



Научный журнал

ЭКОСИСТЕМЫ

Флора
и фауна

Биоценология

Биология
и экология
видов

Охрана
природы



ВЫПУСК

11 (41)

2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО

ЭКОСИСТЕМЫ

ВЫПУСК 11 (41) • 2017

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ • ОСНОВАН В 1979 ГОДУ • ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД • СИМФЕРОПОЛЬ

ISSN 2414-4738

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ №ФС77-61820 от 18 мая 2015 г.
Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Печатается по решению Ученого совета Крымского федерального университета
имени В. И. Вернадского, протокол № 5 от 22 июля 2017 г.

В данном специальном выпуске журнала публикуются материалы исследований по изучению флоры, фитоценозов, экологии и биологии видов и охране растительного мира, которые Данный выпуск журнала посвящен известному ботанику, лесоводу, доктору биологических наук, профессору Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского Василию Григорьевичу Мишневу.

Редакционный совет журнала

Главный редактор

Чуян Е. Н., д. б. н., профессор

Редакторы

Иванов С. П., д. б. н., профессор

Котов С. Ф., к. б. н., доцент

Технический редактор

Сволынский А. Д., к. б. н.

Ответственный секретарь

Николенко В. В., к. б. н.

Члены редакционного совета

Багрикова Н. А., д. б. н.

Бескаравайный М. М., к. б. н.

Болтачёв А. Р., к. б. н.

Будашкин Ю. И., к. б. н.

Воронин Л. В., д. б. н., доц.

Довгаль И. В., д. б. н.

Ена А. В., д. б. н., профессор

Ермаков Н. Б., д. б. н.

Захаренко Г. С., д. б. н., профессор

Ивашов А. В., д. б. н., профессор

Коба В. П., д. б. н., профессор

Коношенко С. В., д. б. н., профессор

Кореньюк И. И., д. б. н., профессор

Корженевский В. В., д. б. н., профессор

Оберемок В. В., к. б. н., доцент

Репецкая А. И., к. б. н., доцент

Симагина Н. О., к. б. н., доцент

Гемурьянц Н.А. д. б. н., профессор

Адрес редакции: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологии, пр. Академика Вернадского, 4, Симферополь, 295007.

E-mail: ekotmu@list.ru

Полнотекстовые версии статей последних выпусков журнала в формате PDF и правила для авторов размещены на официальном сайте журнала по адресу: <http://ekosystems.cfuv.ru/>
Оригинал-макет: А. Д. Сволынский.

На обложке: Цветение крестовника прибрежного – *Jacobaea maritima* (L.) Pelsler et Meijden subsp. *maritima* (Южный берег Крыма. Заповедник Мыс Мартыан). Фото С. Е. Садогурского.

Подписано в печать 25.08.2017. Формат 210×297. Бумага офсетная. Печать – ризографическая. Усл. п. л. 6,7. Тираж 50
Бесплатно

Дата выхода в свет «_____» _____ 20__ г.

Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности КФУ: 295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

УДК: 582.284 (477.75)

ЗАНОСНЫЕ ВИДЫ МИКОБИОТЫ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА: МАКРОМИЦЕТЫ

Саркина И. С., Багрикова Н. А.

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
Ялта, Республика Крым, Россия, maslov_ivan@mail.ru, nbagrikov@mail.ru

Приведены семь заносных видов макромицетов, обнаруженных на Южном берегу Крыма (ЮБК) в течение 1987–2017 гг. По экологическому статусу все виды являются гумусовыми сапротрофами. Основным признаком заносного характера является их распространение преимущественно или исключительно в искусственно созданных биотопах. Пять видов (*Clathrus ruber*, *Battarraea phalloides*, *Geopora arenosa*, *G. summeriana*, *Myriostoma coliforme*) успешно натурализовались и являются устойчивыми компонентами культурфитоценозов ЮБК, три из них (*C. ruber*, *B. phalloides*, *M. coliforme*) могут расти также в слабо нарушенных природных биотопах. *Leucosporinus birnbaumii* произрастает исключительно в закрытом грунте.

Ключевые слова: макромицеты, заносные виды, Южный берег Крыма.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития общества, интенсификации процессов трансформации природных экосистем внедрение заносных видов растений, животных и других представителей биоты на новые для них территории признается одной из наиболее серьезных угроз биологическому разнообразию. Начиная с середины XX века, виды-вселенцы не только существенно повлияли на аборигенные виды и экосистему, но в ряде случаев поставили под угрозу безопасность существования и устойчивого развития целых регионов и стран (Дгебуадзе, 2011). Поэтому особое место в международных и национальных конвенциях, форумах, совещаниях занимают статьи и решения, касающиеся контроля инвазий чужеродных видов. Для Российской Федерации, учитывая чрезвычайно большую территорию и разнообразие природных условий, разработка Стратегий сохранения биоразнообразия и нивелирования отрицательного воздействия биологических инвазий, наиболее оправдана на региональных уровнях. Для Крымского полуострова, расположенного в южной части Восточной Европы, проблема предотвращения последствий биологических инвазий является одной из приоритетных, так как, с одной стороны, это регион, хозяйственное освоение которого началось несколько тысячелетий назад. С другой стороны, разнообразие природных условий способствует естественному проникновению чужеродных видов. И с третьей стороны, интродукция инородных растений и животных, связанная с интенсивным освоением юга России с конца XVIII века, сегодня привела к формированию устойчивых популяций чужеродных видов в составе природных и созданных человеком экосистем. Основанием для регионального подхода в изучении биоинвазий, в частности, являются данные о том, что в список ста наиболее опасных инвазионных видов растений из 24 общих для всех 25 регионов Российской Федерации включены единичные виды, имеющие на территории Крыма наивысший статус инвазительности (Виноградова и др., 2015).

Южный берег Крыма (ЮБК) выделяется среди других районов полуострова, так как здесь расположены многочисленные парковые и другие насаждения, основу которых составляют виды-интродуценты, введенные в культуру благодаря деятельности одного из старейших в Восточной Европе центров по интродукции и акклиматизации растений – Никитского ботанического сада, основанного в 1812 году. В настоящее время из 10 тыс. испытанных интродуцентов не менее 300 древесно-кустарниковых видов используются в озеленении южнобережных ландшафтов, при этом для 147 видов отмечено самовозобновление в искусственных и природных экосистемах полуострова (Багрикова, 2014). Сегодня мировым сообществом признано, что ботанические сады и дендропарки

Европы (Heywood, Sharrock, 2013), стран СНГ (Виноградова, 2015), Украины (Бурда и др., 2014), действуя в рамках разработанных в них «Кодексов управления инвазионными чужеродными видами растений», могут внести ощутимый вклад в борьбу против биологических инвазий и при успешной реализации прописанных в «Кодексах» мероприятий, можно будет обойтись без введения формальных законодательных актов. Необходимость и актуальность изучения биоинвазий красной строкой прописана во многих Постановлениях РФ, в том числе в приказе Министерства природных ресурсов России «Об утверждении стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов» (2004).

Одна из основных задач при изучении биологических инвазий – инвентаризация состава видов-вселенцев и оценка их воздействия на состояние различных экосистем. Что касается микобиоты, то ранее отмечались некоторые заносные для Крыма виды грибов (Дудка, Исигов, 1998; Маслов и др., 1998; Дудка та ін., 2004; Саркина, 2006, 2014а, б; Интродукция и селекция ..., 2015).

Цель работы – обобщить ранее опубликованные и новые данные о видовом составе и особенностях распространения заносных видов макромицетов в естественных, искусственно созданных и антропогенно преобразованных биотопах Южнобережья Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили маршрутным методом в естественных и искусственно созданных биотопах Ялтинского, Алуштинского и Феодосийского городских округов на протяжении 30 лет (1987–2017 гг.). В целом было зарегистрировано более 200 экземпляров заносных видов макромицетов в более чем в 50 биотопах.

Методика сбора и обработки материала отвечала общепринятым подходам к изучению макроскопических грибов (макромицетов) как компонентов растительных сообществ (Бондарцев, Зингер, 1950; Васильева, 1959). Для свежих карпофоров составлялись анкеты-описания с указанием характерных диагностических макропризнаков. Исследование морфологии плодовых тел и микроструктур осуществлялось на световом микроскопе МБИ-11.

Названия макромицетов приводятся согласно Index Fungorum (www.indexfungorum.org), названия высших растений – согласно International Plant Name Index (IPNI).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В природных, искусственно созданных или антропогенно преобразованных биотопах Южнобережья к настоящему времени выявлено семь видов макромицетов, которые можно считать заносными для указанного региона. Они приведены ниже в алфавитном порядке с указанием общего ареала, степени редкости, численности популяций, времени и динамики плодоношения.

***Battarrea phalloides* (Dicks.) Pers. – Батгаррея весёлковая (Agaricaceae, Agaricales).** Гумусовый сапротроф. Космополит, распространён в Европе, Азии, Южной и Северной (преимущественно в западных регионах) Америке, Африке, Австралии, но везде редок – по некоторым оценкам, популяция *B. phalloides* в мире в целом в настоящее время составляет менее 5000 экземпляров. Субпопуляции, как правило, имеют низкую численность. Включен в Красные списки Армении, Австрии, Чехии, Франции, Германии, Венгрии, Польши, Испании и Великобритании.

Реликт мелового периода. Термофильный ксерофитный вид. Растет на глинистой и песчаной почве в сухих степях, реже песчаных пустынях, в ксерофитных редколесьях, рядом со старыми полами стволами деревьев, под кустами в песчаных дюнах, на каменистых склонах с незначительным травянистым покровом, на песчаных берегах рек, в галофитных дюнных экотопах и речных эстуариях, в антропогенных экотопах – вдоль песчаных дорожек

со старыми деревьями и живыми изгородями, на «растительном мусоре» или в свалках в степной растительности.

В России встречается в Республиках Алтай, Бурятия, Дагестан, Калмыкия, Тыва, в Алтайском, Красноярском, Ставропольском краях, в Астраханской, Волгоградской, Воронежской, Новосибирской, Саратовской областях, однако известно не более 20 находок. Включен в восемь региональных Красных книг. В Ростовской области растёт на разных типах почв (чернозёмной, глинистой и песчаной), в степях, на залежах, старых фермах и стоянках скота в местах с большим количеством гумифицированной органики (Красная книга Ростовской обл., 2014).

Ранее этот вид приводился для Южнобережья Крыма другими авторами (Дудка та ін., 2004), нами учет образования базидиом *B. phalloides* проводится на ЮБК с 2013 года. Образование базидиом наблюдалось в июле, августе, сентябре, октябре, в отдельные годы – в декабре (Саркина, 2014а). По приуроченности к экотопам находки можно разбить на три группы. В парках вид растёт под кипарисами (*Cupressus* L.) (Никитский ботанический сад, далее НБС) и биотой восточной (*Biota orientalis* (L.) Endl.) (биостанция Карадагского заповедника). В селитебных зонах вид зарегистрирован в антропогенно нарушенных местообитаниях (бывшая теплица, окраина спортплощадки, свалка у заброшенного парка) под кипарисами и кедром атласским (*Cedrus atlantica* (Endl.) G.Manetti ex Carrière) (пгт Гурзуф) и в посадках кипарисов (городской округ Алушта). Во всех случаях вид рос на плотной глинистой почве со слоем опада из хвои. В нарушенных природных сообществах вид найден лишь один раз в юго-восточной части территории Международного детского центра «Артек», в районе очистных сооружений. Это совершенно другой тип экотопа, который мы приводим более подробно: пологий склон юго-восточной экспозиции, в ксерофитное редколесье со средиземноморской растительностью из фисташки туполистной (*Pistacia mutica* Fisch. et C.A.Mey.), дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.), можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.), ясеня узколистного (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), под можжевельником высоким, 12 экз., локально, группой, 11.07.2017 г.

Произрастание *B. phalloides* под можжевельником высоким до настоящего времени было известно только в Македонии – на о. Голем Град на озере Преспа. Эта популяция считается самой крупной в мире – около 100 плодовых тел. Остров Голем Град – это незаселенная территория площадью 18 га, расположенная в озере Преспа, на высоте около 1000 м н. у. м., *Juniperus excelsa* является доминирующим видом леса на острове, образует хорошо развитый и старый тип леса. Преобладающим лесным сообществом на острове является *Biagio tenuifoliae-Juniperetum excelsae*, широко известный как можжевельниковый греческий лес. *B. phalloides* растёт здесь на песчаной почве с большой концентрацией гуано бакланов (*Phalacrocorax* sp.), колония которых обитает и гнездится на острове. Эти уникальные условия, видимо, очень благоприятны для развития вида (Martin et al., 2013).

***Clathrus ruber* P. Micheli ex Pers. – Решётчатник красный (Phallaceae, Phallales).** Гумусовый сапротроф. Термофильный гигромезофитный вид. Общее распространение: Европа (главным образом Средиземноморье, побережье Черного моря), Азия, Северная Америка, Северная Африка, Новая Зеландия. Северная граница ареала на территории бывшего СССР проходит по Южному берегу Крыма и Закавказью. В то же время имеются данные о возможности антропогенного распространения *C. ruber* в более северные регионы путем заноса вместе с почвой его спор и мицелия. Распространение в России: Европейская часть (в Ботанических садах и оранжереях Ленинградской и Московской обл.); Северный Кавказ, Краснодарский край, Крым. Растёт в широколиственных лесах из дуба (*Quercus* L.) и граба (*Carpinus* L.), сообществах сосны пицундской (*Pinus brutia* Ten.), на опушках различных широколиственных и смешанных лесов, в парках, садах, нередко с почвой заносится в теплицы и оранжереи.

Вид с дизъюнктивным ареалом и малочисленными популяциями. Включён в Красную книгу Российской Федерации (2008), а также в региональные Красные книги: Калужской области, Краснодарского края, Республики Адыгея, Республики Северная Осетия-Алания, в том числе Республики Крым (2015).

Подробный анализ распространения *C. ruber* на Южнобережье, обобщающий данные 1993–1998 гг., был сделан И. А. Дудкой и В. П. Исиковым (1998). Ими отмечено, что в благоприятные по гидротермическим условиям годы общее количество плодовых тел вида на ЮБК составляет около 500 экземпляров. Нами учет образования базидиом *C. ruber* проводится на ЮБК с 1987 года (Маслов и др., 1998; Дудка та ін., 2004; Саркина, 2014а; Интродукция ..., 2015). В целом, плодовые тела *C. ruber* на ЮБК были преимущественно обнаружены в условиях разреженных насаждений старых парков или лесопарковых зон на границе естественной лесной и культурной парковой растительности и локализованы в районе Большой Ялты. Многократные находки сделаны также в той или иной степени нарушенных естественных или антропогенно преобразованных фитоценозах: у троп в можжевельново-дубовом лесу природного заповедника «Мыс Мартыан», на старых строительных отвалах, садово-огородных участках. В естественных растительных сообществах вид был зарегистрирован несколько раз: в шибляковых сообществах Ялтинского и Алуштинского городских округов и в сосновом лесу над Ялтой (гора Лапата, около 400 м н.у.м.). Сроки появления базидиом различны, преимущественно с мая по октябрь, иногда в апреле и ноябре. Образование базидиом носит в основном метеорный характер, однако следует отметить и устойчивую популяцию вида в роще бамбука (*Phyllostachys viridis* (R.A.Young) McClure) в Верхнем парке НБС, где плодовые тела образуются ежегодно, а в благоприятные годы 2–3 раза в течение теплого периода года.

***Leucoagaricus americanus* (Peck) Vellinga [*Leucocoprinus bresadolae* (Schulzer) Wasser]** – **Белошампиньон американский (Agaricaceae, Agaricales)**. Гумусовый сапротроф. Отмечен по всей Европе, за исключением бореальных, горных и альпийских зон, но не распространен (not common), возможно тропического происхождения. Чаще встречается в Средиземноморье. В России известен в Приморском крае Дальнего Востока. Растет в парках, садах, во дворах, на почве среди травы, на кучах опилок, изредка в широколиственных или смешанных лесах на гнилой древесине лиственных деревьев.

На Южнобережье к настоящему времени известна одна находка: НБС, Верхний парк, выставочный участок хризантем (возле стеклянной «Стевеновской» теплицы), на куче опилок, группой из четырех сросшихся основаниями ножек экземпляров (Саркина, 2014а). Несмотря на единичную находку, можно с достаточной уверенностью причислить этот вид к заносным, опираясь на сведения о распространении в мире и в России, особенности биологии и наши данные.

***Leucocoprinus birnbaumii* (Corda) Singer** – **Белонавозник Бирнбаума (Agaricaceae, Agaricales)**. Гумусовый сапротроф. Распространен в тропиках и субтропиках, известен также для наиболее теплых областей умеренной зоны. Растет в лиственных и хвойных лесах, особенно в зонах с нарушенными землями (пути и т. д.); в садах, на лужайках и в других окультуренных местах (часто вокруг пней). Для микобиоты России, включая ее южную часть и Крым, является адвентивным, не встречается в естественных условиях и в открытом грунте.

Базидиомы *L. birnbaumii* наблюдались с 2001 г. в кактусовой оранжерее НБС, где были зарегистрированы в экспозиции суккулентов и на стеллажах с посадочным материалом, одиночно и группами до 50 экземпляров. Массовые плодоношения вида наблюдались в июне – сентябре 2001, 2003, 2006 и 2007 гг., причем в 2003 и 2006 гг. – 2–3 раза в течение указанного периода, в остальные годы наблюдений образование базидиом происходило эпизодически (Саркина, 2006, 2014а). В свое время С.П. Вассер высказал предположение, что «возможно его нахождение в открытом грунте в Крымской области в Никитском ботаническом саду, где произрастает большое количество тропических и субтропических растений» (Вассер, 1978, с. 213), однако оно не подтвердилось результатами наших многолетних наблюдений.

***Myriostoma coliforme* (Dicks.) Corda** – **Мириостома ситовидная (Geastraceae, Geastrales)**. Гумусовый сапротроф. Единственный вид монотипного рода *Myriostoma* Desv. Широко распространён в умеренной и субтропической зоне Северного полушария. Встречается в Северной и Южной Европе, включая южную Англию; в Афганистане, Иране, Пакистане, Индии, ЮАР, Бразилии, на Гавайях и в Австралии, где мог быть

интродуцирован. Растет в лиственных и смешанных лесах, садах, вдоль живых изгородей и травянистых речных берегов, на лугах под выпасом. Повсеместно редок, в пределах ареала встречается спорадически и с небольшой численностью популяций. Включен в Дополнение к Бернской Конвенции (Datasheets ..., 2001), в Красные книги 18 европейских государств, в Приложение к Красной книге России (2008) – «Перечень таксонов растений и грибов, которые нуждаются в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге».

В России встречается в южных регионах Европейской части, на Северном Кавказе. Отмечен для Астраханской, Белгородской, Волгоградской, Ростовской и Саратовской областей, Краснодарского и Ставропольского краев, в Калмыкии. В Ростовской области растёт в лиственных лесах и лесопосадках, иногда на старых залежах, выгонах (Красная книга Ростовской обл., 2014).

