chirchik i Axangaran (Uzbekistan, Kazakhstan). Tashkent-Bishkek, 2005. 167 s.
12. Митропольский О.В. Ангренское плато. Важнейшие орнитологические территории Узбекистана. Ташкент, 2008. с.113-115 // Mitropol'skiy O.V. Angrenskoe plato. Vajneyshie ornitologicheskie territorii Uzbekistana. Tashkent, 2008. s.113-115.
13. Митропольский О.В., Фоттелер Э.Р., Третьяков Г.П. Отряд Соколообразные Falconiformes. Птицы Узбекистана. Том I. Ташкент, 1987. с.123-246 // Mitropol'skiy O.V., Fotteler E.R., Tretyakov G.P. Otryad Sokoloobraznie Falconiformes. Ptisi Uzbekistana. Tom I. Tashkent, 1987. s.123-246.
14. Nazarov R.A., Abduraupov T.V., Shepelya E.Y., Gritsina M.A., Melnikov D.A., Buehler M.D., Lapin J.D., Poyarkov N.A., Grismer J.L. (2023) The Fergana Valley Is an Isolate of Biodiversity: A Discussion of the Endemic Herpetofauna and Description of Two New Species of Alsophylax (Sauria: Gekkonidae) from Eastern Uzbekistan. *Animals*. 13(15): 2516; DOI: 10.3390/ani13152516
15. Абдураупов Т.В., Грицына М.А., Быкова Е.А., Есипов А.В. (2023) Результаты учётов редких и эндемичных видов рептилий Ферганской долины. Вестник Хорезмской академии Маъмуна. MS (103): 48-53 // Abduraupov T.V., Gritsina M.A., Bykova E.A., Esipov A.V. (2023) Rezultaty uchyotov redkih i endemichnyh vidov reptilij Ferganskoj doliny. Vestnik Horezmskoj akademii Mamuna. MS (103): 48-53.

16. Gritsina M.A., Ibragimov R.I., Bykova E.A., Abduraupov T.V., Esipov A.V., Granovskaya R.A., Salimov E.T., Dehqonov Sh.I., Mun Y.A., Adiloiva D.R., Soldatov V.A., Bystrushkin G.V. (2024) Results of counting the nests of the White Stork *Ciconia ciconia asiatica* in the Fergana valley (Uzbekistan). *Sandgrouse*, 175-187.
17. Кашкаров Р.Д., Атаходжаев А.А., Сударев В.О., Белялова Л.Э., Фудукчиев С.Э., Гадаев Ж.М. (2016) Современное состояние популяции туркестанского белого аиста *Ciconia ciconia asiatica* в Узбекистане. Современные проблемы сохранения редких, исчезающих и малоизученных животных Узбекистана. *Матер. Респ. науч.-практ. конф.* Ташкент, 2016. 98-104 // Kashkarov R.D., Atahodzhaev A.A., Sudarev V.O., Belyalova L.E., Fudukchiev S.E., Gadaev Zh.M. (2016) Sovremennoe sostoyanie populyacii turkestanskogo belogo aista *Ciconia ciconia asiatica* v Uzbekistane. Sovremennye problemy sohraneniya redkih, ischezayushih i maloizuchennyh zhivotnyh Uzbekistana. *Mater. Resp. nauch.-prakt. konf.* Tashkent, 2016. 98-104.
18. Есипов А.В., Быкова Е.А., Дехконов Ш.И., Ахатов А.А. (2023) Состояние Ангренской и Южно-Чаткальской популяций сурка Мензбира в Узбекистане. Ученые записки. Серия естественные и экономические науки. 2(65): 96-98 // Esipov A.V., Bykova E.A., Dehkonov Sh.I., Ahatov A.A. (2023) Sostoyanie Angrenskoj i Yuzhno-Chatkalskoj populyacij surka Menzbira v Uzbekistane. *Uchenye zapiski. Seriya estestvennye i ekonomicheskie nauki.* 2(65): 96-98.
19. Машкин В.И., Батуринов А.Л. Сурок Мензбира. Киров, 1993. 144 с. // Mashkin V.I., Baturin A.L. *Surok Menzbira.* Kirov, 1993. 144 s.

#### O'ZBEKISTONNING NAMANGAN VILOYATIDAGI KAMYOB VA YO'QOLIB KETISH XAVFI OSTIDA BO'LGAN UMURTQALI HAYVONLAR TURLARINING ZAMONAVIY HOLATI

Y.A. Bykova, T.V. Abduraupov, M.A. Gritsina, A.V. Esipov, Sh.I. Dehqonov

Namangan viloyatidagi kamyob va yo'qolib ketish xavfi ostida bo'lgan umurtqali hayvonlar turlarining zamonaviy holati va tarqalishi o'rganilib, ularning bugungi kundagi ahvoli va mavjud tahdidlar baholandi. Farg'ona vodiysi endemiklari (*Phrynocephalus strauchi*, *Teratoscincus rustamowi*, *Eremias scripta pherganensis*, *Phrynocephalus helioscopus saidaliewi*) va boshqa kamyob turlar (*Testudo horsfieldii*, *Ciconia ciconia asiatica*, *Marmota menzbieri*) bo'yicha haqiqiy sanoq ma'lumotlari keltirildi.

**Kalit so'zlar:** umurtqali hayvonlar, kamyob va yo'qolib ketish xavfi ostida bo'lgan turlar, endemiklar, hayvonot dunyosining davlat kadastr, Namangan viloyati, O'zbekiston.

#### CURRENT STATUS OF ENDANGERED SPECIES OF VERTEBRATES IN THE NAMANGAN REGION OF UZBEKISTAN

E.A. Bykova, T.V. Abduraupov, M.A. Gritsina, A.V. Esipov, Sh.I. Dehqonov

The current status and distribution of endangered vertebrates in the Namangan region have been studied, their current status and existing threats have been assessed. Original accounting data on endemics of the Fergana Valley (*Phrynocephalus strauchi*, *Teratoscincus rustamowi*, *Eremias scripta pherganensis*, *Phrynocephalus saidaliewi*) and another endangered species (*Testudo horsfieldii*, *Ciconia ciconia asiatica*, *Marmota menzbieri*) are given.

**Key words:** vertebrates, endangered species, endemics, State Cadastre of wildlife, Namangan region, Uzbekistan

## МОНИТОРИНГ ФАУНЫ ЦИКАДОВЫХ СЕМЕЙСТВА CICADELLIDAE РОДА *MACROSTELLES* FIEBER В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ

А.Г. КОЖЕВНИКОВА

Ташкентский государственный аграрный университет

Автор для переписки: gnadezhda03@gmail.com

Представлены материалы по мониторингу фауны цикадовых семейства Cicadellidae, значению вредителей из рода *Macrosteles* Fieber в Ферганской долине. Представлены вредоносность, особенности определения, систематическое положение основных вредителей из рода *Macrosteles* Fieber. Изучены их морфологические и биологические особенности, распространение, пищевые связи *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.) и *Macrosteles razvjazkinae* Dub.