На Южном берегу Крыма практически все находки сделаны в старых парках (Дудка та ін., 2004). Нами с 1996 года наблюдается в парках НБС, где периодически образует базидиомы в летне-осенний период в сообществах интродуцентов, единично и группами (Саркина, 2014а). В слабонарушенных растительных сообществах *M. coliforme* зарегистрирована в заповеднике «Мыс Мартыан», в дубово-грабинниковом сообществе с участием можжевельника высокого в пограничном экотопе на границе природной растительности и территории с заброшенными парниками лекарственных, пряноароматических и эфиромасличных растений (Саркина, 2014б). В естественных растительных сообществах к настоящему времени зарегистрирована лишь один раз – в дубовом лесу с участием граба и бука, над «Гурзуфскими озерами», 05.07.2015 г.

***Geopora arenosa* (Fuckel) S. Ahmad [syn. *Sepultaria arenosa* (Fuckel) Boud.]** – **Геопора песчаная (Pyronemataceae, Pezizales)**. Гумусовый сапротроф. Вид распространен преимущественно в Центральной и Южной Европе, где часто встречается на песчаных дюнах и карьерах или рядом с водохранилищами, созданными при добыче песка. В природных лесных сообществах встречается на горячих.

На ЮБК *G. arenosa* распространена в парках, где ассоциирована с кипарисом вечнозеленым (*Cupressus sempervirens* L.). Растет в кипарисовых аллеях на толстом слое опавшей хвои, иногда на гравийно-песчаных дорожках, регулярно образует плодовые тела в марте – апреле. Является типичным компонентом старых парков Южного бережья (Саркина, 2014а).

***Geopora sumneriana* (Cooke) M. Torre** – **Геопора Самнера (Pyronemataceae, Pezizales)**. Гумусовый сапротроф. Этот вид распространен преимущественно в Центральной Европе – в районах произрастания кедра (*Cedrus* Mill.).

На ЮБК *G. sumneriana* распространена в парках, где ассоциирована с кедром гималайским (*Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don). Растет в рощах кедра одиночными экземплярами или тесно расположенными группами, иногда образующими «дорожки» или «пятна». Плодовые тела образует регулярно, преимущественно в марте – апреле, в теплые зимы – с февраля. Так же, как и *G. arenosa*, является типичным компонентом старых парков Южного бережья (Саркина, 2014а). Кроме парковых сообществ, встречается под кедром на старых кладбищах. Зарегистрирована также в лесокультуре кедра в Ливадийском лесничестве Ялтинского горно-лесного заповедника.

Таким образом, к настоящему времени наиболее исчерпывающие сведения о распространении на ЮБК получены для трех видов макромицетов: *Battarrea phalloides*, *Clathrus ruber* и *Leucocoprinus birnbaumii*. Для *Myriostoma coliforme*, *Geopora arenosa* и *G. sumneriana* имеются достаточные данные об их распространении в парках Южного бережья, а в природных сообществах известны пока только единичные находки. Для *Leucoagaricus americanus* известна одна находка – в НБС. Исключение составляет *Leucocoprinus birnbaumii*, который в открытом грунте не встречается. Все виды являются термофильными. Природные ареалы *Clathrus ruber* и *Leucoagaricus americanus* – преимущественно тропики и субтропики (гигромезофитные виды), *Leucocoprinus birnbaumii* – исключительно тропики, *Myriostoma coliforme* распространена в умеренной и субтропической зонах Северного полушария (гигромезофитный вид), *Geopora arenosa* и *G. sumneriana* – в Центральной и

Южной Европе (ксеромезофитные виды), *Battarrea phalloides* – космополит (ксерофитный вид).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные позволяют говорить о заносном характере семи видов. Основным признаком, позволяющим считать данные виды чужеродными, является образование ими плодовых тел преимущественно или исключительно в искусственно созданных биотопах. По экологическому статусу все они являются термофильными гумусовыми сапротрофами.

Все приведенные виды имеют узколокальные малочисленные популяции. Пять из приведенных видов (*Clathrus ruber*, *Battarrea phalloides*, *Geopora arenosa*, *G. sumneriana*, *Myriostoma coliforme*) успешно натурализовались и являются устойчивыми компонентами культурфитоценозов Южного бережья, три из них (*C. ruber*, *B. phalloides*, *M. coliforme*) могут расти также в слабонарушенных природных биотопах. Для *Clathrus ruber*, *Battarrea phalloides*, *Geopora arenosa* и *G. sumneriana* зарегистрированы популяции с постоянной локализацией плодовых тел, образование базидиом у остальных видов носит метеорный характер.

Благодарности. Авторы признательны И. И. Маслову, С. Ю. Костину, А. В. Ене, Т. В. Белич, Л. П. Мироновой, А. Л. Сергеенко, Р. С. Кветкову, А. В. Фатерыге, С. И. Маслову, С. С. Соколовскому, В. Коробанову, А. Рыфф, А. Алешину и многим другим коллегам за предоставленные сведения и образцы грибов.

Список литературы

- Багрикова Н. А. Интродукция древесных и кустарниковых растений в Никитском ботаническом саду и их натурализация на территории Крымского полуострова // Живые и биокосные системы. – 2014. – № 7. Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-7/article-9> (просмотрено 01.09.2017)
- Бондарцев А. С., Зингер Р. А. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. – 1950. – Сер. 2, вып. 6. – С. 499–543.
- Бурда Р. И., Приходько С. А., Куземко А. А., Багрикова Н. А. Кодекс поведения ботанических садов и дендропарков Украины по отношению к инвазивным чужеродным видам. – Киев-Донецк, 2014. – 20 с.
- Васильева Л. Н. Изучение макроскопических грибов (макромицетов) как компонентов растительных сообществ // Полевая геоботаника. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 1. – С. 378–398.
- Вассер С. П. Род Белонавозник – *Leucosporinus* Pat. (пор. Agaricales Clem.) в СССР // Новости систематики высших и низших растений 1977: Сборник научных трудов. – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 207–225.
- Виноградова Ю. К. (при участии V. H. Heywood и S. Shattock) Кодекс управления инвазивными чужеродными видами растений в ботанических садах стран СНГ. – М., ГБС РАН 2015. – 68 с.
- «Черная сотня» инвазивных растений России / Ю. К. Виноградова, Т. В. Акатова, О. А. Аненхонов и др. // Информационный бюллетень Совета ботанических садов стран СНГ при Международной ассоциации академий наук, 2015. – Вып. 4 (27). – С. 85–89.
- Дгебуадзе Ю. Ю. 10 лет исследований инвазий чужеродных видов в Голарктике // Российский журнал биологических инвазий. – 2011. – № 2. – С. 1–6.
- Дудка И. А., Исиков В. П. Решеточник красный (*Clathrus ruber* Pers.) в Крыму // Микол. и фитопатол. – 1998. – Т. 32, вып. 5. – С. 23–28.
- Грибы природных зон Крыма / И. О. Дудка, В. П. Гелюта, Ю. Я. Тихоненко и др. – Ин-т ботан. ім. М. Г. Холодного НАНУ. – Київ: Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с.
- Интродукция и селекция декоративных растений в Никитском ботаническом саду (современное состояние, перспективы развития и применение в ландшафтной архитектуре: Монография / под общей редакцией Ю. В. Плугатаря. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 432 с.
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. А. В. Ена и А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редколл.: Ю. П. Трутнев и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
- Красная книга Ростовской области / Министрство природных ресурсов и экологии Ростовской области: Издание 2-е. – Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области, 2014. – Т. 2. Растения и грибы. – 344 с.
- Маслов И. И., Саркина И. С., Белич Т. В., Садогурский С. Е. Аннотированный каталог водорослей и грибов заповедника «Мыс Мартъян». – Ялта, 1998. – 31 с.
- Об утверждении стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов (Приказ № 323 от 6 апреля 2004 г.). Режим доступа

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159411/efc7d3560f71426e044ea3cd2c0e34bb75ae75c8/
(Просмотрено: 06.10.2017).

Саркина И. С. Представители рода *Leucocoprinus* Pat. на Южном берегу Крыма // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 2006. – Вып. 93. – С. 12–14.

Саркина И. С. Напочвенные макромицеты парков Никитского ботанического сада // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2014а. – Вып. 5. – С. 45–60.

Саркина И. С. Новые виды микобиоты заповедника «Мыс Мартьян»: макромицеты // Труды Никитского ботанического сада. 2014б. – Т. 139. – С. 73–78.

Datasheets of threatened mushrooms of Europe, candidates for listing in Appendix 1 of the Convention (document establ. by J.-P. Koune). – Convention on the conservation of Europ. wildlife and natur. habitats, Strasbourg, 2001. – 43 p.

Heywood V. H. with Sharrock, S. European Code of Conduct for Botanic Gardens on Invasive Alien Species. – Council of Europe, Strasbourg, Botanic Gardens Conservation International. – Richmond. 2013. – 64 p.

International Plants Name Index. Режим доступа: <http://www.ipni.org/> (Просмотрено 8.10.2017).

Martin M. P., Rusevska K., Duenas M., Karadelev M. *Battarrea phalloides* in Macedonia: genetic variability, distribution and ecology // Acta Mycologica. – 2013. – Vol. 48 (1). – P. 113–122.

Sarkina I. S., Bagrikova N. A. Aliens species of mycobiota on Southern Coast of the Crimea: macromycetes // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 3–9.

There are presented seven alien species of macromycetes, that were discovered on the Southern Coast of the Crimea in the years 1987–2017. All the species are mould saprotroph by the ecological occasion. The main indication of a anthropogeneous character is their outspread mostly or entirely in artificially created biotopes. Five species (*Clathrus ruber*, *Battarrea phalloides*, *Geopora arenosa*, *G. sumneriana*, *Myriostoma coliforme*) have been naturalized successfully and are stabilized components of the Souherrn Crimean Coastal cultural phytocenoses, and three of them (*C. ruber*, *B. phalloides* u *M. coliforme*) can grow in feebly breached natural biotopes. *Leucocoprinus birnbaumii* grows entirely in a covered soil.

Key words: macromycetes, alien species, Southern coast of the Crimea.

Поступила в редакцию 09.09.2017 г.

УДК 630*434:582.475.4(477.75)

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ КРЫМСКОЙ В ПОСТПИРОГЕННЫЙ ПЕРИОД

Коба В. П.

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта, Республика Крым, Россия, kobavp@mail.ru

Рассмотрены особенности процесса естественного восстановления лесных насаждений в Горном Крыму в пост пирогенный период. Показано, что первые 2–3 года после прохождения пожара под пологом погибших деревьев формируются достаточно благоприятные условия для возобновления коренных древостоев.

Ключевые слова: коренные древостои, пожары, восстановление, условия произрастания, Горный Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность человека оказывает значительное влияние на облик лесов, нарушает сложившиеся в ходе развития экосистем звенья биологического круговорота, заметно влияет на интенсивность протекающих биопродукционных процессов (Евдокименко, 2011). В условиях Горного Крыма наибольшее значение в этом плане имеют антропогенно обусловленные пожары. Влияние пожаров на древесные растения, специфика развития лесных биоценозов, подвергшихся воздействию огня, рассматриваются во многих работах. Однако одной из наиболее важных проблем оценки эффективности процессов семенного возобновления насаждений в постпирогенный период, является анализ природных механизмов, обеспечивающих восстановление коренных древостоев, поврежденных огнем.

В последние десятилетия частота прохождения катастрофических пожаров в лесных насаждениях на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор существенно увеличилась. При этом, как самые тяжелые последствия крупных пожаров последних десятилетий, следует выделить неудовлетворительное естественное возобновление, глубокую трансформацию видовой и экологической структуры лесных биоценозов.

Целью исследований являлось изучение особенностей восстановления коренных древостоев на горельниках в связи с динамикой условий произрастания в постпирогенный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение процессов естественного возобновления древостоев сосны крымской проводили в насаждениях южного макросклона Главной гряды Крымских гор на территории горельников. Динамику процессов восстановления коренных насаждений изучали, используя общепринятые в лесоводстве и геоботанике методики (Анучин, 1982; Мелехов, 1980). Участки, на которых проводили наблюдения, имеют следующие эдафические и орографические характеристики: бурые глинисто-щебенчатые выщелоченные и слабоподзоленные почвы на карбонатных породах; экспозиция и уклон на Никитском хребте ЮВ, 10–15°, на хребте Иограф – Ю, 20–25°. На территории горельников изучали особенности естественного семенного возобновления и эффективность лесохозяйственных мероприятий по искусственному восстановлению коренных насаждений. Пробные площади размером 2×2 м размещали на различных участках территории пожаров. На пробных площадях исследовали возрастную структуру и биометрические показатели семян, плотность их распределения. Оценивали эффективность развития самосева в связи с влиянием полога материнского древостоя. Динамику процессов воспроизводства коренных насаждений в связи с влиянием климатических факторов изучали, используя данные Никитской метеорологической станции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Статистика пожаров в лесах сосны на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор свидетельствует о том, что наиболее сильные пожары обычно происходят в конце лета или осенью. Семена сосны крымской полностью формируются и вызревают во второй половине лета, предшествующего сезону диссеминации. Поэтому не исключается участие в процессах семенного возобновления погибших в результате действия огня деревьев, на которых в год прохождения пожара имелись шишки. По данным С. Н. Санникова (1983), в шишках сосны обыкновенной после прохождения верхового пожара сохраняется 4 % живых семян.

Наши наблюдения показали, что в первые годы после пожара пологом погибшего древостоя появляется подрост, хотя его плотность относительно невысока, однако средняя высота сеянцев здесь почти на одну треть больше в сравнении с сеянцами под пологом живого леса. В условиях пустоши горельника большое влияние на процесс возобновления коренных древостоев оказывают орографические факторы. На крутых склонах южной экспозиции всходы сосны отмечались крайне редко, реализация единичных сеянцев в основном определялась особенностями нанорельефа, которые обеспечивали снижение нагрева поверхности почвы.

На пятый год после пожара под кронами сгоревшего древостоя в возрастной структуре подроста преобладали четырех- и пятилетние сеянцы – 46,2 % и 30,8 %, соответственно. Высокий процент всходов, появившихся в первые годы после прохождения верхового пожара, свидетельствует о том, что именно в этот период под пологом погибшего леса формируются наиболее благоприятные условия для восстановления коренных насаждений. В дальнейшем возможности реализации семенного возобновления существенно снижаются в связи с естественными процессами осветления, из-за опада веток и вывала отдельных погибших деревьев, что определяет ксерофитизацию условий произрастания и формирование травянисто-кустарникового яруса, в котором преобладают виды, препятствующие естественному возобновлению сосны. Несмотря на то, что плотность подроста под пологом горелого леса на изучаемых горельниках была сравнительно невысока, однако суммарный показатель (с учетом всех возрастных групп – 3,8 тыс. шт./га) с позиции лесокультурных норм вполне обеспечивал формирование полноценного древостоя.

Часть территории горелого леса, где проводились наблюдения за развитием процессов семенного возобновления, была пройдена санитарной рубкой (на третий год после пожара). Последующие исследования самосева на этих участках показали, что большая часть сеянцев при рубке горелых деревьев была уничтожена, плотность подроста составила 0,1 шт./м². Через пять лет после пожара здесь отмечались только 4-х и 5-ти летние сеянцы. Таким образом, более поздние сроки ликвидации горелых деревьев позволили реализоваться некоторой части самосева, рост и развитие которого в первые годы постпирогенного периода были обеспечены буферными свойствами древесного яруса.

Анализируя в целом экологические последствия проведения сплошных санитарных рубок на территории горельников, можно констатировать, что при удалении древесного яруса в биоценозе ликвидируется наиболее важная буферная структура, изначально определяющая возможность и направленность процессов возобновления существовавшего до пожара сообщества. Поэтому проводимые лесохозяйственные мероприятия по восстановлению древостоев сосны в Горном Крыму должны обеспечить положительный эффект, который перекрывал бы отрицательные явления, связанные с вмешательством в естественный ход процессов возобновления нарушенных древостоев.

Результативность процессов восстановления коренных насаждений зависит не только от плотности поступления семян, но и от действия комплекса факторов внешней среды, оказывающих влияние на развитие процессов семенного возобновления. В лесах горной местности восстановление нарушенных древостоев происходит более сложно и длительно (Сабан, 1982).

В условиях южного макросклона Главной гряды Крымских гор наблюдается определенная зависимость динамики процессов естественного восстановления древостоев, поврежденных огнем, от высоты местопроизрастания. Характер возрастной структуры свидетельствует о том, что большая часть насаждений сосны крымской на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор сформировались в результате двух последовательных событий – значительное изреживание древостоя с последующим семенным возобновлением.

В нижнем поясе восстановление древесного яруса начинается раньше и происходит более равномерно, это приводит к формированию относительно разновозрастных древостоев. В верхнем горном поясе возобновление коренных насаждений сосны крымской происходит в 2–3 раза медленнее, что связано с более жесткими эдафоорграфическими условиями: увеличение крутизны склонов, уменьшение содержания питательных веществ и толщины плодородного слоя почвы (Кочкин, 1967; Сабан, 1982). Более мощное, хотя и менее частое пирогенное воздействие здесь, также определяет повышенный уровень интенсивности деструктивных процессов в постпирогенный период. Поэтому процессы лесовозобновления в верхнем поясе в большей степени зависят от сочетания действия различных благоприятных факторов: семенной продуктивности выживших после прохождения пожара деревьев и древостоев, примыкающих к горельнику, а также динамики климатических факторов. Все это значительно влияет на возрастную структуру древостоев верхнего горного пояса, которые характеризуются относительной одновозрастностью.

ВЫВОДЫ

1. Успешность реализации процессов естественного возобновления сосны крымской на горельниках в значительной степени определяется динамикой условий произрастания в постпирогенный период. Ликвидация древесного яруса в ходе проведения сплошных санитарных рубок на территории горельников усиливает негативное действие лимитирующих факторов внешней среды.

2. В первые 2–3 года после прохождения пожара под пологом погибших деревьев формируются достаточно благоприятные условия для возобновления коренных древостоев. После проведения сплошных санитарных рубок и полной утраты средообразующей роли вида эдификатора происходит ухудшение условий произрастания, что снижает возможности семенного возобновления сосны крымской. Более поздние сроки вырубки деревьев, поврежденных огнем, позволяют реализоваться некоторой части самосева, рост и развитие которого в первые годы постпирогенного периода обеспечиваются буферными свойствами древесного яруса.

3. Процесс естественного восстановления древесного яруса в биоценозах сосны крымской в верхней части южного макросклона Главной гряды Крымских гор происходит в 2–3 раза медленнее в сравнении с нижней, что связано с повышенным уровнем деструктивных процессов в постпирогенный период, в следствие более мощного огневого воздействия и менее благоприятных эдафоорграфических условий.

4. В лесах верхнего пояса ядро древесного яруса формируется в периоды сочетания благоприятных явлений (семенная продуктивность, климатические факторы), что определяет относительную одновозрастность этих древостоев. В нижнем поясе, где лесорастительные условия более благоприятны, возобновление леса начинается раньше и происходит сравнительно равномерно, это приводит к формированию условно разновозрастных древостоев.

Список литературы

- Анучин Н. П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 512 с.
Евдокименко М. Д. Лесоэкологические последствия пожаров в светлохвойных лесах Забайкалья // Экология. – 2011. – № 3. – С. 191–196.