**Ключевые слова:** Cicadellidae, *Macrosteles* Fieber, *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles razvjazkinae* Dub., цикады, сосущие вредители, видовой состав, семейство, род, вид, морфология, биология, особенности.

### Введение

Как отмечает Г.Я. Бей-Биенко насекомые самая обширная группа организмов на земле.

Число известных видов достигает примерно 900 тысяч и превышает численность видов всех остальных животных и растений, взятых вместе.

Учёный отмечает, что научным средством овладения этим гигантским разнообразием является систематика, разрабатывающая теорию классификации и распознавания, животных и растительных организмов. Без систематики и её конечного результата - классификации, всё огромное разнообразие органических форм воспринималось бы как хаотическое нагромождение фактов и не было бы доступно пониманию, изучению и использованию в практической деятельности [1].

Без диагностики видового названия вредного организма невозможно изучение, понимание значения вредного организма и разработка против него современных, относительно безопасных средств и методов защиты растений.

В процессе продолжения подобного рода исследований выявляется точный видовой состав вредителей, выясняются редкие и нейтральные виды, даются современные рекомендации по их защите.

Поэтому при сложившихся условиях большое значение имеет диагностика вида, понимание значения вредителя для определённой и конкретной культуры и последующая разработка эффективных мер борьбы.

Целью наших исследований явился мониторинг цикадовых (Auchenorrhyncha) - вредителей сельскохозяйственных и других растений семейства Cicadellidae рода *Macrosteles* Fieber в Ферганской долине.

В задачи исследований входило изучение видового состава цикадовых семейства Cicadellidae рода *Macrosteles* Fieber, повреждающие сельскохозяйственные культуры Ферганской долины, проведение мониторинга видового состава вредных видов для рекомендации мер борьбы с наиболее вредоносными видами.

Изучение вредных насекомых, к которым в том числе относятся цикадовые, является на данный момент одним из перспективных и передовых направлений защиты растений.

В Узбекистане проводятся мероприятия по борьбе с потерями возделываемых сельскохозяйственных культур. Уделяется особое внимание определению разнообразия насекомых, охране исчезающих видов и ведению кадастра [2].

В результате разрабатываются методы современной борьбы с многими особо вредоносными видами.

### Объект и методы исследования

Материалом для настоящей работы явились десятилетние исследования равнокрылых хоботных, семейства Cicadellidae, рода *Macrosteles* Fieber.

Использовались общепринятые в энтомологии и специальные методики.

### Результаты исследований

Очень часто цикадовые являются постоянным компонентом энтомоценозов естественных и культурных ландшафтов Узбекистана.

В Палеарктике, по данным Я. Насти, выявлено 4082 вида, относящихся к 718 родам и 20 семействам [3].

Ученые считают, что приведённые цифры нельзя считать окончательными, так как ежегодно в мировой литературе описывается большое количество новых для науки видов и даже родов.

Изучение цикадовых в настоящее время находится в развитии. По своему видовому составу, исключительному разнообразию и численности отдельных видов цикадовые заметно отличаются от других представителей отряда равнокрылых (Homoptera).

По этим насекомым наглядно видно, как сказывается отрицательная жизнедеятельность этих вредных членистоногих (тип Arthropoda, класс Insecta) на сельскохозяйственные культуры и другие растения.

Многие виды этих насекомых размножаются в массовом количестве.

Цикадовые опасны тем, что как сообщает А. Рупайс, при питании на листьях растений, например, розанной цикадки количество хлорофилла падает до 50%, мало того, вредитель является переносчиком вирусных заболеваний [4].

Изучение этой группы сосущих насекомых, высасывающих соки из растений, в Ферганской долине имеет большое теоретическое и практическое значение, поскольку многие из них не только являются вредителями сельскохозяйственных растений, некоторые, и очень часто даже немногочисленные виды, переносят опасные вирусные заболевания.

При наличии цикадовых, переносчиков вирусных заболеваний растений уже не имеет глобального значения, что это вид не склонен к массовому размножению. Вирусные болезни, перенесённые даже небольшим количеством цикад, распространяясь способны полностью уничтожить урожай.

Несмотря на то, что вирусы в мире встречаются повсеместно, особо опасные с этой точки зрения виды цикадовых, обитающих на возделываемых человеком культурах в большинстве регионов, изучены не полностью.

В Узбекистане, среди цикадовых (серия Auchenorrhyncha) много вредителей открытого и закрытого грунта, с которыми проводятся по мере необходимости профилактические и планомерные меры борьбы.

В целом можно отметить, что вред причиняемый растениям цикадовыми проявляется следующим образом: Цикадовые питаются клеточным соком, в результате чего растение ослабевает, иногда это приводит к его гибели или падает урожайность. Повреждённые растения могут образовывать деформации, искривления, галлы (разрастания). Особенно вредоносны цикадовые на сельскохозяйственных культурах. Кроме того, цикадовые ранят растения при откладке яиц.

Цикад очень часто правильно не определяют или вообще путают с другими насекомыми.

Исследование семейства Cicadellidae показало, что в наших условиях это мелкие и средней величины цикады.

Фронтотрипеус у них почти целиком лежит на лицевой стороне головы, его верхняя граница обычно незаметна.

Над усиками часто развиты кили.

Задние тазики почти у всех видов семейства Cicadellidae широкие, задние голени плоские, четырёхгранные, со щетинками по наружным рёбрам.

Надкрылья часто сильно уплотнённые.

Большей частью насекомые очень подвижные, хорошо прыгающие формы. Личинки их ведут сходный с взрослыми образ жизни.

Развиваются цикады семейства Cicadellidae не менее, чем в одном поколении в году.

Перезимовывают у большинства видов яйца, реже взрослые, иногда личинки 5 возраста.

Семейство Cicadellidae самое большое семейство цикадовых. На территории стран бывшего Союза в нём зарегистрировано более 200 родов.

Большое количество видов семейства Cicadellidae, являются специфическими переносчиками вирусных заболеваний растений.

Виды рода *Macrosteles* Fieber мелкие с вытянутым стройным телом насекомые.

Голова у них такой же ширины, как и переднеспинка или шире, с характерным рисунком из темных пятен.

Темя короче переднеспинки, спереди несколько вытянутое, внешне хорошо видны отличительные особенности видов рода *Macrosteles* Fieber.

Кроме того, темя угловато выступает впереди сложных глаз, разделённое чёрточкой. Его передний край округлый, переход к лицу овальный.

Простые глазки лежат спереди ближе к сложным глазам.

Лицо овальное, фронтотемпалеус с поперечными темными полосами, почти в два раза длиннее антеклипеуса.

Переднеспинка выпуклая, задняя грань ее ровная, углы закругленные.

Крылья развитые, надкрылья длиннее брюшка, прозрачные или пигментированные.

Генитальная вальва закругленно-треугольная или полукруглая.

Генитальные пластинки треугольные, с выпуклым наружным краем и оттянутыми мембранозными вершинами, имеют крупные макрохеты.

Доли пегофора сзади закруглены, часто с шиповидной скульптурой на каудальном крае и небольшим выступом в каудовентральном углу, они снабжены многочисленными, беспорядочными макрохетами в апикальной половине.

Стилусы с хорошо выраженными предвершинными углами и небольшой обычно закругленной на конце апикальной частью.

Эдеагус с трубчатым стволом, снабженным на конце парой отростков.

Гонопор субапикально-дорсальный.

Исследования по мониторингу цикадовых семейства Cicadellidae, из рода *Macrosteles* Fieber показали, что в условиях Ферганской долины на сельскохозяйственных растениях обитают *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles razvjazkinae* Dub., *Macrosteles cristatus* (Rib.), *Macrosteles fieeri* (Edw.), *Macrosteles forficulus* (Rib.).

*Macrosteles forficulus* (Rib.) из Узбекистана указывается впервые.

То есть на территории Ферганской долины автором данной статьи в последние 10 лет зарегистрированы 6 вредителей сельскохозяйственных растений, наиболее опасные из них *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) и *Macrosteles razvjazkinae* Dub.

Зарегистрировано, что виды *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) являются переносчиками вирусных заболеваний растений.

Вид *Macrosteles laevis* описан исследователем Ribaut 1927 году. С тех пор он носит его имя.

В условиях Ферганской долины это желтовато-зеленоватые, средних размеров цикадки.

На переходе лица в темя имеется пара черных пятен, на темени спереди прерванная посредине перевязь и пара пятен сзади.

Пятна рисунка иногда могут быть слабо выраженными или, наоборот, сливаются. На щитке треугольные черные пятна в боковых углах.

Ствол эдеагуса у самцов *Macrosteles laevis* (Rib.) без лопастей, ровный, немного выгнутый, его отростки от самого основания плавно расходящиеся, выгнутые, особенно перед вершиной.

Размеры самца и самки *Macrosteles laevis* (Rib.) 3,2-4,1 мм.

Распространение обширное, сюда относится вся Палеарктика, Северная Америка, вредитель широко распространен в странах бывшего Союза.

В Средней Азии это наиболее многочисленный вид среди не только представителей рода, но и среди цикадовых вообще.

*Macrosteles laevis* (Rib.) или как её называют “шеститочечная цикадка“ встречается повсеместно на равнинах и в горах до альпийской зоны включительно.

На орошаемых землях равнин *Macrosteles laevis* (Rib.) обитает повсюду.

В некоторые годы в массовом количестве размножается в поймах рек и саев и на рисовых полях.

В предгорьях держится по поймам рек и саев. В горах также многочисленна, особенно в альпийских лугах и сазах, или горных болотистых лугах [5].

По *Macrosteles laevis* (Rib.) в условиях Узбекистана вредит злаковым культурам таким как пшеница, рис, ячмень, овес, кукуруза и др., особенно страдают молодые всходы.

О вредности *Macrosteles laevis* (Rib.) в условиях России, известный ленинградский исследо-

ватель А.Ф. Емельянов сообщал ещё в 1972 году [6].

Для пораженных злаков характерна изреженность, низкорослость, слабая кустистость, усыхание листьев с верхушек и белые пятна на стеблях и листьях в местах уколов.

*Macrosteles laevis* (Rib.) переносит вирусы желтухи и карликовости овса и ячменя.

В условиях Ферганской долины шеститочечная цикадка предпочитает злаковые. На орошаемых землях вредит рису, кукурузе, джугаре, пшенице, ячменю, овсу и др.

Вид *Macrosteles quadripunctulatus* описан исследователем Kirschbaum в 1868 году.

*Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) в условиях Ферганской долины отличаются тем, что это желтовато-зеленоватые, сравнительно мелкие цикадки.

У *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) на темени имеется четыре черных пятна.

Фронтотриптеус внизу без пятен. В боковых углах щитка имеется по треугольному черному пятну.

Ствол эдеагуса ровный, отростки ветвистые, направлены вдоль по оси ствола.

Размеры самца и самки 2,6-3,7 мм.

Литературные и собственные исследования показывают, что распространение вида следующее: Западная Европа, Турция, Израиль, Ирак, Афганистан, Европейская часть России, Кавказ, Казахстан, Средняя Азия.

В Средней Азии, в том числе в Узбекистане вид *Macrosteles laevis* (Rib.) многочисленный.

*Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) распространен повсеместно на орошаемых землях.

В отличие от других видов рода не связан с увлажненными биотопами и более теплолюбив.

В плодовых лесах Ферганского хребта предпочитает хорошо освещенные и обогреваемые солнцем места. Численность его увеличивается в годы с меньшим количеством атмосферных осадков [5].

Повсеместно *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) переносит вирус желтухи сложноцветных [7].

На орошаемых землях Ферганской долины вредит люцерне, клеверу, фасоли, свекле, картофелю, моркови, капусте, кабачкам, репе, редису и др.

*Macrosteles razvjazkinae* Duboski описан узбекским энтомологом из Ферганской долины (г. Андижан) профессором Г.К. Дубовским в 1966.

По сведениям Г.К. Дубовского, в горах Восточной Ферганы в увлажненных биотопах размножается в массовом количестве, на орошаемых землях встречается преимущественно в поймах рек и саев, на рисовых полях и других увлажненных местах [5].

Вид *Macrosteles razvjazkinae* Dub. внешне похож на другие виды рода *Macrosteles* Fieber.

Темя желтовато-зеленоватое. В задней его половине два чёрных округлых, немного вытянутых косо в стороны пятен.

Между ними и глазками два поперечно удлинённых чёрно-бурых пятна, которые у глаз изгибаются под прямым углом и переходят книзу до основания усиков.

Между глазками пара почти бобовидных вытянутых поперечных пятен.

Фронтотриптеус желтый, с продольной бурой или чёрно-бурой узкой полоской, в стороны от которой, не соединяясь с ней отходят по пять поперечных черно-бурых полосок.

Антеклиптеус желтый, посредине его поперечное бурое пятно, на вершине треугольное пятно.

Переднеспинка желтовато-зеленоватая с рисунком из бурых полосок и пятен.

Щиток желтый с чёрными треугольными пятнами в боковых углах.

Надкрылья прозрачные, немного дымчатые, со светлыми или бледно-зеленоватыми жилками.

Эдеагус трубчатый, отростки ствола эдеагуса не разветвлённые, в первой половине сближенные, посредине резко под прямым углом изогнутые книзу и широко разветвлённые в стороны.

Размеры самца и самки 3,2-4,0 мм.