Кочкин М. А. Почвы, леса и климат Горного Крыма и пути их рационального использования // Труды Никитского ботанического сада. – М.: Колос, 1967. – Т. 38. – 368 с.

Мелехов И. С. Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 408 с.

Сабан Я. А. Экология горных лесов. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 168 с.

Санников С. Н. Циклически эрозионно-пирогенная теория естественного возобновления сосны обыкновенной // Экология. – 1983. – № 1. – С. 10–20.

Koba V. P. The Modern problems of forestrenewal on the burnt woods in Mountain Crimea // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 10–13.

The features of process of natural renewal of the forest planting are considered in Mountain Crimea in a post пирогенный period. It is shown that first 2–3 after passing of fire under пологом of the lost trees favourable enough terms are formed for proceeding in native stands.

Key words: native stands, fires, renewal, sprouting terms, Mountain Crimea.

Поступила в редакцию 05.10.2017 г.

УДК 502.753:581.52(477.75)

БИОТОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ВИДОВ ФЛОРЫ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Рыфф Л. Э.

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, Россия, ryffljub@ukr.net

Проанализировано биотопическое распределение 54 редких видов флоры Крыма, включенных в «Красную книгу Республики Крым» и «Красную книгу Севастополя». Установлено, что изученные виды произрастают в 44 крымских вариантах 30 европейских биотопов, кодированных согласно EUNIS habitat classification. Двадцать один таксон встречается только в одном местообитании, шесть – в четырех и более, остальные – в двух-трех. Обсуждаются достоинства и перспективы биотопического анализа флоры на основе иерархической системы биотопов.

Ключевые слова: редкие виды, Красная книга Республики Крым, Красная книга Севастополя, биотопы, EUNIS, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Глобальной стратегией сохранения растений (Глобальная ..., 2012) одной из приоритетных задач является охрана редких видов *in situ*, то есть непосредственно в местах их естественного произрастания. Для Крымского полуострова, с его небольшой, но очень разнородной в ландшафтном плане территорией, высоким уровнем биоразнообразия и эндемизма, а также существенным антропогенным воздействием на экосистемы, это природоохранное направление очень важно. Оно предполагает предварительную инвентаризацию местообитаний на единой методической основе. В то же время, научные разработки по систематизации биотопов Крыма находятся на начальном этапе и, несмотря на появление отдельных публикаций по этому вопросу (Биотопы ..., 2016), до составления всеобъемлющей и объективной классификации биотопов региона пока далеко.

Наиболее действенными из используемых в настоящее время инструментов охраны флоры служат международные, национальные и региональные Красные книги и списки. Но и в «Красной книге Республики Крым» (2015), и в готовящейся к изданию «Красной книге Севастополя», как и во многих других подобных проектах, принята произвольная авторская трактовка характеристики местообитаний. Для повышения эффективности мероприятий по охране редких видов и для успешного интегрирования Крыма в международную природоохранную систему необходим и неизбежен переход на общеевропейские принципы и критерии, в том числе при классификации биотопов. Официальным современным подходом к классификации местообитаний в Европе является EUNIS habitat classification (Davies et al., 2004). Поэтому актуальной, на наш взгляд, задачей является разработка классификации биотопов региона, совместимой с вышеуказанной, и наполнение ее фактической информацией, в том числе флористической и фитоценотической.

Целью данной работы является установление приуроченности некоторых редких видов флоры Крымского полуострова, включенных в «Красную книгу Республики Крым» и «Красную книгу Севастополя», к биотопам, систематизированным в соответствии с EUNIS habitat classification.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили отдельные виды сосудистых растений, включенные в «Красную книгу Республики Крым» (2015) и «Перечень (список) объектов растительного мира (растений, водорослей и грибов), занесенных в Красную книгу города Севастополя» (Перечень ..., 2016), а также биотопы, в которых они произрастают.

Латинские названия проанализированных видов растений размещены в алфавитном порядке. Номенклатура таксонов соответствует «Природной флоре Крымского полуострова» (Ена, 2012) за исключением *Avena clauda* Durieu, *Scrophularia exilis* Popl. и *Trigonella strangulata* Boiss, отсутствующих в этом издании либо представленных в виде других номенклатурных комбинаций. Коды и наименования биотопов (в переводе автора на русский язык с подчеркиванием) приводятся по EUNIS habitat classification (Davies et al., 2004) с максимально возможной на данном этапе степенью подробности. После двоеточия, как правило, даны крымские варианты указанных биотопов, пока не имеющие официальной кодировки на европейском уровне. Биотопы, получившие международный охраняемый статус в соответствии с Приложением I к Резолюции № 4 «Конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе» (Бернской конвенции) (Resolution ..., 1996), имеют пометку BC4.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Aira elegans Willd. ex Gaudin

E1.11 – Евро-Сибирская травянистая растительность на обломках скальных пород (BC4): термофильные пионерные сообщества однолетников-эфемеров и суккулентов на бедных щебенистых грунтах на обнажениях глинистых сланцев, магматических пород, роговиков и конгломератов Крыма.

E1.91 – Растительные сообщества мелких однолетников на выходах бескарбонатных пород (BC4): сообщества однолетников-эфемеров на бедных щебенистых почвах на обнажениях бескарбонатных пород в нижнем и среднем высотных поясах Горного Крыма.

H3.62 – Выветренные скалы и каменистые обнажения с разреженной растительностью: пионерные сообщества выветренных скал и каменистых обнажений бескарбонатных пород в Горном Крыму.

Allium nathaliae Seregin

H2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

H2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из конгломератов в Горном Крыму.

Arabis verna (L.) W. T. Aiton

E1.11 – Евро-Сибирская травянистая растительность на обломках скальных пород (BC4): пионерные несомкнутые сообщества на субгоризонтальных поверхностях известняковых скал, покрытых щебенистым материалом в Горном Крыму.

E1.33 – Восточносредиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточносредиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

Arbutus andrachne L.

F5.213 – Восточносредиземноморский высокий маквис: заросли преимущественно вечнозеленых аборигенных и адвентивных средиземноморских невысоких деревьев и кустарников (*Quercus ilex*, *Rhamnus alaternus*, *Phyllirea* spp., *Viburnum tinus*, *Arbutus andrachne*, *Juniperus oxycedrus* и др.) в приморском поясе Южного Крыма в зоне со средиземноморским климатом.

F5.3 – Псевдомаквис: смешанные заросли вечнозеленых и листопадных невысоких деревьев и кустарников в нижнем и среднем высотных поясах южного макросклона Крымских гор.

H3.1 – Удаленные от моря скалы из кислых бескарбонатных пород (BC4): скальные обнажения магматических пород в Горном Крыму.

Н3.2 – Удаленные от моря скалы из основных и ультраосновных пород (BC4): известняковые скалы в нижнем высотном поясе Главной гряды Крымских гор; известняковые скалы в среднем высотном поясе Главной гряды Крымских гор.

***Argusia sibirica* (L.) Dandy**

В2.13 – Растительные сообщества гравийных пляжей в средиземноморском регионе (BC4): растительность гравийно-галечниковых пляжей побережья Черного и Азовского морей.

***Asterolinon linum-stellatum* (L.) Duby**

Е1.11 – Евро-Сибирская травянистая растительность на обломках скальных пород (BC4): пионерные несомкнутые сообщества на субгоризонтальных поверхностях известняковых скал, покрытых щебенистым материалом.

Е1.33 – Восточносредиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточносредиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

***Astragalus arnacantha* M. Bieb.**

Ф7.4 – Колючеподушечники (BC4): трагакантники на эрозионных склонах из карбонатных и бескарбонатных пород, преимущественно конгломератов и мергелей, в восточной и западной частях Горного Крыма.

***Astragalus guttatus* Banks et Sol.**

Ф6.8 – Ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников (BC4): ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников союза *Atraphaco-Capparidion* бедлендов Крыма на тяжелых юрских глинах.

***Astragalus oxyglottis* Steven**

Ф6.8 – Ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников (BC4): ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников союза *Atraphaco-Capparidion* бедлендов Крыма на тяжелых юрских глинах.

***Astragalus setosulus* Gontsch.**

Н3.1 – Удаленные от моря скалы из кислых бескарбонатных пород (BC4): скальные обнажения конгломератов в Горном Крыму.

***Atraphaxis replicata* Lam.**

Ф6.8 – Ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников (BC4): ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников союза *Atraphaco-Capparidion* бедлендов Крыма на тяжелых юрских глинах.

***Avena barbata* Pott ex Link**

Е1.33 – Восточносредиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточносредиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

Е1.6 – Субнитрофильные однолетние травянистые сообщества: субнитрофильные сообщества однолетников средиземноморского происхождения в нижнем высотном поясе Крыма (саванноиды).

Н2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

Н2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества известняковых каменистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Avena clauda* Durieu**

Е1.33 – Восточносредиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточносредиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

***Bellis sylvestris* Cirillo**

Е1.33 – Восточносредиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточносредиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

Ф5.16 – Редколесья из листопадных дубов: шибляковые заросли и редколесья из низкорослого дуба пушистого.

***Bifora testiculata* (L.) Spreng.**

E1.33 – Восточномедиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточномедиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Brassica taurica* (Tzvelev) Tzvelev**

H2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества известняковых каменистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Cakile maritima* Scop. subsp. *euxina* (Pobed.) E. I. Nyárády**

V1.132 – Однолетние сообщества понтических песчаных пляжей (BC4).

***Capparis herbacea* Willd.**

E1.6 – Субнитрофильная однолетняя травянистая растительность: субнитрофильные травянистые сообщества по обочинам дорог и окраинам сельхозугодий в Южном Крыму.

F6.8 – Ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников (BC4): ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников союза *Atraphaco-Capparidion* бедлендов Крыма на тяжелых юрских глинах; разреженная ксеро-галофильная растительность с участием *Capparis herbacea* и *Zygophyllum fabago* на глинистых приморских обрывах побережья Черного моря.

J1.31 – Старые городские стены: старые стены и их подножья в населенных пунктах Южного Крыма.

***Centaurea comperiana* Steven**

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества известняковых каменистых осыпей нижнего высотного пояса.

H3.2 – Удаленные от моря скалы из основных и ультраосновных пород (BC4): известняковые скалы в среднем высотном поясе Главной гряды Крымских гор; известняковые скалы в верхнем высотном поясе Главной гряды Крымских гор.

***Cistus tauricus* J. Presl et C. Presl**

F6.41 – Крымская гаррига: крымская гаррига с доминированием *Cistus tauricus* на выходах известняков и бескарбонатных пород.

***Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb.**

H2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества мергелистых осыпей Внутренней гряды Крымских гор.

***Crithmum maritimum* L.**

V2.13 – Растительные сообщества гравийных пляжей в средиземноморском регионе (BC4): растительность гравийно-галечниковых пляжей побережья Черного и Азовского морей.

V3.324 – Восточнопонтические сообщества берегового клифа (BC4): галофитная растительность класса *Crithmo-Staticetea* на приморских скалах в зоне воздействия морского аэрозоля.

***Euphorbia rigida* M. Bieb.**

V3.332 – Понтические сообщества берегового клифа (BC4): глинистые и сланцевые приморские обрывы.

E1.33 – Восточномедиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточномедиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

Н2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму; термофильные растительные сообщества щебенистых осыпей из продуктов выветривания глинистых сланцев в нижнем высотном поясе Горного Крыма.

Н2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества известняковых каменистых осыпей нижнего высотного пояса; термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

Fumanopsis laevis (Cav.) Tzvelev

F6.41 – Крымская гаррига: крымская кальцефильная гаррига с доминированием видов родов *Helianthemum* и *Fumana*.

Glaucium flavum Crantz

V1.132 – Однолетние сообщества понтических песчаных пляжей (BC4).

V1.133 – Многолетние сообщества понтических песчаных пляжей (BC4).

V2.13 – Растительные сообщества гравийных пляжей в средиземноморском регионе (BC4): растительность гравийно-галечниковых пляжей побережья Черного и Азовского морей.

V3.332 – Понтические сообщества берегового клифа (BC4): глинистые и сланцевые приморские обрывы.

E5.1 – Антропогенные местообитания с травянистой растительностью.

Heracleum ligusticifolium M. Bieb.

Н2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

Н2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества известняковых каменистых осыпей нижнего высотного пояса.

Hesperis steveniana DC.

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых склонах Южного берега Крыма; редколесья из *Juniperus excelsa* на Байдарской яйле; редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор; редколесья из *Juniperus excelsa* на выходах конгломератов и магматических пород в западной и восточной частях Южного Крыма.

F5.16 – Редколесья из листопадных дубов: шибляковые заросли и редколесья из низкорослого дуба пушистого.

Н2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

Н2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества известняковых каменистых осыпей нижнего высотного пояса.

Juniperus deltoides R. P. Adams

F5.131 – Кустарниковые заросли с доминированием *Juniperus oxycedrus* (BC4).

F5.16 – Редколесья из листопадных дубов: шибляковые заросли и редколесья из низкорослого дуба пушистого.

F5.213 – Восточсредиземноморский высокий маквис: заросли преимущественно вечнозеленых аборигенных и адвентивных средиземноморских невысоких деревьев и кустарников (*Quercus ilex*, *Rhamnus alaternus*, *Phyllirea* spp., *Viburnum tinus*, *Arbutus andrachne*, *Juniperus oxycedrus* и др.) в приморском поясе Южного Крыма в зоне со средиземноморским климатом.

F5.3 – Псевдомаквис: смешанные заросли вечнозеленых и листопадных невысоких деревьев и кустарников в нижнем и среднем высотных поясах южного макросклона Крымских гор.

G1.738 – Эвксинские пушистодубовые леса: пушистодубовые леса нижнего и среднего высотных поясов Крымских гор.

***Juniperus excelsa* M. Bieb.**

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых склонах Южного берега Крыма; редколесья из *Juniperus excelsa* на Байдарской яйле; редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор; редколесья из *Juniperus excelsa* на выходах глинистых сланцев в восточной части ЮБК; редколесья из *Juniperus excelsa* на выходах конгломератов и магматических пород в западной и восточной частях Южного Крыма.

F5.16 – Редколесья из листопадных дубов: шибляковые заросли и редколесья из низкорослого дуба пушистого.

G3.93 – Леса из *Juniperus excelsa* (BC4): лесные сообщества с доминированием *Juniperus excelsa* на выходах известняков на Южном берегу Крыма.

G1.738 – Эвксинские пушистодубовые леса: пушистодубовые леса нижнего и среднего высотных поясов Крымских гор.

H3.1 – Удаленные от моря скалы из кислых бескарбонатных пород (BC4): скальные обнажения конгломератов в Горном Крыму; скальные обнажения магматических пород в Горном Крыму.

H3.2 – Удаленные от моря скалы из основных и ультраосновных пород (BC4): известняковые скалы в нижнем высотном поясе Главной гряды Крымских гор; известняковые скалы в среднем высотном поясе Главной гряды Крымских гор.

***Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.**

F6.8 – Ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников (BC4): ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников союза *Atraphaco-Capparidion* бедлендов Крыма на тяжелых юрских глинах.

***Lamium glaberrimum* (K. Koch) Taliev**

H2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

***Lathyrus saxatilis* (Vent.) Vis.**

E1.33 – Восточномедиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточномедиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых склонах Южного берега Крыма; редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор; редколесья из *Juniperus excelsa* на выходах конгломератов и магматических пород в западной и восточной частях Южного Крыма.

H2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Lathyrus setifolius* L.**

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых склонах Южного берега Крыма; редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор.

H2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Lens ervoides* (Brign.) Grande**

E1.33 – Восточномедиземноморские ксерофитные травянистые сообщества (BC4): восточномедиземноморские псевдостепи и ксерофитные сообщества терофитов на щебенисто-глинистых склонах в нижнем высотном поясе Южного Крыма.

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых склонах Южного берега Крыма.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Lens orientalis* (Boiss.) Schmalh.**

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Macrosepalum aetnense* (Tineo) Palanov**

E1.91 – Растительные сообщества мелких однолетников на выходах бескарбонатных пород (BC4): сообщества однолетников-эфемеров на бедных щебенистых почвах на обнажениях бескарбонатных пород в нижнем и среднем высотных поясах Горного Крыма.

***Medicago brachycarpa* M. Bieb.**

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Medicago medicaginoides* (Retz.) E. Small**

F5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор.

H2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Notholaena marantae* (L.) Desv.**

H2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

H3.1 – Удаленные от моря скалы из кислых бескарбонатных пород (BC4): скальные обнажения магматических пород в Горном Крыму; скальные обнажения роговиков в Горном Крыму.

***Pinus brutia* Ten.**

F5.144 – Редколесья *Pinus brutia*: редколесья *Pinus brutia* в приморской зоне восточной и западной частей Южного Крыма.

F6.8 – Ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников (BC4): ксеро-галофильные сообщества кустарников и полукустарников союза *Atraphaco-Capparidion* бедлендов Крыма на тяжелых юрских глинах.

G3.75 – Леса из *Pinus brutia* (BC4): леса из *Pinus brutia* в приморской зоне восточной и западной частей Южного Крыма.

***Rumex scutatus* L. subsp. *hastifolius* (M. Bieb.) Borodina**

H2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

***Ruscus aculeatus* L.**

F5.16 – Редколесья из листопадных дубов: шибляковые заросли и редколесья из низкорослого дуба пушистого.

G1.738 – Эвксинские пушистодубовые леса: пушистодубовые леса нижнего и среднего высотных поясов Крымских гор.

***Saxifraga irrigua* M. Bieb.**

H3.2 – Скалы из основных и ультраосновных пород (BC4): известняковые скалы в среднем высотном поясе Главной гряды Крымских гор; известняковые скалы в верхнем высотном поясе Главной гряды Крымских гор.

***Scrophularia exilis* Popl.**

Н2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

***Sedum rubens* L.**

Е1.91 – Растительные сообщества мелких однолетников на выходах бескарбонатных пород (BC4): сообщества однолетников-эфемеров на бедных щебенистых почвах на обнажениях бескарбонатных пород в нижнем и среднем высотных поясах Горного Крыма.

***Sisymbrium confertum* Steven ex Turcz.**

Ж1.31 – Старые городские стены: старые стены и их подножья в населенных пунктах Южного Крыма.

***Sobolewskia sibirica* (Willd.) P. W. Ball**

Н2.4 – Каменистые осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород в среднем горном поясе (BC4): эндемичные гляреофитные сообщества известняковых каменистых осыпей верхнего и среднего высотных поясов Горного Крыма.

***Stipa capillata* L.**

Е1.2 – Многолетние травянистые растительные сообщества и степи на карбонатных и других основных породах (BC4): ковыльно-типчаковые степи на стабильных, преимущественно известняковых субстратах с развитыми почвами.

***Stipa eriocaulis* Borb. subsp. *lithophila* (P. Smirn.) Tzvelev**

Е1.2 – Многолетние травянистые растительные сообщества и степи на карбонатных и других основных породах (BC4): петрофитностепные сообщества с несомкнутым покровом с участием *Asphodeline taurica* на щебенистых, преимущественно известняковых склонах.