Распространение: Казахстан, Таджикистан (Памир), Узбекистан. Цикада в основном распространена на равнинах, в предгорьях и горах.

*Macrosteles razvjazkinae* Dub. в Узбекистане, в том числе в Ферганской долине обитает на злаковых растениях, предпочитает увлажнённые места, в которых размножается в массовом количестве.

Кроме Ферганской долины вид *Macrosteles razvjazkinae* Dub. обитает в Зеравшанской долине, где повреждает рис, он также многочислен в Каршинской степи.

Именно вид *Macrosteles razvjazkinae* Dub. обычно находится под контролем и не имеет для сель-

ского хозяйства экономически важного значения, но при наличии определенных факторов склонен к превышению экономического порога вредоносности и к нанесению хозяйственно ощутимого вреда.

### Выводы

В данном регионе в настоящее время обнаружено 40 видов цикад, относящихся к семейству Cicadellidae, из них 6 видов из рода *Macrosteles* Fieber связаны питанием с сельскохозяйственными растениями и являются, исходя из литературных изысканий и собственных исследований наиболее вредоносными. Эти виды необходимо уметь определять, изучать и, в случае превышения ими экономического порога вредоносности, бороться с ними, не уничтожая нейтральную часть фауны насекомых.

Исследования по мониторингу фауны цикадовых семейства Cicadellidae, рода *Macrosteles* Fieber в Ферганской долине, повреждающие сельскохозяйственные растения показали, что из 6 найденных вредителей виды *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.) являются переносчиками вирусных заболеваний растений и требует особого контроля. *Macrosteles forficulus* (Rib.) из Узбекистана указывается впервые. Повреждения, наносимые вредителями из рода *Macrosteles* Fieber влияют на развитие генеративных органов и вызывают их опадение от 10 до 15%.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология. – Изд-во Высшая школа. – Москва: - 1980. - С. 150. // Bey-Biyenko G.YA. Obshchaya entomologiya. – Izd-vo Vysshaya shkola. – Moskva: - 1980. - S. 150.
2. Красная Книга Республики Узбекистан. Том 11. – Cninor ENR. – Ташкент: - 2019. - 393 с. // Krasnaya Kniga Respubliki Uzbekistan. Tom 11. – Cninor ENR. – Tashkent: - 2019. - 393 s.
3. Nast J. Palearctic Auchenorrhyncha (Homoptera), fan annotated check list // Agriculture. – Warszawa: - 1972. – P. 55.
4. Рупайс А. Влияние тли и некоторых других сосущих вредителей на содержание хлорофилла в древесных листьях // Известия АН ЛатССР. - № 7. 1961. – С. 55-56. // Rupays A. Vliyaniye tli i nekotorykh drugikh sosushchikh vreditel'ey na sodержaniye khlorofilla v drevesnykh list'yakh // Izvestiya AN LatSSR. - № 7. 1961. – S. 55-56.
5. Дубовский Г.К. Цикадовые (Auchenorrhyncha) Ферганской долины. - Изд-во «Фан». – Ташкент: – 1966. – С. 215. // Dubovskiy G.K. Tsikadovyue (Auchenorrhyncha) Ferganskoy doliny. - Izd-vo «Fan». – Tashkent: – 1966. – S. 215.
6. Емельянов А.Ф. Подотряд Auchenorrhyncha цикадовые // Сб. насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. - Из-во «Наука». – Т. 1. – 1972. – Ленинград: - С. 117-138. // Yemel'yanov A.F. Podotryad Auchenorrhyncha tsikadovyue // Sb. nasekomye i kleshchi – vrediteli sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. - Iz-vo «Nauka». – Т. 1. – 1972. – Leningrad: - S. 117-138.
7. Кожевникова А.Г. Цикадовые (Auchenorrhyncha) – вредители сельскохозяйственных культур Узбекистана. Монография. – Из-во «Fan va texnologiyalar». – Ташкент: - 2019. – 176 с. // Kozhevnikova A.G. Tsikadovyue (Auchenorrhyncha) – vrediteli sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Uzbekistana. Monografiya. – Iz-vo «Fan va texnologiyalar». – Tashkent: - 2019. – 176 s.

### ФАРҒОНА ВИЛОЯТИ ШАРОИТИДА СИКАДЕЛЛИДАЕ ОИЛАСИ, MACROSTELES FIEBER АВЛОДИГА КИРУВЧИ САРАТОНЛАРНИНГ ФАУНАСИНИ МОНИТОРИНГИ

A.G. Kojevnikova

Cicadellidae, оиласи ва *Macrosteles* Fieber, авлодига кирувчи саратонларнинг Фарғона вилояти шароитида мониторинг қилиш натижалари таҳлил этилган. *Macrosteles* Fieber, авлодига кирувчи асосий зараркундаларни зарари, аниқлаш хусусиятлари систематик ўрни таҳлил этилди. *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles razvjazkinae* Dub. турлари морфологияси, биологик хусусиятлари, тарқалиши ва озикланиш занжири ўрганилди.

**Таянч сўзлар:** Cicadellidae, *Macrosteles* Fieber, *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles razvjazkinae* Dub., саратонлар.

MONITORING OF THE FAUNA OF CICADAS OF THE CICADELLIDAE FAMILY OF  
THE GENUS *MACROSTELAS* FIEBER IN THE FERGANA VALLEY

A.G. Kozhevnikova

The article presents materials on monitoring the fauna of cicadas of the Cicadellidae family, the importance of pests from the genus *Macrosteles* Fieber in the Fergana Valley. The harmfulness, peculiarities of definition, and systematic position of the main pests from the genus *Macrosteles* Fieber are presented. Their morphological and biological features, distribution, and food connections of *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles razvjazkinae* Dub. have been studied.

**Key words:** Cicadellidae, *Macrosteles* Fieber, *Macrosteles quadripunctulatus* (Kbm.), *Macrosteles laevis* (Rib.), *Macrosteles razvjazkinae* Dub., cicadas

## ГЕНЕТИКА

НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКА УСТОЙЧИВОСТИ К ЖЕЛТОЙ РЖАВЧИНЕ  
В БЭККОССНЫХ ПОКОЛЕНИЯХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫБ.О. ОЧИЛОВ, Х.С. ТЎРАКУЛОВ, Б.Х. ЧИНИКУЛОВ, С.К. МЕЛИЕВ, М.Р. МАРДАНОВА,  
И.С. АЙТЕНОВ, С.М. ИСОКУЛОВ

Институт генетики и экспериментальной биологии растений АН РУз

Автор для переписки: behruz.ochilov1995@mail.ru

В статье приведена фенотипическая оценка наследования устойчивости к желтой ржавчине в беккросс-популяциях в процессе создания устойчивых к этому заболеванию сортов пшеницы от поколения  $BC_1F_1$  до поколения  $BC_4F_1$ . По результатам фенотипической оценки гибридов поколения  $BC_4F_1$  среди общего количества растений доля растений, устойчивых к желтой ржавчине, была следующей:  $Yr10/6$  Avocet  $\times$  Grom - 5,4%,  $Yr15/6$  Avocet  $\times$  Grom - 4,7%,  $Yr15/6$  Avocet  $\times$  Краснодарская-99 - 4% и  $Yr10/6$  Avocet  $\times$  Краснодарская-99 - 3,96%.

**Ключевые слова:** мягкая пшеница, беккросс, урожайность, жёлтой ржавчине, наследования.

**Введение.** Возбудитель жёлтой ржавчины *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (Pst) является одним из основных патогенов пшеницы (*Triticum aestivum*) и считается главным биотическим стрессовым фактором во многих регионах мира [1;2]. В последние десятилетия во всем мире быстрое развитие патогена и появление новых вирулентных рас приводит к потерям урожая до 50-60 процентов. Для создания устойчивых к жёлтой ржавчине сортов скрещивание методом беккросса с изогенными линиями, несущими гены устойчивости, представляет собой сложный и успешный селекционный процесс. Генетические признаки и фенотипические данные, выявленные с помощью ДНК-маркеров методом беккросса, объединяются, обеспечивая успешное и быстрое развитие селекционного материала [3]. Метод беккросса остается одним из эффективных методов в сельском хозяйстве для передачи генов в заданные сорта растений. В результате повторения в каждом последующем поколении беккросса большая часть нецелевых генов остается в геноме донора [4]. Метод беккросса применяется в селекции для улучшения сортов самоопыляющихся и перекрестноопыляемых растений, а также для обогащения гибридного потомства необходимыми свойствами отцовских или материнских форм.

Маркерная ассоциированная беккроссная селекция (МАБС) считается одним из наиболее простых и перспективных подходов технологии МАС. Основной целью МАБС является использование маркеров для отбора QTL, минимизация длины сегмента донорского генома, содержащего целевой QTL, а также ускорение восстановления генома рекуррентного родителя [5]. В проведенных исследованиях рассмотрено повышение устойчивости пшеницы к жёлтой и бурой ржавчине с помощью маркер-ассоциированной беккросс-селекции (МАБС). В работах [6;7] исследователи поставили целью передачу генов для придания сорту UP2338 устойчивости к желтой ржавчине (*Yr15*) и бурой ржавчине (*Lr19/Sr25* и *Lr24/Sr24*). Для обеспечения точности переноса гена было проведено несколько беккроссов с использованием молекулярных маркеров *xgwm273* и *xwmc221*, в результате чего было достигнуто поколение  $BC_3F_3$ . Результаты показали успешное внедрение генов, устойчивых к болезням ржавчины, при сохранении хороших агрономических свойств в новых линиях.

В исследовании, проведенном Randhawa M.S и соавторами, изучен метод внедрения генов устойчивости к стеблевой и желтой ржавчине в четыре различных сорта пшеницы. В ходе исследования гены *Yr51*, *Yr57*, *Sr22*, *Sr26* и *Sr50* были изучены и отобраны на различных сортах пшеницы Австралии и Индии с помощью маркерной селекции (МАС). Для подтверждения наличия генов были использованы маркеры и методы генотипического анализа, а гены устойчивости к ржавчин-

ным болезням были перенесены путем беккрасса в австралийские (Gladius и Livingston) и индийские (PBW550 и DBW17) сорта пшеницы [8].

Метод беккрасса, то есть возвращение отобранных сортов с особыми свойствами к исходным изогенным линиям, обеспечивает генетическую стабильность. С помощью этого метода такие признаки, как устойчивость к жёлтой ржавчине, могут сохраняться и усиливаться на протяжении нескольких поколений.

**Материалы и методы.** Листья пшеницы, пораженные жёлтой ржавчиной, были собраны из южных и северных областей Республики в 9 областях, в том числе из - Андижанской, Ферганской, Джизакской, Кашкадарьинской, Наманганской, Самаркандской, Сырдарьинской, Сурхандарьинской и Ташкентской областей. Проведена оценка собранных споры изолятов жёлтой ржавчины путем их инокуляции на сорта-дифференциаторы (питомник YRTN). В результате оценки генотипы с генами *Yr10* и *Yr15*, отобранные как устойчивые к жёлтой ржавчине, были скрещены с высокоурожайными, но восприимчивы сортами селекции Краснодарская-99.

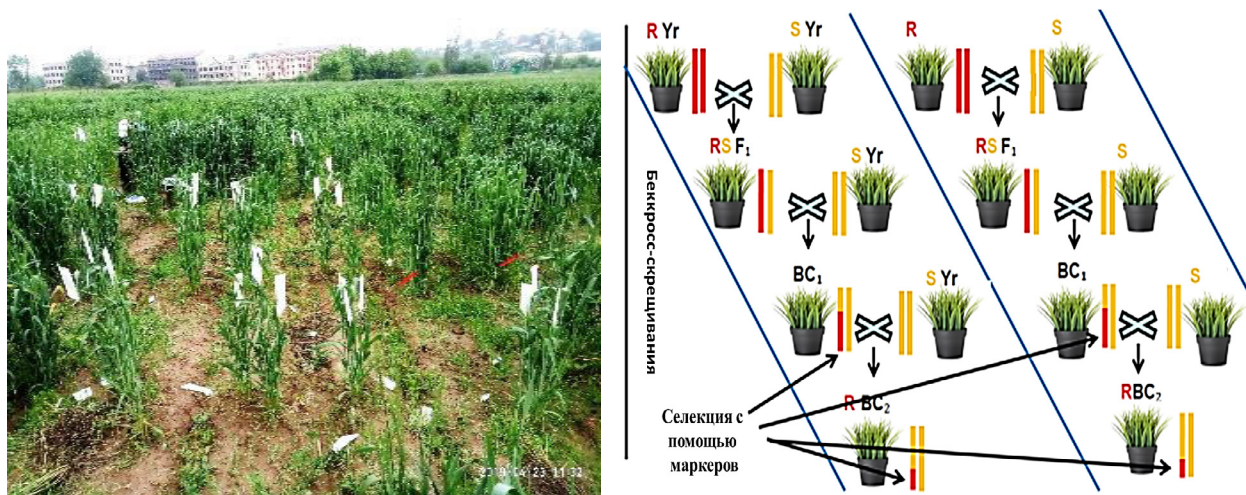


Рис. 1. Методы скрещивания. R - resistance (устойчивые), S - susceptible (восприимчивы).

Скрещивание проводилось в конце апреля и начале мая текущего года методом “колос в колос” по методике Твеля.

Устойчивость к жёлтой ржавчине оценивалась на искусственно созданном инфекционном фоне по шкале оценки, основанной на методе Петерсона (1948) [9].