Н3.2 – Удаленные от моря скалы из основных и ультраосновных пород (BC4): известняковые скалы в нижнем высотном поясе Главной гряды Крымских гор; известняковые скалы в среднем высотном поясе Главной гряды Крымских гор; известняковые скалы в верхнем высотном поясе Главной гряды Крымских гор.

***Teesdalia coronopifolia* (J. P. Bergeret) Thell.**

Е1.11 – Евро-Сибирская травянистая растительность на обломках скальных пород (BC4): термофильные пионерные сообщества однолетников-эфемеров и суккулентов на бедных щебенистых грунтах на обнажениях глинистых сланцев, магматических пород, роговиков и конгломератов Крыма.

Е1.91 – Растительные сообщества мелких однолетников на выходах бескарбонатных пород (BC4): сообщества однолетников-эфемеров на бедных щебенистых почвах на обнажениях бескарбонатных пород в нижнем и среднем высотных поясах Горного Крыма.

***Theligionum cynocrambe* L.**

Е1.11 – Евро-Сибирская травянистая растительность на обломках скальных пород (BC4): термофильные пионерные сообщества однолетников-эфемеров и суккулентов на бедных щебенистых грунтах на обнажениях глинистых сланцев, магматических пород, роговиков и конгломератов Крыма.

Н2.5 – Осыпи из бескарбонатных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): растительные сообщества каменистых осыпей из магматических пород в Горном Крыму.

Н2.6 – Осыпи из кальцийсодержащих и ультраосновных пород на склонах теплых экспозиций (BC4): термофильные растительные сообщества известняковых щебенистых осыпей нижнего высотного пояса.

***Trachomitum venetum* (L.) Woodson s. l.**

В1.133 – Многолетние сообщества понтических песчаных пляжей (BC4).

В2.13 – Растительные сообщества гравийных пляжей в средиземноморском регионе (BC4): растительность гравийно-галечниковых пляжей побережья Черного и Азовского морей.

***Trigonella strangulata* Boiss.**

Ф5.1331 – Редколесья из *Juniperus excelsa* (BC4): редколесья из *Juniperus excelsa* на известняковых хребтах северных отрогов Главной гряды Крымских гор.

***Vitex agnus-castus* L.**

Ф9.3133 – Восточноевропейские тамариковые заросли (BC4).

Из приведенного списка видно, что среди видов флоры Крыма, имеющих охранный статус, есть как стенолюбивые виды, строго приуроченные к одному или немногим близким биотопам, так и эврилюбивые, встречающиеся в разнообразных местообитаниях. Стенолюбивые растения могут использоваться в качестве видов-индикаторов определенных местообитаний. Проведенный анализ позволяет также выделить группы растений с одинаковой или сходной биотопической приуроченностью, которые ассоциируются в устойчивые растительные сообщества и могут рассматриваться в качестве диагностических таксонов этих сообществ.

Таким образом, изучение биотопической приуроченности флоры с использованием четкой иерархической системы классификации местообитаний, например, EUNIS habitat classification, дает возможность получить более достоверную по сравнению с традиционным подходом и полезную в практическом отношении информацию об экологии, биотопическом распределении и географическом распространении отдельных видов растений, необходимую для рационального планирования природоохранных мероприятий. Этот подход является перспективным и в теоретическом отношении для априорной оценки как экологического диапазона (экологической валентности) тех или иных видов флоры, так и возможностей их совместного произрастания, флористических и фитоценологических характеристик биотопа.

ВЫВОДЫ

В «Красную книгу Республики Крым» и «Красную книгу Севастополя» включены виды, произрастающие в различных местообитаниях Крымского полуострова, что отражает ландшафтное разнообразие региона, однако флора некоторых биотопов охвачена охраной недостаточно.

Среди проанализированных 54 охраняемых видов флоры Крыма преобладают стенолюбивые растения, характерные для одного (21 таксон) или двух-трех близких биотопов. Эврилюбивые виды (шесть таксонов) в данной группе встречаются реже. В общей сложности выявлено 44 варианта 30 биотопов, имеющих кодировку согласно EUNIS habitat classification, к которым приурочены раритетные виды.

Значительная часть биотопов, в которых произрастают редкие растения Крымского полуострова, имеет международный охранный статус в рамках Бернской конвенции. Таким образом, их высокая природоохранная значимость для Европы в целом находит фактическое подтверждение и в Крыму.

В перспективе биотопический анализ всех охраняемых видов Крыма на основе досконально разработанной иерархической классификации местообитаний региона позволит выявить, насколько полно охвачены охраной те или иные типы местообитаний и их растительный покров, и предложить более эффективную систему природоохранных мероприятий.

Список литературы

- Біотопи Гірського Криму / Ред. Я. П. Дідух. – Київ: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2016. – 292 с.
- Глобальная стратегия сохранения растений: 2011–2020. – Richmond: Botanic Gardens Conservation International, 2012. – 40 с. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.plants2020.net/files/Plants2020/GSPCbrochure/gspc_russian2.pdf/
- Ена, А. В. Природная флора Крымского полуострова / А. В. Ена. – Симферополь: Н. Орианда, 2012. – 232 с.
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. А. В. Ена, А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
- Перечень (список) объектов растительного мира (растений, водорослей и грибов), предлагаемых для внесения в Красную книгу города Севастополя, с указанием категории статуса вида. Приказ Севприроднадзора № 66 от 11.05.2016. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sevastopol.gov.ru/docs/239/21342/>.
- Davies, C.E., Moss, D., Hill, M.O. EUNIS habitat classification revised 2004. European Environment Agency, 2004. – 307 p. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/eunis/eunis-habitat-classification/documentation/eunis-2004-report.pdf>.

Resolution No. 4 listing endangered natural habitats requiring specific conservation measures // Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention). – 1996. – [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?p=&id=1475213&Site=&BackColorInternet=B9BDEE&BackColorIntranet=FFCD4F&BackColorLogged=FFC679&direct=true>.

Ryff L. E. The biotopic characteristic of some rare species of the southwestern Crimean flora // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 14–23.

The biotopic distribution of 54 rare species of the Crimean flora included in the Red Book of the Republic of Crimea and the Red Book of Sevastopol have been analyzed. It is established that the species grow in 44 Crimean variants of 30 European biotopes coded according to the EUNIS habitat classification. Twenty-one taxa are found only in one habitat, six – in four or more, the rest – in two or three. The advantages and prospects of biotopic analysis of flora on the basis of the hierarchical system of biotopes are discussed.

Key words: rare species, Red book of the Republic of Crimea, Red book of Sevastopol, biotopes, EUNIS, Crimea.

Поступила в редакцию 08.09.2017 г.

УДК 911.375.5 (477.75)

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ГОРНОГО МАССИВА АГАРМЫШ В КРЫМУ

Смирнов В. О.¹, Крайнюк Е. С.², Болейчук И. Р.¹

¹Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Россия, svo.84@mail.ru, iboleychuk@mail.ru

²Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, Россия, kraiuk54@mail.ru

Приводится характеристика ландшафтно-экологической структуры горного массива Агармыш в Крыму.

Ключевые слова: ландшафтно-геофизические условия, геотопологическая структура, растительность, Агармыш, Крым. Дается анализ пространственной взаимосвязи геотопологической структуры территории и структуры растительного покрова.

ВВЕДЕНИЕ

Горный массив Агармыш представляет собой яйлинский останцевый хребет, расположенный обособленно от основного массива гряды Крымских гор в ее восточной части в окрестностях г. Старый Крым.

Агармыш представляет собой горный хребет протяженностью около 8 км с юго-запада на северо-восток. Он состоит из Большого Агармыша, высотой 722 м, и Малого Агармыша, высотой 664 м, находящегося к северо-западу от Большого и отделенного от него котловиной Волчий Яр и Сычевой балкой. В состав хребта входят более низкие по высоте горы Фонтальная, Шпиль, Яман-Таш, Боченки, Голый, или Лысый Агармыш. Основание хребта находится на высоте 350–400 м н. у. м. Общая площадь массива около 38 км² (Каменских, 2009).

Агармыш сложен пластами верхнеюрских известняков, изогнутых в антиклинальную складку (Лебединский, 1982). Склоны массива довольно крутые, а вершина – плоская, как и у других крымских массивов Горного Крыма. В результате карстовых явлений, характерных для яйл, Агармыш изрезан трещинами, щелями, провалами, пещерами. Наиболее крупные из них – карстовая шахта Бездонный колодец («Сычев провал») глубиной 43 м, Лисий хвост – 17 м и открытая в 1986 г. пещера им. М.В. Ломоносова глубиной 121 м и протяженностью 268 м (Ена и др., 2004). Агармыш достаточно обводнен – западная часть массива прорезана руслом реки Сухой Индол, а с юга массив отделен от общей цепи Крымских гор широкой долиной реки Чурук-Су (Каменских, 2009).

С ботанической точки зрения Агармыш изучен достаточно хорошо. На протяжении XIX–XX веков здесь работали многие известные ботаники – М. Биберштейн (1819), С. Ф. Ледебур (1841), Ф. И. Рупрехт (1845), К. Ф. Левандовский (1897), В. И. Талиев (1899), К. Гольде (1902), И. Ваньков (1914), Г. И. Поплавская (1928), С. В. Юзепчук (1933–1950), Н. М. Зеленецкий (1906), Н. А. Буш (1907), Т. С. Цырина (1927) (Каменских, 2009). В современный период обследование растительного покрова Агармыша проводили Я. П. Дидух (Дідух, 1981), В. Г. Кобечинская, И. П. Отурина, И. Н. Казакова (Кобечинская и др., 2005), Л. Н. Каменских (Каменских, 2009).

Растительность горного массива Агармыш является типичной для восточной части северного макросклона Главной гряды Крымских гор (Дідух, 1981). В системе геоботанического районирования Крыма она относится к Верхореченско-Грушевскому геоботаническому району Горно-лесного округа (Шеляг-Сосонко и др., 1977; Дідух, 1981; Дидух, 1992).

По площади 70 % массива Агармыш занимают леса, приуроченные к пологой нижней части юго-восточного макросклона на высотах 400–530 м н. у. м. и поднимаясь по балкам до 560–580 м н. у. м. На плоской вершине массива леса чередуются с кустарниковыми и

лугово-степными ценозами, а также покрывают обрывистый северо-западный макросклон, Сычеву балку, урочище Волчий Яр и склоны Малого Агармыша. Верхняя часть юго-восточного макросклона массива и склоны Малого Агармыша безлесны и здесь на водораздельных скалистых выходах представлены нагорно-ксерофитные, петрофитно-степные и кустарниковые ценозы. Склоны в восточной части Агармыша у города Старый Крым, Георгиевской долины, Деренкольской, Теплой и других балок покрыты шибляковыми ценозами и можжевельниковыми редколесьями из можжевельника дельтовидного (Каменских, 2009).

Специальные исследования ландшафтно-экологической структуры массива Агармыш ранее не проводились, хотя и являются важными составляющими характеристиками природного комплекса объекта.

Цель работы – выявить пространственной взаимосвязи геотопологической структуры территории и структуры растительного покрова горного массива Агармыш.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2017 году проведено исследование ландшафтно-экологической структуры горного массива Агармыш методом маршрутного ландшафтного и геоботанического обследования территории.

С целью анализа пространственной взаимосвязи геотопологической структуры территории и структуры растительного покрова массива Агармыш было произведено наложение цифровых слоев карты растительного покрова территории и слоев геотопологической структуры территории и цифровой модели рельефа массива Агармыш.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пространственная структура растительных сообществ была выстроена в гидроряд от наиболее требовательных к увлажнению растительных сообществ к наименее требовательным.

Ряд по убыванию увлажнения растительности массива Агармыш

- Буковые леса – формация *Fageta orientalis*;
- Грабовые леса – формация *Carpineta betuli*;
- Скальнодубовые леса – формация *Querceta petraea*;
- Ясенево-дубовые леса – формация *Fraxineta excelsioris*;
- Пушистодубовые леса – формация *Querceta pubescentis*;
- Пушистодубовые редколесья (шибляк) – *Silva rara* (Shiblyak);
- Шибляковые и кустарниковые сообщества – *Shiblyak*;
- Монодоминантные кустарниковые сообщества – *Frutectosa*;
- Сообщества можжевельника колючего – формация *Junipereta oxycedri*;
- Луговые сообщества – *Prata*;
- Степные сообщества – *Steppa*:
 - Луговые степи – *Steppae prata*,
 - Настоящие степи – *Eu steppa*,
 - Петрофитные степи – *Steppae petrophile*;
- Томилляры (сообщества нагорных ксерофитов) – *Tomillares*.

Дифференциация геотопологической структуры территории была произведена по экспозиционным различиям, различиям в уклоне поверхности и кривизне поверхности. Анализ полученных данных позволил выделить определенные закономерности в пространственной дифференциации растительного покрова в пределах геотопологической структуры территории массива Агармыш. Явно выделяются растительные сообщества,

приуроченные к определенным группам геотопов, равно как и сообщества, произрастающие в широком диапазоне геотопологических условий.

Пространственные закономерности дифференциации рассматриваемых параметров отображены на соответствующей картосхеме на рисунке 1.

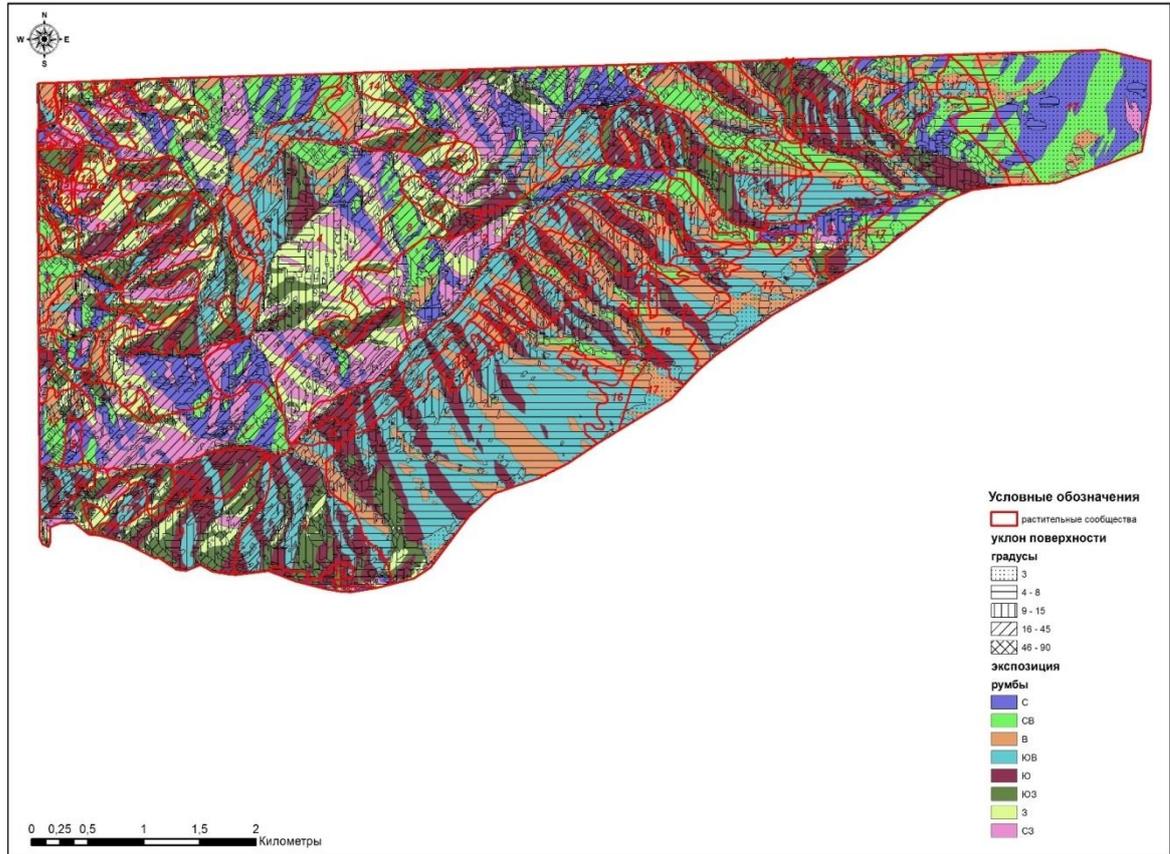


Рис. 1. Пространственная дифференциация растительного покрова в наложении с геотопологическими параметрами территории горного массива Агармыш

Рассмотрим более детально картину данной взаимосвязи.

Анализ показывает, что наиболее требовательными к увлажнению являются сообщества буковых лесов (формация *Fageta orientalis*), которые занимают узлолокализованную область в северной части массива на склонах Сычевой балки на площади всего 40 га. Ценность данного массива буковых лесов состоит в том, что на Агармыше эти сообщества представлены в крайней северо-восточной точке своего ареала в Крыму и всего на высотах от 390 м н. у. м. Это является уникальным для Крымского полуострова, учитывая характер общей высотной поясности растительности Горного Крыма, где данные сообщества представлены в верхнем высотном поясе от 700–800 м н. у. м. Этот участок известен под названием «Агармышский лес». Возраст буков здесь достигает 150–200 лет. В 1964 году этот массив объявлен памятником природы местного значения, с 1975 года – комплексным памятником природы общегосударственного значения (Ена и др., 2004), с 2015 года – памятником природы регионального значения Республики Крым.

Произрастание здесь буковых лесов связано со сложным сочетанием факторов геотопологической и микроклиматической дифференциации растительного покрова, а так же с историческими изменениями климата полуострова в предыдущие климатические эпохи.

С точки зрения локальной дифференциации геотопологической структуры данные сообщества приурочены к северным, северо-восточным и северо-западным склонам средней

крутизны. Также в пределах локальной дифференциации рельефа участки данных сообществ встречаются в пределах крутых западных и восточных склонов, что является определенным исключением из общей пространственной картины.

Следующей группой сообществ, также достаточно требовательных к увлажнению, выступают грабовые леса (формация *Carpineta betuli*). Данные сообщества в пределах массива Агармыш занимают достаточно узколокализованные местоположения в пределах верхнего горного пояса массива и приурочены к среднекрутым восточным, юго-восточным и юго-западным склонам, окаймляя сообщества буковых лесов по периферии и сменяя их при переходе экспозиций из северных румбов в восточные и юго-восточные. Изменение экспозиции и крутизны склонов частично может являться причиной смены данных сообществ, в связи с тем, что склоны восточной и юго-восточной экспозиции явно менее увлажнены в сравнении с типичными для буковых лесов северными склонами.

Следующую позицию по требованию к условиям увлажнения занимают скальнодубовые леса (формация *Querceta petraea*). Данные леса являются одним из доминирующих в пределах массива по занимаемой сообществом площади. Отметим крайне разнообразные геотопологические условия, характерные для произрастания данных сообществ в пределах массива Агармыш. Сообщества представлены как на южном, так и на северном макросклоне массива, преимущественно в нижней и частично средней части макросклонов. По кривизне рельефа данные склоны преимущественно выпукло-выпуклые, в вогнуто-вогнутых местоположениях на смену грабу приходит бук.

Данные сообщества с геотопологической точки зрения могут быть представлены в пределах северных, северо-западных и северо-восточных склонов средней и высокой крутизны в пределах северного макросклона, а также в пределах среднекрутых и пологих склонов южной, юго-западной и юго-восточной экспозиции. По кривизне рельефа данные склоны преимущественно вогнутые.

Далее в гидроряде растительных сообществ массива Агармыш следуют ясеневые леса (формация *Fraxineta excelsioris*), приуроченные к юго-западным, юго-восточным и южным склонам, единично встречающимися на северном макросклоне в верхней части массива. По характеру уклона поверхности склоны дифференцируются от пологих до склонов высокой крутизны. Формы рельефа преимущественно выпукло-выпуклые.

После данных сообществ гидроряд растительных сообществ массива переходит в спектр ксероморфных сообществ, в произрастании которых влага, а точнее ее лимитированный характер, имеет важное значение. От степени увлажнения существенно меняется характер древостоя, полнота и сомкнутость крон в пределах данных групп сообществ.

Начинают данную часть ряда сообщества пушистодубовых лесов (формация *Querceta pubescentis*), занимающих средние требования к увлажнению среди всего гидроряда. Данные сообщества явно приурочены к крутым восточным, юго-восточным и южным склонам, что, в общем, свидетельствует об изменении увлажнения в пределах данных местоположений. По форме кривизны рельефа склонов пушистодубовые сообщества приурочены к выпуклым склонам.

Далее следуют пушистодубовые редколесья (*Silva rara*) – шибляки (*Shiblyak*), представленные в пределах крутых восточных склонов. Данные сообщества являются производными от пушистодубовых лесов и произрастают в пределах более «сухих» мест в верхних частях восточных склонов средней и высокой крутизны.

Следующей растительной группировкой в гидроряде выступают монодоминантные кустарниковые сообщества (*Frutectosa*). Происхождение данных сообществ может являться следствием антропогенной деятельности в результате рубок леса на массиве Агармыш. В целом, данные растительные сообщества занимают северные и северо-восточные склоны и являются узколокализованными в пределах восточной части массива.

На противоположных склонах южной, юго-восточной и юго-западной экспозиции представлены уже луговые сообщества (*Prata*), занимающие девятую позицию в гидроряде,

что явно свидетельствует о влиянии геотопологической структуры территории массива на изменение условий увлажнения.

Также в качестве примера данной зависимости приведем еще пару сообществ, произрастающих на противоположных склонах глубоковрезанных балок в пределах юго-восточной части южного макросклона массива Агармыш. Это шибляковые (Shiblyak) кустарниковые сообщества из можжевельника дельтовидного, занимающие восьмую и частично седьмую позицию в гидроряде, и настоящие степи, занимающие одиннадцатую позицию (Eusterra). Первые приурочены к среднекрутым северо-восточным и восточным склонам выпуклой формы, вторые приурочены к южным, юго-восточным и юго-западным склонам той же крутизны и являющимися по сути противоположными склонами балок.

Наиболее «засухолюбивыми» и не требовательными к условиям увлажнения выступают петрофитные степи (Steppae petrophile), приуроченные к вершинам холмов и выходам скальных пород в верхних крутых выпуклых частях склонов высокой крутизны. Данные геотопы являются явно наименее увлажненными среди всей геотопологической структуры территории массива Агармыш.

Замыкают гидроряд растительных ценозов территории Агармыш сообщества томилляров – сообщества нагорных ксерофитов (Tomillares). Данные сообщества узколокализованы в наиболее засушливых местоположениях территории массива в пределах бровки южного макросклона и в пределах двух вершин в верхней части массива. Уклоны поверхности здесь относительно не высокие и данные геотопы выполняют роль водораздельных поверхностей разного уровня.

Так же отметим, что в структуре растительного покрова массива встречаются искусственные посадки сосны крымской и участки заброшенных сельскохозяйственных угодий, которые в анализе не были учтены.

ВЫВОДЫ

1. Анализ пространственной взаимосвязи дифференциации геотопологической структуры территории и дифференциации растительных сообществ горного массива Агармыш позволил выявить ряд явных закономерностей в размещении некоторых сообществ.

2. Наличие тесных взаимосвязей в пространственной дифференциации растительности и геотопов обусловлено влиянием геотопологической структуры на формирование ландшафтно-геофизических параметров территории, и прежде всего, величин увлажнения ландшафтов.

3. Геотопологические условия представляются важной составляющей при формировании растительности, как компонента ландшафта массива Агармыш, с одной стороны, а с другой, растительность обеспечивает преобразование потоков влаги, что в совокупности с влиянием геотопологических параметров обеспечивает формирование ландшафтно-геофизических полей.

4. В дальнейших исследованиях необходимым является поиск количественных выражений данных зависимостей при помощи определения количественных показателей взаимосвязей.

Список литературы

- Дидух Я. П. Растительный покров Горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). – Киев: Наукова думка, 1992. – 256 с.
- Дідух Я. П. Рослинність заказника «Агармиш» (Крим) // Укр. ботан. журн. – 1981. – Т. 38, № 2. – С. 96–101.
- Ена В. Г., Ена Ал. В., Ена Ан. В. Заповедные ландшафты Тавриды. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2004. – 424 с.
- Каменских Л. Н. Флора и растительность хребта Агармыш // Бюллетень. Главного ботанического сада. – 2009. – Вып. 195. – С. 91–128.

Кобечинская В. Г., Огурина И. П., Казакова И. Н. Многолетняя динамика растительности общегосударственного заказника «Агармышский лес» // Заповедники Крыма. Материалы III научн. конф. – Симферополь, 2005. – Ч. I. – С. 183–188.

Лебединский В. И. С геологическим молотком по Крыму. – М.: Недра, 1982. – 160 с.

Шеляг-Сосонко Ю. Р., Рубцов М. И., Махаева Л. В. Середземноморська лісова область// Геоботанічне районування Української РСР. – Киев: 1977. – С. 268–281.

Smirnov V. O., Krainyuk E. S., Boleichuk I. R. Landscape ecological structure of the mountain range Agarmysh in the Crimea // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 24–29.

The characteristic of landscape-ecological structure of the mountain range Agarmysh in the Crimea. The analysis of the spatial relationship of differentiation geotopological structure of a site and differentiation of plant communities.

Key words: landscape-geophysical conditions, geotopological structure, vegetation, Agarmysh, Crimea.

Поступила в редакцию 18.09.2017 г.

УДК 581.526.323 (477.75)

К ИЗУЧЕНИЮ МИКРО- И МАКРОФИТОБЕНТОСА У МЫСА ПРИБОЙНОГО (КАРА-МРУН) В КРЫМУ

Садогурский С. Е., Садогурская С. А., Белич Т. В.

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, Россия, ssadogurskij@yandex.ru

Даны предварительные сведения о микро- и макрофитобентосе акватории у мыса Прибойного (Чёрное море). Зарегистрировано 92 таксона: Cyanobacteria – 24 (26,1 %); Chlorophyta – 14 (15,2 %), Ochrophyta (Phaeophyceae) – 18 (19,6 %) и Rhodophyta – 36 (39,1 %). Показатели фитобентоса типичны для данного гидрботанического района, флора обследованного участка включает 16 раритетных таксонов, занесённых в природоохранные списки различного ранга; природные биотопы подлежат особой охране по Директиве ЕС о местообитаниях (Directive 92/43/ЕЕС). Полученные результаты можно использовать для долгосрочного мониторинга состояния морской фитобиоты территориально-аквального комплекса мыса, которому целесообразно придать заповедный статус.

Ключевые слова: Чёрное море, Крым, микрофитобентос, макрофитобентос.

ВВЕДЕНИЕ

Протяжённость и разнообразное геоморфологическое строение береговой зоны Крымского полуострова определяют высокий уровень биоразнообразия прибрежно-морских биотопов. Но природное или квазиприродное состояние сохранили в основном относительно труднодоступные участки. Высокой сохранностью и видовым богатством отличаются территориально-аквальные комплексы мысов с обрывистыми и оползневыми берегами (Садогурский и др., 2016а). Поэтому, с одной стороны, они имеют безусловную соэкологическую ценность, с другой – тесно соседствуют с урбанизированными и рекреационными участками, сельхозугодьями и пр. Для принятия мер по сохранению таких комплексов необходима информация о составе и состоянии биоты, а фитобентос традиционно является наименее изученным элементом. В то же время именно растительный покров, будучи ключевым автотрофным звеном, определяет границы, структуру и само существование прибрежно-морских биотопов. В связи с этим перед нами поставлена цель – провести комплексное гидрботаническое обследование акваторий Караджинского участка полуострова Тарханкут. В рамках данной работы ранее была представлена детальная эколого-флористическая характеристика макрофитобентоса аккумулятивного фрагмента береговой зоны Караджинского участка (Садогурский, 2014; Садогурский и др., 2016б), в настоящей публикации дана предварительная краткая информация о морском микро- и макрофитобентосе у мыса Прибойного (Кара-Мрун).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мыс Прибойный (Кара-Мрун) расположен на западе Крымского полуострова (рис. 1). Вместе с мысом Тарханкут он образует крайние точки обширной Караджинской бухты и всего Караджинского участка береговой зоны Тарханкутского полуострова. Берега мыса абразионные, обрывистые, клиф активен практически на всей их протяжённости. В районе отбора материала узкий бенч покрыт глыбовым и глыбово-валунным навалом и имеет значительный (0,06–0,15) уклон вплоть до глубин 20–25 м, где дно выполаживается (Зенкович, 1960). Гидродинамика достаточно высока из-за активной волновой деятельности и интенсивных течений. Массовая рекреация нехарактерна, так как берега обрывисты, дорожная сеть не развита, а инфраструктура отсутствует. Участок не имеет природоохранного статуса, но примыкает к заповедной территории (с 2009 года Национальный природный парк (НПП) «Чарівна Гавань», ныне по факту «НПП «Тарханкутский»). Обследование проведено в июле 2012 году по общепринятым

гидробиологическим методикам. Объект исследования – микро- и макрофиты супра-, псевдо- и сублиторальной зон черноморской бентали. Номенклатура и систематика представителей отделов Cyanobacteria, Chlorophyta, Ochrophyta (Phaeophyceae) и Rhodophyta даны по AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2017), имена авторов таксонов – в стандартном сокращении (Authors ..., 2001; Царенко, 2010), эколого-флористические характеристики макроводорослей – по А. А. Калугиной-Гутник (Калугина-Гутник, 1975). Ярусы в сообществах выделены по аспектильным видам с учётом биомассы (кроме супралиторальных микрофитов, для которых биомасса не определялась).



Рис. 1. Картосхема района исследований (обследованное побережье у мыса Прибойного обозначено окружностью)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В супралиторали обследованного побережья (станция I; расстояние от берега $l \approx 0$) на глыбово-валунном навале (высота над уровнем моря до $h \approx +0,8-1$ м) и стенках волноприбойных ниш (высота над уровнем моря до $h \approx +1,5-2$ м), орошаемых брызгами волн и аэрозолем, развивается сообщество, образованное цианобактериями (или синезелёными водорослями). В нём отмечено 24 вида микрофитов¹, доминируют *Calothrix scopulorum*

¹ Во время проведения исследований макрофиты в супралиторальной зоне не отмечены, но учитывая морфологию берега, следует ожидать их появления в местах взброса волн в холодный штормовой период.

С. Agardh ex Bornet et Flahault, *Gloeocapsopsis crepidinum* (Thur.) Geitler ex Komárek и *Aphanocapsa inserta* (Lemmerm.) Cronberg et Komárek. Ниже прибрежные скалы и донные отложения занимают сообщества макроводорослей. В псевдолиторали (станция II; расстояние от берега $l \approx 0$, высота над уровнем моря / глубина $h \approx \pm 0,15$ м) на глыбово-валунном навале и стенках волноприбойных ниш пояс шириной до 20-30 см образует сообщество, где верхний ярус образован *Palisada perforata* (Bory) K. W. Nam и *Nemalion helminthoides* (Velley) Batters, а нижний – *Jania virgata* (Zanardini) Mont. и *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz. В нём отмечено 32 вида макрофитов, а биомасса достигает 1 кг/м^2 (рис. 2). В сублиторали глыбово-валунный навал на всём обследованном спектре глубин занимает «пояс цистозирь». У берега (станция III; $l \approx 10-15$ м, глубина $h \approx -1$ м) отмечено 45 таксонов макроводорослей (максимальный показатель для обследованного побережья), а биомасса достигает $3,8 \text{ кг/м}^2$ (см. рис. 2); глубже значения биомассы возрастают до $6,2-6,7 \text{ кг/м}^2$ (с максимумом на станции IV; $l \approx 50-70$ м, $h \approx -3$ м), а уровень видового разнообразия снижается (особенно на станции V; $l \approx 130-150$ м, $h \approx -5-6$ м). Верхний ярус сублиторальных сообществ образуют *Cystoseira crinita* Duby и обильно развивающаяся в эпифитоне *Polysiphonia subulifera* (С. Agardh) Harv.; следующий ярус сформирован в основном *Cladostephus spongiosum* (Huds.) С. Agardh, который на глубинах 4 м и более уступает *Phyllophora crispa* (Huds.) P. S. Dixon; в нижнем ярусе доминирует *Jania virgata*, к которой на мелководье присоединяются *Palisada perforata* и *Gelidium spinosum* (S. G. Gmel.) P. C. Silva (ярус корковых водорослей не выражен).

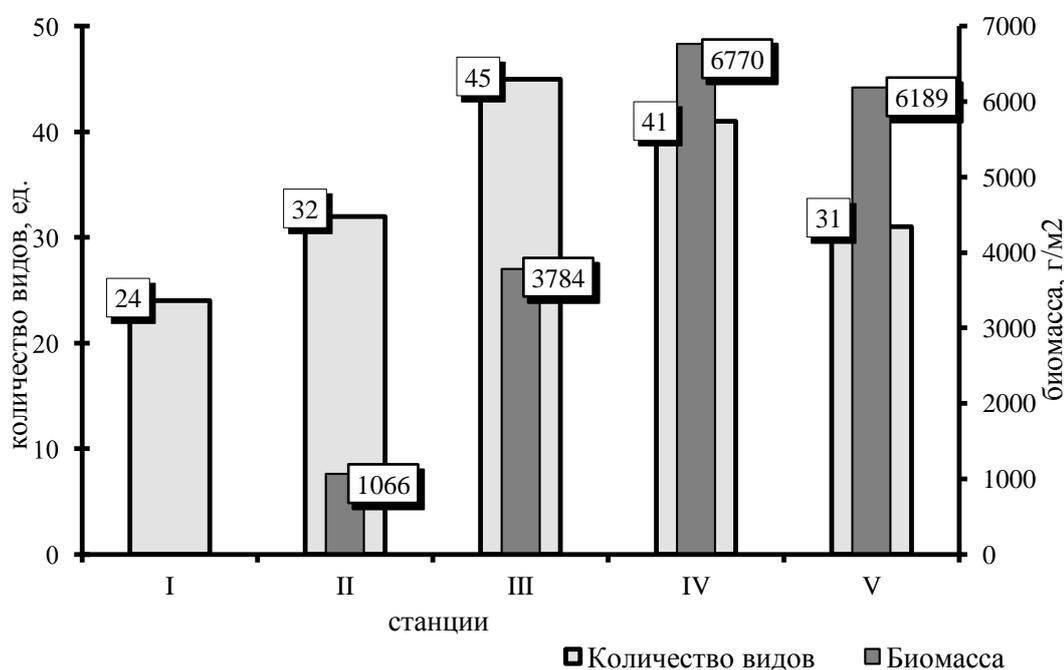


Рис. 2. Изменение количества видов и биомассы фитобентоса в акватории у мыса Прибойного (для микрофитов биомасса не определялась)

Всего у обследованного побережья идентифицировано 92 таксона фитобентоса: Cyanobacteria – 24 (26,1 %); Chlorophyta – 14 (15,2 %), Ochrophyta (Phaeophyceae) – 18 (19,6 %) и Rhodophyta – 36 (39,1 %). Количественный и качественный состав микрофитов (цианобактерий) супралиторали достаточно характерен для этих берегов (Садогурская, 2005). В то время как в псевдолиторали встречаются 32 таксона макроводорослей, в сублиторали их в общей сложности насчитывается 61, при этом среди макрофитов по количеству видов преобладают Rhodophyta (50–64 %), но с глубиной прослеживается

тенденция к увеличению доли Phaeophyceae (от 19 до 27 %). По биомассе в псевдолиторали доминируют Rhodophyta (87 %), а в сублиторали – Phaeophyceae (до 82 %), хотя на значительных глубинах (5 м и более) за счёт развития *Phyllophora crispa* доля Rhodophyta заметно возрастает (до 34 %). Доля Chlorophyta существенна лишь в псевдолиторали (12 %), а в сублиторали она крайне мала (менее 1 %). В целом макроальгофлора участка имеет олигосапробный характер (62 % по количеству видов и более 97 % по биомассе), который проявляет тенденцию к усилению с ростом глубины. В этом же направлении растёт роль макроводорослей, относящихся к многолетней (по биомассе от 71 до 90 % и по общему числу видов от 22 до 42 %) и морской (по биомассе от 81 до 99 % и по общему числу видов от 66 до 87 %) группировкам. В целом в акватории среди макрофитов доминируют представители тепловодного комплекса (53 % по числу видов и 91 % по биомассе). Альгофлора участка насчитывает 16 раритетных таксонов, включённых в созологические документы различного ранга, касающиеся фитобиоты Азово-Черноморского региона: *Ulvella viridis* (Reinke) R. Nielsen, C. J. O'Kelly et R. Wysor ☼, *Cladostephus spongiosum* *, *Cystoseira barbata* (Stackh.) C. Agardh ★☼▲, *C. crinita* ★☼▲, *Padina pavonica* (L.) Thivy □, *Spermatochnus paradoxus* (Roth) Kütz.*★, *Stilophora tenella* (Esper) P. C. Silva *+▲, *Callithamnion granulatum* (Ducluz.) C. Agardh *, *Gelidium spinosum* ☼, *Laurencia coronopus* J. Agardh*▲, *Nemalion helminthoides* *□, *Osmundea pinnatifida* (Huds.) Stackh. *▲, *Phyllophora crispa* ★☼+▲, *Polysiphonia subulata* (Ducluz.) Kütz. ☼, *Rhodochorton purpureum* (Lightf.) Rosenv. *, *Stylonema alsidii* (Zanardini) K. M. Drew *☼². Биотоп, основу которого формируют водорослевые сообщества, подпадает под действие Директивы ЕС о сохранении естественной среды обитания и дикой фауны и флоры (Directive 92/43/ЕЕС; код 1170 – Рифы) (Interpretation..., 2007).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В прибрежной морской акватории у м. Прибойного (Кара-Мрун) растительный покров развивается на глыбово-валунном навале и стенках волноприбойных ниш. Он сохранил природный облик, имеет высокий уровень видового разнообразия, установленные показатели макро- и микрофитобентоса типичны для данного района Чёрного моря (Калугина-Гутник, 1975; Садогурская, 2005). Отмечены таксоны и биотопы, подлежащие особой охране. Результаты исследования свидетельствуют о созологической ценности прибрежной акватории у мыса Прибойного. Учитывая структурно-функциональную взаимосвязь прилегающих аквальных и наземных частей прибрежных экосистем, заповедание участков береговой зоны моря и введение их в состав экологических сетей следует осуществлять в виде целостных территориально-аквальных комплексов (Садогурская и др., 2009, 2016а). Территориально-аквальный комплекс мыса целесообразно включить в состав заповедной зоны НПП. Полученные результаты могут быть положены в основу долгосрочного мониторинга фитобиоты его аквальной части. В перспективе будет представлена комплексная гидробиологическая характеристика акваторий Караджинского участка береговой зоны Тарханкутского полуострова.