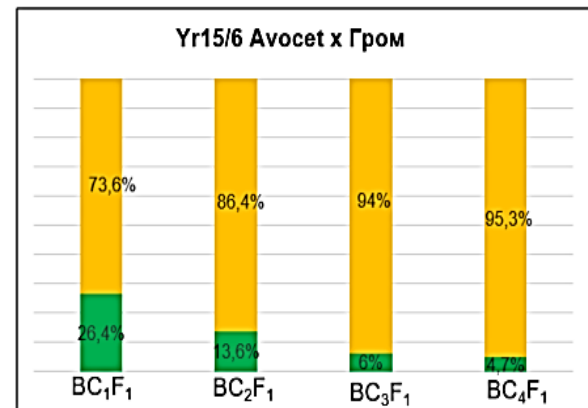
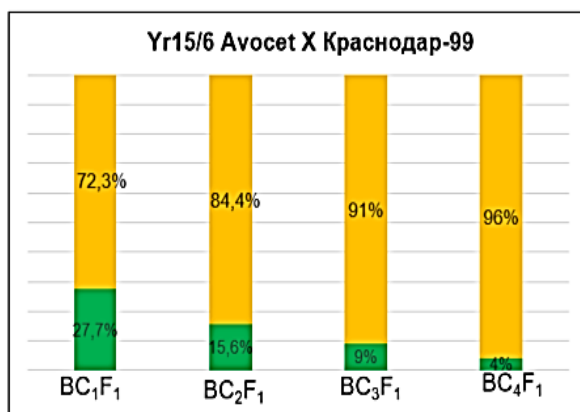
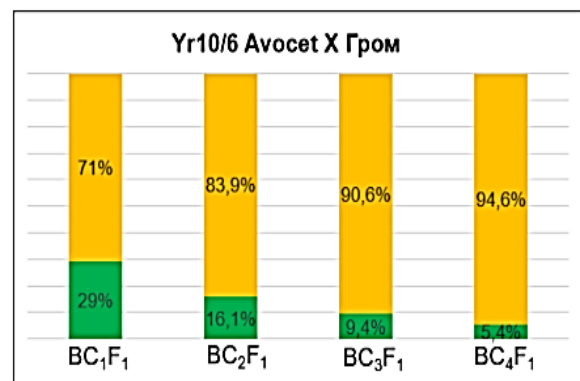
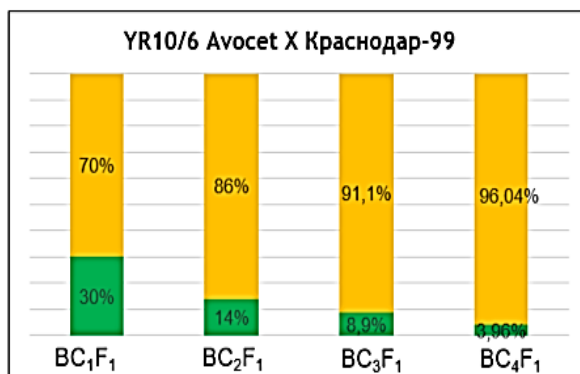
**Результаты и обсуждение.** При оценке устойчивости к жёлтой ржавчине гибридов первого поколения ( $F_1$ ) почти во всех комбинациях наблюдалось наследование с полным фенотипическим доминированием устойчивости. На следующем этапе устойчивые представители этих гибридных поколений скрещивались с восприимчивым материнским растением методом беккрасса, а полученные поколения оценивались по устойчивости в последующем году.

При изучении фенотипического наследования признака устойчивости к жёлтой ржавчине у гибридных растений *Yr10/6 Avocet* × Краснодарская-99 поколения  $BC_1F_1$  было выявлено, что из 70 растений 21 (30%) проявило устойчивость, в то время как остальные 49 (70%) оказались восприимчивыми к заболеванию. Из этих показателей стало очевидно, что доля устойчивых и восприимчивых геномов в поколении  $BC_1F_1$  распределена в соотношении 1:2,33. У гибридов комбинации *Yr10/6 Avocet* × Гром процент устойчивых растений составил 29%, у гибридов *Yr15/6 Avocet* × Краснодарская-99 – 27,7% и у гибридов *Yr15/6 Avocet* × Гром – 26,4%. В целом, хотя среди гибридов поколения  $BC_1F_1$  и имеются растения с относительно устойчивым фенотипом, общая тенденция показала высокую предрасположенность к заболеванию в комбинациях беккросс поколения (табл.).

В соответствии с целью исследования были проведены молекулярные анализы растений, признанных фенотипически устойчивыми. В результате, растения, полученные методом беккрасса и отобранные как фенотипически и генотипически устойчивые, были повторно скрещены с высокопродуктивным материнским генотипом. Этот процесс продолжался до 4-го поколения, при этом в каждом поколении регулярно оценивались признаки устойчивости к жёлтой ржавчине (рисунок 2).

**Наследование устойчивости к жёлтой ржавчине в поколениях беккросса**

Комбинации	R	S	Соотношение R/S	Общее количество растений
	Поколение BC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>			
Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99	21	49	1:2,33	70
Yr10/6 Avocet × Гром	11	27	1:2,45	38
Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99	20	52	1:2,60	72
Yr15/6 Avocet × Гром	14	39	1:2,78	53
Поколение BC <sub>2</sub> F <sub>1</sub>				
Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99	14	86	1:6,14	100
Yr10/6 Avocet × Гром 20		104	1:5,20	124
Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99	17	92	1:5,41	109
Yr15/6 Avocet × Гром	15	95	1:6,33	110
Поколение BC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>				
Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99	12	123	1:10,25	135
Yr10/6 Avocet × Гром	11	106	1:9,64	117
Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99	9	91	1:10,11	100
Yr15/6 Avocet × Гром	8	126	1:15,75	134
Поколение BC <sub>4</sub> F <sub>1</sub>				
Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99	5	121	1:24,20	126
Yr10/6 Avocet × Гром	7	122	1:17,43	129
Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99	5	117	1:23,40	122
Yr15/6 Avocet × Гром	6	120	1:20,00	126



**Рис. 2.** Процентные показатели поражения жёлтой ржавчиной у беккросс-потомков.

При фенотипической оценке устойчивости к жёлтой ржавчине у растений второго беккросс-поколения ( $BC_2F_1$ ) в комбинациях “Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99” и “Yr10/6 Avocet × Гром” было обнаружено больше устойчивых растений (17 и 20 соответственно), что составило 15,6% и 16,1% от общего количества растений. С целью определения проявления этого признака в последующих поколениях среди беккросс-гибридов, признанных фенотипически и генотипически устойчивыми, был проведен следующий этап беккросс-скрещиваний.