Список литературы

² Природоохранный статус таксонов в Азово-Черноморском регионе (международные, национальные и региональные перечни): + – Красная книга РФ (Красная..., 2008); * – Красная книга Украины (Червона..., 2009); □ – Красная книга Болгарии (Red..., 2011); ★ – Black Sea Red Data Book (Black..., 1999); ☼ – Black Sea Red Data List (<http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/index.htm>); ▲ – Красная книга Крыма (Красная..., 2015).

- Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Чёрного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 2: Северо-западная часть. – 216 с.
- Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря. – К.: Наук. думка, 1975. – 248 с.
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д.б.н., проф. А. В. Ена и к.б.н. А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. ред. Ю. П. Трутнев. – М.: Тов. научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
- Садогурская С. А. Cyanophyta морской каменистой супралиторали Крыма: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Киев, 2005. – 395 с.
- Садогурский С. Е., Белич Т. В., Садогурская С. А. К вопросу выделения территориально-аквальных элементов региональной экосети в Крыму // Мат-лы V Междунар. научно-практич. конф. «Заповедники Крыма. Теория, практика и перспективы заповедного дела в Черноморском регионе» (Симферополь, 22–24 октября 2009 г.). – Симферополь, 2009. – С. 134–139.
- Садогурский С. Е. Предварительные сведения о макрофитобентосе оз. Караджа и прилегающей акватории Караджинской бухты (Чёрное море, Украина) // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 3 – С. 334–339.
- Садогурский С. Е., Белич Т. В., Садогурская С. А. Территориально-аквальные комплексы мысов как центры сохранения природного разнообразия морской фитобиоты в Крыму // Тез. докл. VIII Междунар. научно-практич. конф. «Заповедники Крыма – 2016: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление» (Симферополь, 28–30 апреля 2016 г.). – Симферополь, 2016а. – С. 235–237.
- Садогурский С. Е., Садогурская С. С., Белич Т. В. Биомасса и распределение макрофитобентоса Караджинской бухты и оз. Караджа (Крым, Чёрное море) // Труды ГНБС. – 2016б. – Вып. 143. – С. 197–208.
- Царенко П.М. Рекомендации по унификации цитирования фамилий авторов таксонов водорослей // Альгология. – 2010. – Т. 20, № 1. – С. 86–121.
- Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я. П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 912 с.
- Authors of plant names: A list of authors of scientific names of plants, with recommended standard forms of their names, including abbreviations / Eds. R.K. Brummitt and C.E. Powell. – Kew: Royal Botanical Gardens, 1992, reprinted 2001. – 732 p.
- Black Sea Red Data Book / Ed. by H. J. Dumont. – New York: United Nations Office for Project Services, 1999. – 413 p.
- Guiry M. D., Guiry G. M. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication. Nat. Univ. Ireland, Galway. – <http://www.algaebase.org>. (просмотрено 14.05.2017).
- Interpretation Manual of European Union Habitats. EUR 27. – European Commission, DG Environment, Brussels, 2007. – 144 p.
- Red Data Book of the Republic of Bulgaria. Vol. 1. Plants and Fungi / Eds. D. Peev et. al. – Sofia: BAS & MOEW, 2011. – 848 p.

Sadogurskiy S. Ye., Belich T. V., Sadogurskaya S. A. To the studies of micro- and macrophytobenthos near the Cape Pribojnyj (Kara-Mrun) in Crimea // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 30–34.

Preliminary data about micro- and macrophytobenthos in the water area near the Cape Pribojnyj (the Black Sea) have been presented. It has been registered 92 species: Cyanobacteria – 24 (26,1 %); Chlorophyta – 14 (15,2 %), Ochrophyta (Phaeophyceae) – 18 (19,6 %) and Rhodophyta – 36 (39,1 %). Phytobenthos indices are typical for this hydrobotanical area, flora of the studied locality has 16 rare species which have been included in endangered and protected species lists of various ranks; nature biotopes are the subjects of special conservation according to the EU Habitats Directive (Directive 92/43/EEC). The presented results can be used for the long-term monitoring of marine phytobiota status in the aquatic complex of the cape, which is expedient to get conservation status.

Key words: the Black Sea, Crimea, microphytobenthos, macrophytobenthos.

Поступила в редакцию 16.09.2017 г.

УДК 502.63:712.253:551.5+551.584.3/4:712.4 (477.7)

АГРОКЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В УПРАВЛЕНИИ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗАМИ ДЕНДРОПАРКОВ

Антюфеев В. В.

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, Россия, vicant-nbs@yandex.ru

Показаны отрицательные последствия, возникающие при реконструкции старых парков без агроклиматологических исследований на этапе предпроектных изысканий. Приведены данные микроклиматических наблюдений за ветром, температурой и влажностью воздуха под кронами в парковых сообществах.

Ключевые слова: культурфитоценозы, управление дендропарками, агрометеорология, микроклимат.

ВВЕДЕНИЕ

Крымское законодательство (Закон Р К ..., 2014) включает в число особо охраняемых природных территорий и объектов (ООПТ) весьма специфичную категорию «парки-памятники садово-паркового искусства» (ПП). Термин «ПП» употребляется экологическим законодательством Украины (Екологічне законодавство ..., 1996), достаточно широко применяется в теоретических и практических работах ландшафтных архитекторов России (Репина, Чхобадзе, 1997), а Федеральный Закон Российской Федерации № 33-ФЗ использует более широкое понятие «Дендропарк» (Закон Р Ф ..., 1995). Отношение специалистов к наличию такой категории в системе ООПТ колеблется от безоговорочно либо осторожно позитивного (Стойко, 1980; Краснитский, 1983) до категорически отрицательного – вплоть до предложения законодательно исключить ПП из состава ООПТ, не отказываясь при этом от обеспечения для них охранного режима (Дулицкий, 2002). При этом сторонники как одной, так и противоположной точек зрения сходятся в том, что ПП как заповедные объекты искусственного, или культурного происхождения подлежат более активному регулированию, чем «истинные» ООПТ. Без того, что именуется прямым протекционизмом человека (Стойко, 1980), без культивирования и ухода (по современной терминологии менеджмента), старые исторические парки деградируют.

Цель нашего исследования – выявление тех метеорологических и климатических факторов, которые влияют на декоративность и долговечность парковых сообществ, но при этом и сами трансформируются растительностью, а также изучение и оценка степени этой трансформации, обусловленной микрометеорологическими эффектами. Оно выполнено в рамках более обширной программы, имеющей цель разработать систему оценки агроэкологических факторов, существенно влияющих на стабильность растительных сообществ парков (Казимилова та ін., 2001), и предложить климатические критерии степени устойчивости природных комплексов к антропогенным нагрузкам (Антюфеев, 2005 а). Непосредственная задача настоящей публикации – привлечь внимание ландшафтных архитекторов и дендрологов к этим явлениям и предостеречь от некоторых характерных ошибок, источником которых является шаблонный формальный подход к интерпретации микроклиматических данных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В данном сообщении применительно к совокупности парковых насаждений используется понятие «культурфитоценоз», против чего решительно возражают некоторые геоботаники (Никифоров, Волошин, 2005). В нашем случае считаем вполне уместным применять, не вдаваясь в дискуссию, этот ёмкий и широко распространенный термин (Ниценко, 1969; Анненков, Ларина, 1980), поскольку объект исследования – не

растительные сообщества, а закономерности формирования агрометеорологических и фитоклиматических условий на территории, занятой многолетними насаждениями, то есть не фитоценологические, а климатологические аспекты менеджмента парков, которые можно рассматривать как специфичные экосистемы, отнесенные к ООПТ (Антюфеев, 2005 а).

Исследования проводили на Южном берегу Крыма (ЮБК), в степных и предгорных районах полуострова на территориях, отводимых под новые парки, и в существующих насаждениях. Приведенный ниже цифровой материал получен путем прямых натуральных измерений с использованием утвержденных Гидрометеослужбой методов (Руководство ..., 1979) во время стационарных, полустационарных и маршрутных наблюдений (Антюфеев, 2005 б; Казимилова и др., 2006).

Наиболее детальные исследования выполнены на участках плодовых культур, в арборетуме Никитского ботанического сада (НБС) и в его окрестностях. На площади около 300 га в диапазоне высот от 2 до 310 м над уровнем моря были установлены в характерных для орографии ЮБК местоположениях, на открытых местах и под кронами деревьев 12 стандартных метеобудок с самописцами и экстремальными термометрами. Непрерывные круглосуточные измерения температуры и влажности воздуха велись более шести лет (Антюфеев и др., 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Менеджмент паркового хозяйства начинается с принятия решения о необходимости экспертизы состояния ПП и составления научно обоснованного проекта его реставрации (иной вариант – решения о реконструкции) либо о возможности отказаться от сложной процедуры проектирования, ограничившись простейшей программой агротехнических мероприятий. Следующий шаг – выбор между проектами с проведением предварительных агроэкологических изысканий (Казимилова и др., 2006) либо без таковых.

Во многих случаях, выполняя пожелания заказчиков о всемерном снижении затрат, не связанных напрямую с посадками растений, проекты закладки новых и реконструкции старых садов и парков составляются без агроклиматологического обоснования. Некоторый прогресс наметился в настоящее время при закладке плодовых садов и виноградников, ибо специалисты сельского хозяйства на собственном опыте убедились в серьезности экономических последствий от пренебрежения мнением климатологов (Антюфеев, Рябов, 2017). В декоративном садоводстве предпроектные агроклиматологические изыскания выполняются редко; типовой экологический паспорт старинных парков не включает в себя характеристику климатических условий (Репина, Чхобадзе, 2003). Такой подход в корне неверен, поскольку в декоративном садоводстве результаты ошибок проекта проявляются иногда очень нескоро, когда их уже невозможно исправить никакими агротехническими мероприятиями. При этом не всегда следствие увязывается с особенностями местного климата как с истинной причиной необратимой утраты парковыми насаждениями их первоначально высокой декоративности (Казимилова та ін., 2001). Но есть примеры другого отношения к этим вопросам: Центральный ботанический сад НАН Беларуси ведет зеленое строительство только на основе специализированного интродукционно-климатического районирования территории (Гаранович, 2004).

В итоге многолетних исследований выявлены отраженные в таблице 1 специфические закономерности формирования микроклимата паркового сообщества. Они не всегда совпадают с общепринятыми представлениями о фитоклимате подкронового пространства. Остановимся, например, на широко распространенном мнении, что с медико-гигиенической точки зрения климатическая составляющая фитомелиоративного воздействия зеленых насаждений всегда и однозначно положительна. Однако наши 75-месячные наблюдения с использованием самопишущих приборов, данные которых отражены в таблице 1, показали, что более низкие значения летней температуры воздуха в парке по сравнению с открытыми местами – лишь средний статистический вывод. Ее непрерывная круглосуточная регистрация позволила отметить явление, обычно не замечаемое при эпизодических

наблюдениях: в густых слабо вентилируемых посадках летом в послеполуденные часы она может быть не ниже, а на 2–4 градуса выше, чем на открытом месте. Данный эффект отмечается не только при каких-то особых погодных условиях, но статистически достоверен при осреднении за целый месяц.

Таблица 1

Температура и влажность воздуха на ЮБК при наблюдениях в НБС на метеостанции и в листопадных и хвойных парковых насаждениях высотой больше 10 м

Условия и вид наблюдений			Месяцы года											
Место	Фактор	Срок	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Площадка станции Гидрометеослужбы, 208 м н. у. м.; метеобудка высотой 2 м на открытом месте	Т	3 ч	3,0	0,9	2,9	8,2	13,9	17,2	19,2	20,6	19,0	11,4	7,1	6,4
		15 ч	4,9	3,5	6,0	10,9	17,9	21,5	22,3	24,2	22,6	14,9	10,7	7,9
		24 ч	3,5	1,8	4,2	9,4	15,7	19,2	20,6	22,2	20,5	12,9	8,5	6,6
	В	3 ч	76	74	73	78	61	57	61	61	56	66	68	76
		15 ч	72	68	68	75	59	57	61	62	59	64	63	73
		24 ч	75	72	71	76	61	60	61	61	58	65	65	75
Стандартная метеобудка высотой 2 м под кронами парковых насаждений на высоте 165 м н. у. м.	Т	3 ч	2,8	0,2	2,6	7,4	13,7	15,4	18,5	19,3	18,7	10,9	6,4	6,2
		15 ч	5,5	3,8	6,5	10,8	18,4	22,5	23,4	25,1	24,5	15,6	11,1	8,4
		24 ч	3,5	1,4	4,2	8,8	15,5	19,0	20,6	21,6	20,8	12,3	7,8	6,6
	В	03 ч	80	73	76	86	69	63	70	67	58	69	69	77
		15 ч	72	63	65	72	61	57	63	60	54	63	62	73
		24 ч	78	70	71	82	67	63	68	66	59	68	66	76

Пояснения к таблице. Т – температура, °С; В – влажность, %. Среднемесячные значения для ночи (03 ч.), дня (15 ч.) и для суток в целом за 1982 год.

Таблица 2

Число часов с температурой 0 °С и ниже в плодовом саду и в парке

Пункт наблюдений	Зимние периоды			
	1981/82 г.	1982/83 г.	1983/84 г.	1984/85 г.
Сад	506	509	136	983
Парк	551	567	189	1130

Эта своеобразная фитоклиматическая ситуация, уже описанная для Ташкента (Антонины, 1939) и Калифорнии (Шульц, 1965), характерна, видимо, именно для южных регионов, причем только для старых древостоев с широкоокруглой формой крон. Обусловлена она локальным увеличением радиационного баланса в слое, занятом кронами. В молодых насаждениях с конусовидными кронами и на куртинах вечнозеленых интродуцентов застаивается обычно холодный воздух. Как видно из таблицы 2, в таких местах зимой число часов с морозом на 12–15 процентов больше, а летом утренние показания термометра на 2–5 °С ниже, чем в плодовом саду и на свободных от деревьев участках. Выявить морозоопасные места без специальных наблюдений не всегда возможно.

Интересно, что на ЮБК для суточного хода влажности воздуха (табл. 1) не характерно сглаживающее влияние парковых насаждений. Разность между средней дневной и ночной влажностью зимой составляет 2–6 %, летом 4–8 %, в то время как на открытой метеоплощадке разность в среднем за месяц зимой 0–3 %, весной, летом и осенью 1–4 %.

Здесь меньшая внутрисуточная изменчивость относительной влажности связана с большей, чем в парке, сухостью воздуха и днем, и ночью. Под кронами влажность воздуха ночью возрастает, но днем остается почти такой, как на открытом месте. В очень плотных насаждениях влажность воздуха несколько повышена, налицо парниковый эффект, дискомфортные для людей условия, способствующие, вместе с тем, развитию вредителей и болезням растений.

Если при реконструкции парка приоритетной целью является обеспечение здоровых условий отдыха, группы деревьев с таким микроклиматом, не имеющие особой мемориально-исторической ценности, желательно преобразовать для увеличения их аэрации. Но конечное решение остаётся, естественно, не за климатологом, а за специалистами по управлению парковыми культурфитоценозами.

Опыт совместной работы отдела агроэкологии и мастерской ландшафтного проектирования НБС показывает, что при экологическом обосновании размещения декоративных культур главное внимание следует уделять неблагоприятным условиям среды, характерным для конкретной территории. Например, при реконструкции парков детского лагеря «Артек» таким особым фактором сочли режим инсоляции, для отображения которого на карту местности были нанесены эпюры теней от господствующей возвышенности – горы Аюдаг. В экспертных выводах относительно влияния на исторические ПП Алупки и Нижней Ореанды застройки, проектируемой на их границах, важнейшим метеорологическим элементом признана местная циркуляция воздуха. Для двух новых парков рядом с мысом Сарыч и для насаждений близ мыса Казантип наиболее важен, а потому специально изучался и картировался режим ветра (Антюфеев, Максимов, 1987; Антюфеев, 2005 б).

Ветер является важнейшим лимитирующим приживаемость древесных растений фактором на побережьях Черного и Азовского морей. Наши анемометрические съемки (сеть наблюдений – одна точка на 1000–1500 м²) показали, что вблизи береговой полосы характерные черты пространственной изменчивости воздушных потоков отличны от присущих местам, удаленным от моря на несколько сотен метров, и зависят от строения берегов, которые разделяются на пять анемометрических типов. Внутри последних можно обозначить от пяти до девяти ветровых зон.

Наиболее сложный для озеленительных работ случай представляют мысовые положения в западной части ЮБК (роза ветров с абсолютным преобладанием параллельных линии берега направлений): вследствие сближения линий тока в промежутке между береговым обрывом и ближайшими к нему высотными санаторными корпусами индекс усиления скорости ветра достигает 225 %, крайне сужены зоны затишья. Здесь можно выделить 9 ветровых зон с изменчивостью силы воздушных потоков от 25 % до 225 % ее значения на открытом ровном месте, в то время как в Средней полосе России верхний предел равен 170 % (Руководство ..., 1979).

На берегах бухт (второй тип берега) условия более благоприятны. Третьим анемометрическим типом местности являются ровные берега: западное побережье Крыма и север Керченского полуострова. В городе Щёлкино (7 ветровых зон, описаны в таблице 3) максимальное усиление ветра равно 175%, как в континентальных районах; местная особенность – редкость слабых ветров (повторяемость скорости ниже 4 м/с равняется 27 %, средняя годовая скорость составляет 6,2 м/с). Для каждой зоны рекомендован отдельный список интродуцентов. Если для зоны 3 предложено 23 вида хвойных, то для пятой зоны только 12, для ветроударной седьмой – 8 видов (Антюфеев, Максимов, 1987).

Таблица 3

Режим ветра в приморской полосе крымского Приазовья (третий тип берега)

Характеристика ветра		Ветровые зоны						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Коэффициент скорости К, % от открытого ровного места	от	25	25	50	75	100	125	150
	до	50	75	75	100	125	150	175
Средняя годовая скорость, м/с		2,5	3,0	3,5	4,5	5,5	6,5	8,0
Годовое число дней с ветром сильнее 15 м/с		5	10	15	20	25	30	40

Классическим примером того, как в местах с жесткими ветровыми условиями (метеостанция «Мыс Сарыч») изменяется культурфитоценоз ПП, служит Форосский парк. Обусловленная ветровыми потоками высота деревьев определяется аэродинамическими параметрами – толщиной слоя вытеснения и уровнем шероховатости. В Форосе эти параметры заданы размерами неровностей рельефа, а именно – высотой приморского межтеррасного уступа, и вершины деревьев «подстрижены» примерно на одном уровне. В НБС ступенчатость рельефа не выражена, и слой вытеснения задан высотой парковых растений. Те которые имеют размер на 20 % больше модального значения высоты деревьев первого яруса, отличаются усеченными верхушками (рис. 1). Для характерного размера парковых деревьев 15–20 м в НБС слой вытеснения должен быть несколько выше, если пользоваться известными зависимостями (Дубов и др., 1978), но они относятся к равнинным условиям. Если для территории НБС ввести поправку на угол уклона местности (около 20°) в виде косинуса этого угла, сходимость фактического и расчетного значений становится удовлетворительной.



Рис. 1–2. Деформация крон парковых насаждений под влиянием ветра
1 – Никитский ботанический сад (снято сверху вниз по склону); 2 – склон к Ялтинской бухте.

Сопоставим форму береговой линии и преобладающих направлений ветра (рис. 3), с одной стороны, и степень деформации крон кипарисов (рис. 1–2) – с другой.

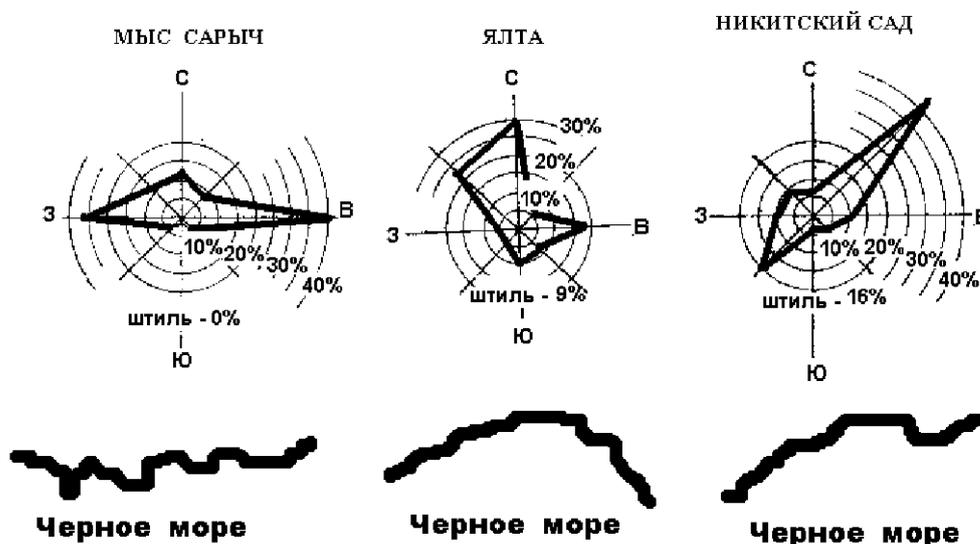


Рис. 3. Розы ветров и формы береговой линии в трех пунктах ЮБК

Такое сопоставление убедительно демонстрирует, что там, где ветер часто дует в направлении, параллельном линии берега (метеостанции «Мыс Сарыч» и «Никитский Сад, Мартьян»), его влияние на кроны усиливается вследствие сближения линий тока и увеличения, по законам аэродинамики, скорости воздушных потоков. Высокорослые деревья в окрестностях мыса Сарыч и мыса Мартьян (на рис. 1 – кипарисы в Верхнем парке Никитского ботанического сада) отличаются ярко выраженной усечённостью верхушек. В Ялте (метеостанция «Ялта») и близ нее (преобладающие направления ветра близки к перпендикулярным относительно береговой черты) такое явление не столь заметно (рис. 2).

Вполне очевидно, что менеджмент садово-паркового хозяйства должен осуществляться с учетом широкого круга факторов внешней среды. Однако заключения о степени экологической пригодности участка для интродуцентов базируются во многих случаях не на собственных оригинальных исследованиях, а на использовании опубликованных другими авторами поправок к общеклиматическим показателям без экспертизы правомерности применения этих микроклиматических поправок в условиях данного природного района.

В качестве примера того, как такой шаблонный подход может ввести ландшафтных архитекторов в заблуждение, приведем своеобразную микроклиматическую ситуацию, зафиксированную на ЮБК в арборетуме НБС в парке Монтедор, прилегающем к одноименному мысу (Антюфеев и др., 2014).

Продолжительность вегетационного периода в парке Монтедор, несмотря на его приморское положение, такая же, как на метеостанции «Никитский Сад», находящейся двумястами метрами выше, а теплообеспеченность периода активной вегетации (с температурой воздуха выше 10 °С) примерно на 100 градусов меньше, чем к востоку от мыса Монтедор. Причиной этого является орография территории – котловинная форма рельефа и наличие двух балок, по которым в нижнюю часть монтедорского парка стекает холодный воздух с высоты около 300 м над уровнем моря. И если летом этот процесс не имеет решающего значения для декоративных культур, зимой он может привести к гибели отдельных растений, успешно зимующих без укрытия в других парках.

Например, наблюдавшееся нами в монтедорской котловине сильное обмерзание трахикарпуса высокого (*Trachycarpus exelsa* Н. Wendl.) при глубоком похолодании в феврале 1985 г. после январской оттепели (Важов и др., 1988) объясняется значительными внутрисуточными перепадами температуры, характерными именно для таких форм рельефа. Здесь провокационные оттепели быстрее побуждают растения, не имеющие периода глубокого покоя, к началу скрытого роста. В других парках НБС этот вид перенес аномальные морозы лучше. Средневзвешенное значение степени повреждений, при подеревном учете в арборетуме НБС всех растений этого вида, составило в наиболее холодном Верхнем парке арборетума (пункт микроклиматических измерений на высоте 165 м над уровнем моря) 3,8 балла, в Нижнем парке на высоте 110 м – 2,9 балла, в Приморском парке (35 м) 3,1 и в котловине парка Монтедор (10 м) 3,4 балла.

Детальное термометрическое изучение парка Монтедор (42 точки измерения на площади около 10 га) показало, что понижение местности к большой поляне создает уменьшение минимальной температуры на 1,5–3,0 °С по сравнению с наблюдаемой на вершине находящегося на расстоянии 90 м холма высотой 9 м. В литературе такие значения термического отклонения (означающие переход от сублетальной либо просто вредной для растений температуры к летальным параметрам) приводятся как характерные для холмистого рельефа с перепадом высот 30–50 м (Руководство ..., 1979). Более того, трижды за зиму зарегистрированы случаи, когда в центре газона на дне монтедорской котловины минимальная температура была на 0,4–0,8 °С ниже, чем по его краям при разности геодезических отметок 70 см. Это явление относится уже к области, для которой даже понятие «микроклимат» слишком крупномасштабно и изучается недавно сложившейся дисциплиной – наноклиматологией.

Из таблицы 4 следует, что не столько экстремальные понижения температуры (абсолютный минимум), сколько более часто повторяющиеся ее низкие значения (средний из суточных минимумов) в парке Монтедор – явление не менее обычное и не менее опасное,

чем в более высоко расположенных парках. Это обстоятельство необходимо принимать во внимание при подборе ассортимента интродуцентов, не делая расчет на то, что в парке Монтедор они будут зимовать успешнее, чем в Нижнем и тем более в Приморском парках.

Надежной основой для планирования посадок древесных интродуцентов, особенно экзотических, могут стать сводные микроклиматические карты (Казиминова и др., 2006). Не для всех климатических факторов можно их построить на основе непродолжительных наблюдений. Тем важнее выявить локальную изменчивость тех метеоэлементов, которые не требуют регулярных долгосрочных измерений – например, ветрового режима. На сводной карте ветрового режима выделяются участки, где возможно усиление воздушных потоков до опасного предела. Направление ветра в данном случае является второстепенным признаком и на карте не указывается. Иначе говоря, одна сводная карта заменяет комплект карт для ветров разных направлений.

Таблица 4

Термические условия самого холодного за последние 63 года периода (4 февраля – 14 марта 1985 г.) в арборетуме НБС

Значение температуры воздуха	Парки арборетума, высота над уровнем моря			
	Верхний, 165 м	Нижний, 110 м	Приморский, 35 м	Монтедор, 10 м
Среднее за 39 суток	-2,5	-2,2	-1,2	-1,5
Среднее из минимальных	-5,4	-4,9	-3,9	-4,6
Абсолютное минимальное	-13,3	-12,4	-12,1	-11,6
Число часов с морозом	731	644	645	645

На ветроударных участках надо высаживать растения, которым присуща устойчивость к сильным ветрам, зависящая от ломкости ветвей, гибкости ствола и «якорной способности» корневой системы. Особое внимание выращиванию здесь деревьев следует уделять в первые после посадки годы. Можно укреплять деревья растяжками и создавать ветроломные кулисы из менее ценных ветроустойчивых пород, предусмотрев удаление в последующем этих растений. Применение названных специальных агротехнических приемов на начальных этапах выращивания деревьев позволило и в таких условиях в санатории «Южный» близ мыса Сарыч (розу ветров см. на рисунке 3) сформировать высокодекоративные насаждения.

Ошибки в управлении культурфитоценозами ПП совершаются также из-за неумения заранее предвидеть опасные явления погоды, случающиеся редко, но приносящие большой вред растениям. Расчетные методы позволяют оценить вероятность понижений температуры до опасных пределов, определить повторяемость засух, ураганов и других явлений в любом районе. Так, одиннадцатибалльная буря случается за 15 лет в НБС один раз, а в Севастополе трижды (соотношение статистических вероятностей 1:3). При других скоростях ветра соотношение иное – 1:5 для десятибалльного шторма и 1:2 для двенадцатибалльного урагана. Создавая парк, надо принимать во внимание погодные аномалии очень малой повторяемости: не 5–10 %, как в плодоводстве, а 1–2 %. По нашим расчетам (Антюфеев, Рябов, 2017), в Северном Причерноморье (станции Одесса, Николаев, Херсон, Симферополь) вероятность и контрастность таких опасных явлений, как летние засухи и поздние весенние заморозки после теплой зимы, не снижается на фоне тенденции к глобальному потеплению, поэтому климатологов по-прежнему следует обязательно привлекать к участию в проектировании объектов зеленого строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Климатолог не должен давать ландшафтным архитекторам, дендрологам или руководителям, отвечающим за состояние парков-памятников, указания относительно конкретных действий по сохранению и развитию этих объектов ООПТ, но его обязанность – обратить внимание названных специалистов на те агрометеорологические факторы, которые могут оказать существенное, а иногда и определяющее воздействие на функционирование мемориального культурфитоценоза в режиме устойчивого развития. С другой стороны, стратегические решения в области управления дендропарками должны приниматься с учетом экспертных заключений агрометеорологов и микроклиматологов.

Список литературы

- Анненков А. А., Ларина Т. Г. Методические указания по геоботаническому изучению парковых сообществ. – Ялта: ГНБС, 1980. – 28 с.
- Антонины А. С. Элементы геофизики в озеленении городов // Озеленение городов Узбекистана. – Ташкент: Гостехиздат, 1939. – С. 9–36.
- Антюфеев В. В. Микроклиматическая изменчивость термических ресурсов вегетационного периода на Южном берегу Крыма // Сборник научных трудов ГНБС. – 2003. – Т. 121. – С. 137–145.
- Антюфеев В. В. Природоохранное значение и место климатического компонента в ландшафтных комплексах заповедников // Заповедники Крыма: Материалы 3-й науч. конф. – Симферополь, 2005 а. – Ч. 1. – С. 11–16.
- Антюфеев В. В. Ветровой режим и озеленение морских побережий Крыма // Интродукция растений на початку XXI століття: Матеріали Міжнар. наук. конф., присвяч. 70-річчю Нац. бот. саду. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005 б. – С. 219–221.
- Антюфеев В. В., Казимилова Р. Н., Евтушенко А. П. Агроклиматические, микроклиматические и почвенные условия в приморской полосе Южного берега Крыма. Теоретические основы и практические рекомендации для рационального размещения растений при реконструкции насаждений // Сборник научных трудов ГНБС. – 2014. – Т. 137. – 90 с.
- Антюфеев В. В., Максимов А. П. Хвойные для озеленения жилой застройки на территории керченского Приазовья // Бюллетень Главного ботанического сада. – 1987. – Вып. 144. – С. 59–64.
- Антюфеев В. В., Рябов В. А. Опыт агроклиматологического обоснования проектов плодовых насаждений в Северном Причерноморье в эпоху глобального потепления // Известия Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 252–256.
- Важов В. И., Антюфеев В. В., Куликов Г. В., Максимов А. П. Термические особенности зимы 1984 – 1985 гг. на Южном берегу Крыма и древесные экзоты // Сборник научных трудов ГНБС. – 1988. – Т. 105. – С. 104–116.
- Гаранович И. М. Современный ассортимент древесных растений для зеленого строительства в Беларуси // Жизнь в гармонии: ботанические сады и общество: Материалы Междунар. научн. конф. – Тверь: ГЕРС, 2004. – С. 99–101.
- Дубов А. С., Быкова Л. П., Марунич С. В. Турбулентность в растительном покрове. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 184 с.
- Дулицкий А. И. Искусственно созданные объекты охраны природы // Заповедники Крыма: Материалы 2-й научн. конф. – Симферополь, 2002. – С. 63–65.
- Екологічне законодавство України (збірник законодавчих актів). – Харків: Еко-право, 1996. – 235 с.
- Закон Р К «Об особо охраняемых территориях Республики Крым» от 10 ноября 2014 г. № 5 – ЗРК/2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub_236243.pdf (дата обращения 04. 08. 2017).
- Закон Р Ф «Об особо охраняемых территориях» от 14 марта 1995 г. № 33 – ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102034651> (дата обращения 04. 08. 2017).
- Казимилова Р. Н., Антюфеев В. В., Евтушенко А. П. Методичні основи оцінки екологічних умов для закладки нових і реконструкції старих парків // Наук. вісник. – Львів: Укр. держ. лісотехніч. унів-т. – 2001. – Вип. 11.5. – С. 262–267.
- Казимилова Р. Н., Антюфеев В. В., Евтушенко А. П. Принципы и методы агроэкологической оценки территории для зеленого строительства на юге Украины. – Киев: Аграрна наука, 2006. – 120 с.
- Краснитский А. М. Проблемы заповедного дела. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 192 с.
- Никифоров А. Р., Волошин Р. Р. Парки-памятники садово-паркового искусства и природно-заповедный фонд // Заповедники Крыма: Материалы 3-й науч. конф. – Симферополь: ТНУ, 2005. – Ч. 1. – С. 76–79.
- Ниценко А. А. Сады и парки как объект геоботанического исследования // Вестник Ленинградского университета – 1969. – Серия биология. – Вып. 3, № 15. – С. 54–62.
- Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. – М.: Мысль, 1978. – 295 с.

Репина Н. Н., Чхобадзе А. Б. Экология старинных парков-памятников садово-паркового искусства // Научное обеспечение охраны окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Вологда: Русь, 1997. – С. 65–69.

Репина Н. Н., Чхобадзе А. Б. Инвентаризация старинных сельских усадебных парков Вологодской области и оценка состояния их природных комплексов (1983–2003 гг.) // Усадебные парки русской провинции: проблемы сохранения и использования: Материалы Всерос. науч. конф. – Великий Новгород: НовГУ, 2003. – С. 66–68.

Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 152 с.

Стойко С. М. Научные основы заповедного дела // Охрана важнейших ботанических объектов Украины, Белоруссии, Молдавии. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 22–35.

Шульц Г. Взаимодействие макро- и микроклиматических факторов, способствующих успешному применению вентиляторов для борьбы с заморозками в южной Калифорнии. // Биометеорология. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – С. 73–81.

Antyufeyev V. V. Agroclimatological matters in management of cultural phytocenosis of dendroparks // Ecosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 35–43.

Negative effects arising from alteration of old parks without agroclimatological investigations to be done are shown. Some data of the microclimatic observations in the park's associations are presented. It includes wind, air humidity and temperature under tree's heads and wind.

Key words: cultural phytocenosis, management of dendroparks, agrometeorology, microclimate, Crimea.

Поступила в редакцию 01.11.2017 г.

УДК 581.527.4:57.085.2:581.1

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗМНОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ЭНДЕМИКОВ ФЛОРЫ ГОРНОГО КРЫМА

*Митрофанова О. В., Митрофанова И. В., Лесникова-Седошенко Н. П., Браилко В. А., Никифоров А. Р.,
Челомбит С. В., Иванова Н. Н., Жданова И. В.*

*Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
Ялта, Республика Крым, Россия, invitro_plant@mail.ru*

Проведены комплексные ботанические, биотехнологические и физиологические исследования по выявлению особенностей развития реликтовых эндемиков флоры Крыма – *Heracleum ligusticifolium* M. Bieb. (Apiaceae), *Lagoseris callicephalo* Juz., *L. purpurea* L. (Asteraceae), *Lamium glaberrimum* (K. Koch) Taliev (Lamiaceae), *Scrophularia exilis* Popl. (Scrophulariaceae), *Silene jailensis* N.I. Rubtzov (Caryophyllaceae). Продемонстрированы возможности размножения реликтовых эндемиков в культуре *in vitro*, что значительно расширяет и углубляет знания о биологии их развития и морфогенетических потенциях, позволяет создавать генобанк *in vitro* для сохранения исследуемых видов. В условиях *in vitro* впервые выявлены основные пути морфогенеза 6 реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма: прямая регенерация через адвентивное побегообразование и непрямая – через соматический эмбриогенез. Показано, что среда МС, дополненная 0,1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК и 0,1 мг/л ГК₃ значительно повышала эффективность регенерации изучаемых видов. Дана оценка функционального состояния фотосинтетического аппарата органов и тканей 4 видов в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: редкий вид, морфогенез, питательная среда, регуляторы роста, регенерация микропобегов.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение раритетного генофонда редких видов региональных флор имеет особую актуальность. В частности, реликтовые эндемики флоры Горного Крыма до настоящего времени остаются не изученными. С 2004 года растения реликтовых эндемиков наблюдаются *in situ* и выращиваются *ex situ* (лаборатория флоры и растительности ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (ФГБУН «НБС-ННЦ»), но данные исследования не позволяют получить растения для более глубоких исследований: генетических, биотехнологических, физиолого-биохимических.

Основа стратегии сохранения видов и сортов растений определяется рядом программных документов, таких как «Конвенция о биологическом разнообразии» (Convention on Biological Diversity – www.plant-conservation-report-en.pdf), «Global Strategy Plant Conservation» (www.botanicgardens/ie/gspc/pdfs/gspc.pdf), «Международная программа ботанических садов по охране растений» (2000). Реликтовые эндемики флоры Горного Крыма представляют собой генетически оригинальную биоэкологическую группу. К ним относятся *Lamium glaberrimum* (K. Koch) Taliev (Lamiaceae), *Lagoseris callicephalo* Juz., *L. purpurea* L. (Asteraceae), *Scrophularia exilis* Popl. (Scrophulariaceae), *Silene jailensis* N. I. Rubtzov (Caryophyllaceae), *Heracleum ligusticifolium* M. Bieb. (Apiaceae). Популяции указанных видов труднодоступны и не выходят за пределы литогенных ландшафтов, что затрудняет изучение популяций и отдельных растений данных видов (Никифоров, 2016). Медленное возобновление видов реликтовых эндемиков, трудность их размножения, а также усиление антропогенного воздействия приводят к обеднению видового состава флоры и сокращению ареалов распространения.