По результатам оценки растений третьего поколения беккросса ( $BC_3F_1$ ), процент фенотипически устойчивых растений среди общего количества растений в комбинациях составила: Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99 – 8,9%, Yr10/6 Avocet × Гром – 9,4%, Yr15 /6 Avocet × Краснодарская-99 - 9% и Yr15 × Гром - 6%. Снижение процента фенотипически устойчивых растений в беккроссных популяциях было обусловлено увеличением доли восприимчивых растений.

По результатам фенотипической оценки комбинаций поколения  $BC_4F_1$  среди общих растений устойчивые растения в комбинации Yr10/6 Avocet × Гром составили 5,4% и показали превосходство по этому показателю над другими комбинациями. Далее следуют комбинации Yr15/6 Avocet × Гром с 4,7%, Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99 с 4% и Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99 с 3,96%.

Процент генотипа устойчивых растений в поколении  $BC_1F_1$  в комбинациях находился в диапазоне 26,4-30%, а в последующих поколениях этот показатель уменьшался два раза на каждом этапе. В результате к поколению  $BC_4F_1$  доля устойчивых генотипов в комбинациях составила 3,96-5,4%.

Результаты фенотипической оценки беккросс-поколений показали, что доля признаков устойчивости к жёлтой ржавчине в гибридных популяциях донорского генотипа постепенно уменьшалась на 50% в каждом поколении. При этом доля реципиентного генотипа в каждом последующем поколении увеличивалась на 50% от доли, добавленной на предыдущем этапе.

**Заключение.** Уровень поражения жёлтой ржавчиной у гибридных поколений оценивали от поколения  $BC_1F_1$  до  $BC_4F_1$ . По результатам фенотипической оценки гибридов поколения  $BC_4F_1$  среди общего количества растений процент устойчивых к желтой ржавчине растений в комбинациях показал следующее: Yr10/6 Avocet × Гром - 5,4%, далее следуют Yr15/6 Avocet × Гром - 4,7%, Yr15/6 Avocet × Краснодарская-99 - 4%, Yr10/6 Avocet × Краснодарская-99 - 3,96%.

Беккроссное скрещивание на основе маркеров позволяет точно, быстро и эффективно осуществлять селекционный процесс. Этот метод упрощает выявление необходимых генов устойчивости на ранней стадии, объединение нескольких полезных признаков и создание стабильных и продуктивных сортов. В результате сокращаются временные и ресурсные затраты на селекцию, сохраняется генетическое разнообразие и обеспечивается долгосрочная устойчивость к патогенам.

**Вклад авторов:** О.Б.О проанализировал данные и подготовил черновой вариант рукописи, Т.Х.С руководитель исследования, Ч.Б.Х. проведенные эксперименты, М.С.К. проанализировал данные и подготовил черновой вариант рукописи, М.М.Р. проведенные эксперименты, А.И.С проведенные эксперименты, И.С.М проведенные эксперименты. Все авторы внесли вклад в доработку рукописи и утвердили представленную версию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Das P. et al. Genome-wide identification and characterization of *Puccinia striiformis*-responsive lncRNAs in *Triticum aestivum* //Frontiers in Plant Science. – 2023. – V. 14. – P. 1120898.
2. Zhao Y. et al. Virulence phenotyping and molecular genotyping reveal high diversity within and strong gene flow between the *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* populations collected from barberry and wheat in Shaanxi province of China //Plant Disease. – 2023. – V. 107. – №. 3. – P. 701-712.
3. Xu Y. et al. Genetic mapping of quantitative trait loci in crops // The Crop Journal. – 2017. – V. 5. – № 2. – P. 175-184.
4. Stephen. P., Baenziger and Patricia Hain. Advanced Backcross Breeding. // Plant Soil Sciences eLibrary.- 2020. –P. 2.
5. Baenziger P. S., Hain P. Advanced Backcross Breeding. – 2023, -P.
6. Singh A., Jaiswal J. P., Badoni S. Enhancing rust resistance in wheat through marker assisted backcross breeding //Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. – 2018. – T. 78. – №. 01. – С. 19-25.
7. Sunilkumar V. P. et al. Marker assisted improvement for leaf rust and moisture deficit stress tolerance in wheat variety *HD3086* //Frontiers in Plant Science. – 2022. – T. 13. – С. 1035016.

8. Randhawa M. S. et al. Marker assisted transfer of stripe rust and stem rust resistance genes into four wheat cultivars //Agronomy. – 2019. – Т. 9. – №. 9. – С. 497.
9. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals //Canadian journal of research. – 1948. – V. 26. – №. 5. – P. 496-500.

#### YUMSHOQ BUG‘DOYNING BEKKROSS AVLODLARIDA SARIQ ZANG KASALLIGIGA CHIDAMLILIK BELGISINING IRSIYLANISHI

B.O. Ochilov, X.S. Turaqulov, B.X. Chiniqulov, S.K. Meliev, M.R. Mardanova, I.S. Aytenov, S.M. Isoqulov

Maqolada  $BC_1F_1$  avlodidan  $BC_4F_1$  avlodgacha bo‘lgan sariq zang kasalligiga chidamli bug‘doy navlarini yaratish jarayonida bekkross populyatsiyalarida kasallikka chidamlilikning irsiylanishini fenotipik baholash ishlari amalga oshirilgan.  $BC_4F_1$  avlodidagi duragaylarni fenotipik baholash natijalariga ko‘ra, umumiy o‘simliklar soni orasida sariq zang kasalligiga chidamli o‘simliklar foizi quyidagicha bo‘ldi: Yr10/6 Avocet × Grom – 5,4%, Yr15/6 Avocet × Grom – 4,7%, Yr15/6 Avocet × Krasnodarskaya-99 – 4% va Yr10/6 Avocet × Krasnodarskaya-99 – 3,96%.

**Kalit so‘zlar:** Yumshoq bug‘doy, bekkross, hosildorlik, sariq zang kasalligi, irsiylanish.

#### INHERITANCE OF YELLOW RUST RESISTANCE TRAIT IN BACKCROSS GENERATIONS OF SOFT WHEAT

B.O. Ochilov, X.S. Turaqulov, B.X. Chiniqulov, S.K. Meliev, M.R. Mardanova, I.S. Aytenov, S.M. Isoqulov

The article presents a phenotypic assessment of yellow rust resistance inheritance in backcross populations during the development of wheat varieties resistant to this disease, from the  $BC_1F_1$  generation to the  $BC_4F_1$  generation. Based on the phenotypic evaluation results of  $BC_4F_1$  hybrid generations, the proportion of plants resistant to yellow rust among the total number of plants was as follows: Yr10/6 Avocet × Grom – 5,4%, Yr15/6 Avocet × Grom - 4.7%, Yr15/6 Avocet × Krasnodarskaya-99 - 4%, and Yr10/6 Avocet × Krasnodarskaya-99 – 3,96%.

**Key words:** soft wheat, backcross, yield, yellow rust, inheritance.

## МУНДАРИЖА

О‘zbekistonda o‘sadigan Boraginaceae oilasiga mansub o‘simliklarning ayrim turlaridagi flavonoidlar va vitaminlar .....	3
R.M. Ruzibaeva, A.D. Matchanov, S.F. Aripova	
<i>Astragalus pterocephalus</i> ning suvda eruvchi polisaxaridlarning prebiotik faolligi .....	8
M.A. Agzamova, M. Kh. Malikova	
Janubiy Orolqumda tarqalgan <i>Nitraria schoberi</i> L. kallus to‘qimalarini ko‘paytirish va tuzli ozuqa muhitida regenerant o‘simliklar olish .....	13
G.I. AMANOVA, X.U. XALBEKOVA, U.J. ISHIMOV, J.F. ZIYAVITDINOV	
Gamma нурланиш таъсирида олинган <i>Rhodococcus qingshengii-RQ07-3/2-M3</i> мутант штаммининг тўлиқ геноми кетма-кетлиги .....	18
A.A. Махсумханов, Б.Х. Алимова, О.М. Пулатова, М.М. Назиров, Ф.В. Қобилов, Ш.Т. Саъдуллаев, Бо Ю, К.Д. Давранов	
Спектрнинг кўк зонасида УФ-С ва атроф-муҳитнинг УФ-В нурларининг таъсирида <i>Dunaliella salina IPPAS D-294</i> сувўтининг фототопотаксиси.....	24
A.P. Джалилова, Л.М. Сулейманова, И.И. Алиев, Х.Х. Магеррамова	
О‘zbekistonning Namangan viloyatidagi kamyob va yo‘qolib ketish xavfi ostida bo‘lgan umurtqali hayvonlar turlarining zamonaviy holati.....	29
Y.A. Bykova, T.V. Abduraupov, M.A. Gritsyna, A.V. Yesipov, Sh.I. Dehqonov	
Фарғона вилояти шароитида Cicadellidae оиласи, <i>Macrosteles fieber</i> авлодига кировчи саратонларнинг фаунасини мониторинги.....	36
A.G. Kojevnikova	
Yumshoq bug‘doyning bekkross avlodlarida sariq zang kasalligiga chidamlilik belgisining irsiylanishi .	42
B.O. Ochilov, X.S. Turaqulov, B.X. Chiniqulov, S.K. Meliev, M.R. Mardanova, I.S. Aytenov, S.M. Isoqulov	

## СОДЕРЖАНИЕ

Флавоноиды и витамины некоторых видов растений семейства Boraginaceae, произрастающих в Узбекистане .....	3
Р.М. Рузибаева, А.Д. Матчанов, С.Ф. Арипова	
Пребиотическая активность водорастворимых полисахаридов <i>Astragalus pteroccephalus</i> .....	8
М.А. Агзамова, М.Х. Маликова	
Культивирование каллусной ткани <i>Nitraria schoberi</i> L., распространенной в Южном Аралкуме, и получение регенерантов на солевых средах .....	13
Г.И. Аманова, Х.У. Халбекова, У.Ж. Ишимов, Ж.Ф. Зиявитдинов	
Полногеномное секвенирование и характеристика мутантного штамма <i>Rhodococcus qingshengii-RQ07-3/2-M3</i> .....	18
А.А. Махсумханов, Б.Х. Алимова, О.М. Пулатова, М.М. Назиров, Ф.В. Қобилов, Ш.Т. Саъдуллаев, Бо Ю, К.Д. Давранов	
Фототопотаксис зеленой водоросли <i>Dunaliella salina</i> IPPAS D-294 под воздействием УФ-С и УФ-В радиации окружающей среды в синей области спектра.....	24
А.Р. Джалилова, Л.М. Сулейманова, И.И. Алиев, Х.Х. Магеррамова	
Современное состояние редких и находящихся под угрозой исчезновения видов позвоночных животных Наманганской области Узбекистана .....	29
Е.А. Быкова, Т.В. Абдураупов, М.А. Грицына, А.В. Есипов, Ш.И. Дехконов	
Мониторинг фауны цикадовых семейства Cicadellidae рода <i>Macrosteles fieber</i> в Ферганской долине .....	36
А.Г. Кожевникова	
Наследование признака устойчивости к желтой ржавчине в бэккроссных поколениях мягкой пшеницы.....	42
Б.О. Очилов, Х.С. Тўракулов, Б.Х. Чиникулов, С.К. Мелиев, М.Р. Марданова, И.С. Айтенов, С.М. Исокулов	

## CONTENTS

Flavonoids and vitamins of some species of plants of the family Boraginaceae growing in Uzbekistan ....	3
R.M. Ruzibaeva, A.D. Matchanov, S.F. Aripova	
Prebiotic activity of water-soluble polysaccharides of <i>Astragalus pterocephalus</i> .....	8
M.A. Agzamova, M. Kh. Malikova	
Regeneration of plants from callus tissue of <i>Nitraria schoberi</i> L. native to the Southern Aral Sea region on saline media .....	13
G.I. Amanova, Kh.U. Xalbekova, U.J. Ishimov, J.F. Ziyavitdinov	
Whole genome sequence of the mutant strain <i>Rhodococcus qingshengii-RQ07-3/2-M3</i> obtained by gamma irradiation .....	18
A.A. Makhsumkhanov, B.Kh. Alimova, O.M. Pulatova, M.M. Nazirov, F.B. Kobilov, Sh.T. Sa'dullayev, Bo Yu, K.D. Davranov	
Phototaxis of the green algae <i>Dunaliella salina</i> IPPAS D-294 under the influence of UV-C and environmental UV-B radiation in the blue region of the spectrum.....	24
A.R. Jalilova, L.M. Suleymanova, I.I. Aliev, Kh.Kh. Maqerramova	
Current status of endangered species of vertebrates in the Namangan region of Uzbekistan .....	29
E.A. Bykova, T.V. Abduraupov, M.A. Gritsina, A.V. Esipov, Sh.I. Dehqonov	
Monitoring of the fauna of cicadas of the cicadellidae family of the genus <i>Macrosteles fieber</i> in the Fergana valley .....	36
A.G. Kozhevnikova	
Inheritance of yellow rust resistance trait in Backcross generations of soft wheat .....	42
B.O. Ochilov, X.S. Turaqulov, B.X. Chiniqulov, S.K. Meliev, M.R. Mardanova, I.S. Aytenov, S.M. Isoqulov	

Правилами оформления статей для Узбекского биологического журнала  
и статьями вышедших номеров можно ознакомиться на сайте: <http://www.ubj.academy.uz>

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации  
Республики Узбекистан 22.12.2006  
Регистрационный номер 0052.

Телефон редакции журнала (+998)71 232 11 81, (+998) 90 915 13 73.

Адрес редакции:  
100047, Ташкент, ул. Я. Гулямова, 70.

На обложке:

Олмабош  
Красноносый нырок  
Red-crested pochard  
*Netta rufina* (Pallas, 1773)