Для сохранения растительного генофонда все большее значение приобретает использование биотехнологических подходов в размножении и сохранении ценных редких и исчезающих видов, в том числе и реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма (Новикова, 2013; Cruz-Cruz et al., 2013; Engelmann, 2013; Молканова и др., 2015; Митрофанова, 2016; Митрофанова и др., 2016; Mitrofanova et al., 2017a).

В лаборатории биотехнологии и вирусологии растений НБС-ННЦ с 2015 года проводятся исследования по изучению морфогенетического потенциала органов и тканей и разработка эффективных методов микроразмножения 6 видов реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма: *Lam. glaberrimum*, *L. callicephalo*, *L. purpurea*, *Scr. exilis*, *S. jailensis* и *H. ligusticifolium*.

Перспективной и весьма сложной проблемой экспериментальной биологии является исследование динамики структурных перестроек ассимилирующих тканей растений *in vitro*. Особый интерес вызывают неинвазивные методы, позволяющие проводить мониторинг функционирования растений без нарушения их жизнедеятельности (Будаговская и др., 2007). На примере таких культур как лаванда, лавандин, канна садовая, роза эфиромасличная исследованы морфо-анатомические особенности и функциональное состояние растений в условиях *in vitro* и *ex situ* (Палий и др., 2016; Mitrofanova et al., 2016; Mitrofanova et al., 2016a; Mitrofanova et al., 2016b; Grebennikova et al., 2017; Mitrofanova et al., 2017b).

Целью данного исследования было изучение морфогенетических и физиологических особенностей регенерации *in vitro* некоторых видов реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма для сохранения биоразнообразия полуострова.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений ФГБУН «НБС-ННЦ». Исходным материалом служили регенеранты, полученные *in vitro* из семян, собранных с растений *in situ* и *ex situ*, а также органы и ткани растений видов *L. glaberrimum*, *Scr. exilis*, *S. jailensis*, *H. ligusticifolium*, *Lag. callicephalo*, *Lag. purpurea*, произрастающих *ex situ* и отобранных в мае-октябре.

Lamium glaberrimum и *Scr. exilis* представляют собой облигатные гляреофиты – «растения осыпей», двулетники, цветут с первого года жизни; *S. jailensis* по своей экологической природе относится к облигатным хазмофитам – «растениям трещин», многолетний полукустарничек с моноподиальными побегами. *Heracleum ligusticifolium*, *L. callicephalo* и *L. purpurea* являются видами двойной экологической природы, способными к развитию как на покрытых трещинами скальных поверхностях, так и на коллювии осыпных чехлов; *H. ligusticifolium* – трехлетник, в природных условиях имеет всего 1 верхушечную почку, *L. callicephalo* и *L. purpurea* – многолетние травянистые поликарпики (Никифоров, 2016). Изучаемые виды внесены в Красные книги РФ и Республики Крым и относятся к 3 категории редкости (Красная книга ..., 2008; Красная книга ..., 2015).

Эксперименты по культуре *in vitro* проводили согласно методикам Р. Г. Бутенко (1964), И. В. Митрофановой и др. (2014), Л. Куте и др. (2013). Режимы стерилизации семян приведены нами в ранних публикациях (Митрофанова и др., 2016). Для получения стерильной культуры отобранных *ex situ* эксплантов (органов и тканей) было испытано 4 способа последовательной обработки. Способы различались по концентрации стерилизующих агентов и экспозиции их воздействия: 1) 70 % этанол (2 мин), 1 % раствор Thimerosal (Sigma, США) (5 мин), 0,2 % раствор Dez Tab (Китай) (5 мин); 2) 70 % этанол (2 мин), 1 % раствор Thimerosal (5 мин), 0,5 % раствор Dez Tab (5 мин); 3) 70 % этанол (1 мин), 1 % раствор Thimerosal (7 мин), 0,2 % раствор Dez Tab (7 мин); 4) 60 % этанол (1,5 мин), 1 % раствор Thimerosal (7 мин), 0,5 % раствор Dez Tab (7 мин). В каждый стерилизующий раствор добавляли 1-2 капли Tween 20 (Sigma, США). После каждого реагента экспланты 3–4 раза промывали стерильной дистиллированной водой.

При введении в условия *in vitro* в качестве первичных эксплантов использовали листья, апексы и части побегов с узлом. Для изучения процессов морфогенеза и регенерации применяли питательные среды на основе базовых сред Мурасиге и Скуга (МС) (Murashige, Skoog, 1962), Гамборга (В5) (Gamborg, Eveleigh, 1968) и Woody Plant Medium (WPM) (Lloyd, McCown, 1980), дополненные регуляторами роста: 6-бензиламинопурином – БАП (Sigma,

США) в концентрации 0,05–2,0 мг/л, 3-(1,2,3-Тиadiaзолин-5)-1-фенилмочевинной – ТДЗ (Duchefa Biochemie, Голландия) – 1,3 мг/л, индолил-3-масляной кислотой – ИМК (Sigma, США) – 0,01–0,5 мг/л, индолил-3-уксусной кислотой – ИУК (Sigma, США) – 1,5 мг/л; и гибберелловой кислотой – ГК₃ (Sigma, США) – 0,1–0,5 мг/л. Все варианты сред содержали 30 г/л сахарозы и 9 г/л агара (Panreac, Испания). Контролем была среда без регуляторов роста. pH среды доводили до 5,7–5,8 1 н. раствором NaOH или HCl. Питательные среды автоклавировали при 120°C в течение 5–12 мин в стерилизаторе LAC 5060S («DAIHAN LABTECH», Южная Корея). Регуляторы роста и витамины вводили в среды после автоклавирования в стерильных условиях бокса биологической безопасности SC2 («ESCO», Сингапур). Субкультивирование эксплантов осуществляли через каждые 3–4 недели. Сосуды с эксплантами содержали в культуральном помещении при температуре 20–22 °С, 16-часовом фотопериоде и освещенности 2–2,5 клк, а также в камере моделирования климатических условий для роста растений MLR-352-PE («Panasonic», Япония). Опыты проводили трижды в десятикратной повторности.

Функциональное состояние фотосинтетического аппарата регенерантов, выращенных в условиях *in vitro*, тестировали по параметрам флуоресценции хлорофилла на приборе LPT-1/CFU (Россия). Флуоресценция возбуждалась в синей области спектра (470 нм), регистрировалась кривая индукции флуоресценции хлорофилла (ИФХ) – кривая Каутского, и на ее базе определяли параметры фотосинтетического преобразования световой энергии в растительной клетке. Темновая адаптация измеряемых объектов длилась 30 мин, после чего их помещали в условия низкой освещенности (менее 100 лк). Время измерений и экстраполяции кривой МИФХ для расчета ее параметров составляло 300 сек. Опыты проводили в пятикратной повторности.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием программы STATISTICA for Windows 10.0 (StatSoft, Inc.) и многогранного теста Дункана (P<0,05).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из испытанных нами способов поверхностной стерилизации более эффективной для разных типов эксплантов исследуемых видов была последовательная стерилизация 1,5 мин в 60 % этаноле, 7 мин в 1 % растворе Thimerosal и 7 мин в растворе Dez Tab. При этом уровень контаминации не превышал 10–15%.

Через 12–28 суток от начала введения происходило развитие адвентивных почек, формирование микророзеток и микропобегов у всех исследуемых видов.

В экспериментах использовали разные варианты сред МС, В5 и WPM, отличающихся по составу и количеству макро- и микросолей, а также регуляторов роста. Испытание этих сред показало, что концентрации макро- и микроэлементов значительно влияли на рост и развитие реликтовых эндемиков в условиях *in vitro*. Исследование влияния трофических факторов показало, что более обедненные по содержанию нитратов и фосфата калия среды, такие, как В5 и WPM, ингибировали регенерационные процессы. При этом отмечали замедление роста микропобегов и хлороз листовых пластинок. В результате проведенных экспериментов среда МС была определена как оптимальная для субкультивирования и последующей регенерации.

Наши исследования показали, что реализация морфогенетического потенциала видов реликтовых эндемиков в условиях *in vitro* проходила двумя путями: прямая регенерация через адвентивное побегообразование – у всех изучаемых видов, и из листа – у *L. glaberrimum*; непрямую регенерацию через соматический эмбриогенез наблюдали у вида *H. ligusticifolium*. Известно, что индукция и пути реализации морфогенеза зависят от происхождения, типа исходного экспланта и условий культивирования (Plant Propagation by Tissue Culture, 2008; Митрофанова, 2011).

Как видно из таблицы 1, регенерационный потенциал микророзеток и микропобегов зависел от вида реликтового эндемика, концентраций регуляторов роста в питательной среде МС и числа субкультивирований.

Инициацию развития пазушных почек и микророзеток наблюдали на всех трех вариантах среды, но оптимальным был вариант с минимальным содержанием регуляторов роста: 0,1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК совместно с 0,1 мг/л ГК₃. После 1 субкультивирования на этой среде высокий регенерационный потенциал был отмечен у видов *S. jailensis* (66,7 %), *Scr. exilis* (50 %), *L. callicephala* (46,7 %) и *L. purpurea* (43,3 %). Однако через 85–90 суток (после 3 субкультивирования) частота регенерации у всех исследуемых видов достигала 90–100 % (рис. 1).

Таблица 1

Регенерационный потенциал 6 видов реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма при различных сроках культивирования под воздействием трофических и гормональных факторов

Вид	Частота регенерации, %					
	после 1 субкультивирования			после 3 субкультивирования		
	1	2	3	1	2	3
<i>Lamium glaberrimum</i>	10,0 e	26,7 cd	20,0 d	60,0 b	63,3 ab	90,0 a
<i>Scrophularia exilis</i>	16,7 e	26,7 de	50,0 c	63,3 ab	66,7 ab	96,7 a
<i>Silene jailensis</i>	50,0 de	50,0 de	66,7 bc	83,3 ab	90,0 ab	100,0 a
<i>Heracleum ligusticifolium</i>	3,3 ns	6,7 ns	10,0 ns	70,0 bc	73,3 ab	100,0 a
<i>Lagoseris callicephala</i>	13,3 ns	43,3 e	46,7 cd	83,3 ab	76,7 bc	93,3 a
<i>Lagoseris purpurea</i>	16,7 f	33,3 e	43,3 cd	76,7 ab	76,7 ab	96,7 a

Примечание к таблице. 1 – среда МС + 0,1 мг/л БАП; 2 – среда МС + 0,5 мг/л БАП; 3 – среда МС + 0,1 мг/л БАП + 0,1 мг/л ИМК + 0,1 мг/л ГК₃.

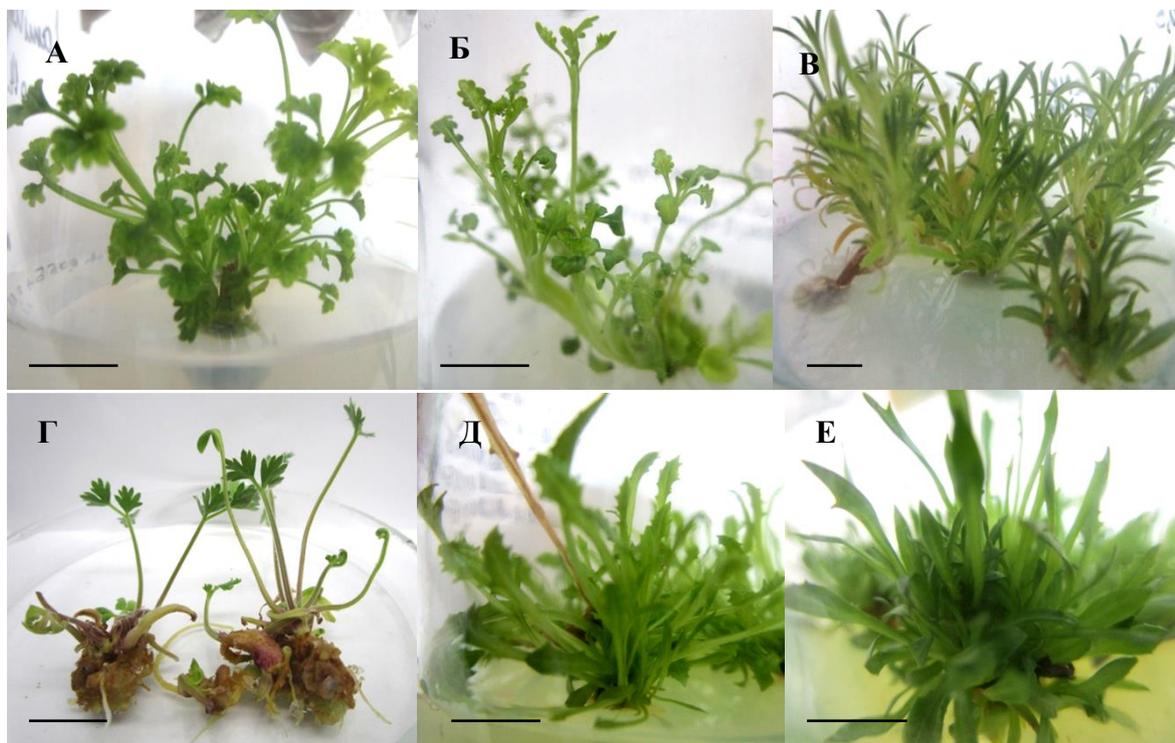


Рис. 1. Множественное адвентивное побегообразование реликтовых эндемиков в условиях *in vitro* на питательной среде МС с 0,1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК и 0,1 мг/л ГК₃ (масштабная линейка 1 см)

А – *Lamium glaberrimum*; Б – *Scrophularia exilis*; В – *Silene jailensis*; Г – *Heracleum ligusticifolium*; Д – *Lagoseris callicephala*; Е – *Lagoseris purpurea*.

Несмотря на самый низкий регенерационный потенциал у вида *H. ligusticifolium* в естественных условиях произрастания, по сравнению с другими видами, в условиях *in vitro* этот показатель значительно возрастал после третьего субкультивирования и достигал 100 %.

Оценивая влияние регуляторов роста и их концентраций на морфогенез и регенерацию адвентивных микропобегов, выявлен высокий регенерационный потенциал видов *H. ligusticifolium*, *S. jailensis* и *Scr. exilis* (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика регенерационной способности 6 видов реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма в условиях *in vitro* после третьего субкультивирования на питательной среде МС с 0,1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК и 0,1 мг/л ГК₃

Вид	К-во микропобегов/эксплант, шт.	Длина микропобега, см	Количество листьев/микропобег, шт.
<i>Lamium glaberrimum</i>	10,10 f	2,71 b	5,19 bc
<i>Scrophularia exilis</i>	12,58 b	3,14 a	7,50 ab
<i>Silene jailensis</i>	13,42 ab	3,04 ab	13,37 a
<i>Heracleum ligusticifolium</i>	15,08 a	1,54 cd	3,15 d
<i>Lagoseris callicephal</i>	10,46 de	0,46 g	6,15 bc
<i>Lagoseris purpurea</i>	11,48 c	0,59 ef	4,44 c

Количество сформировавшихся микропобегов/эксплант достигало 15,08, 13,42 12,58; длина микропобега составила 1,54, 3,04 и 3,14 см; количество листьев/микропобег – 3,15, 13,37 и 7,52 у видов *H. ligusticifolium*, *S. jailensis* и *Scr. exilis*, соответственно.

При культивировании листовых эксплантов *Lam. glaberrimum* нами было отмечено, что у этого вида существуют преддетерминированные зоны меристематической активности, из которых на питательной среде МС с цитокинином ТДЗ в концентрации 1,3 мг/л в результате прямого органогенеза формируются адвентивные почки, развивающиеся в микропобеги (рис. 2). Регенерация микропобегов из листовых эксплантов происходила на 25–30 сутки культивирования, и в этом случае было получено 2–3 микропобега/эксплант. Субкультивирование отделенных микропобегов на среде того же состава индуцировало формирование розетки микропобегов в количестве 7–10 штук.



Рис. 2. Прямая регенерация микропобегов из листовых эксплантов *Lamium glaberrimum* на питательной среде МС с 1,3 мг/л ТДЗ (масштабная линейка 1 см)

Наряду с этим, часть микропобегов была помещена на питательную среду МС с 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК. При этом регенерация проходила по пути непрямого органогенеза и формировались единичные микропобеги.

Регенерация через непрямо соматический эмбриогенез отмечена у вида *H. ligusticifolium* на питательной среде МС, дополненной 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК (рис. 3а). Из базальной части микропобега формировался морфогенный каллус, внутри и по периферии которого развивались соматические зародыши, проходившие все стадии от глобулы до торпеды (рис. 3б). 25–30 % эксплантов отмечали на семядольной стадии развития, из них формировались полноценные регенеранты (рис. 3в).

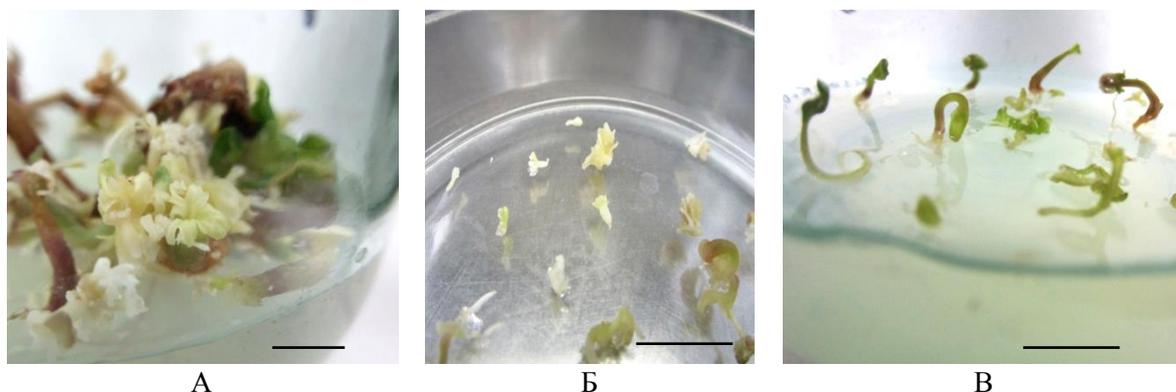


Рис. 3. Непрямой соматический эмбриогенез *Heracleum ligusticifolium* в условиях *in vitro* на питательной среде МС с 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК (масштабная линейка 1 см)

А – формирование соматических зародышей из каллуса в базальной части микропобега; Б – соматические зародыши; В – прорастание соматических зародышей *in vitro*.

Таким образом, показаны два пути реализации морфогенетического потенциала видов реликтовых эндемиков в культуре *in vitro*: прямая регенерация через адвентивное побегообразование и непрямая регенерация через соматический эмбриогенез.

В ходе структурно-функциональных исследований реликтовых эндемиков, культивируемых в условиях *in vitro*, получены экспериментальные данные, представленные в таблице 3. Известно, что максимальные значения роста флуоресцентного сигнала от F_0 до уровня F_m – переменная флуоресценция (F_v) присущи фотосинтетическим аппаратам с наилучшим функциональным состоянием (Budagovsky et al., 2002; Романов и др., 2010). Исходя из этого, при размножении в условиях *in vitro* нормальное функциональное состояние было присуще видам *L. callicephala* и *L. purpurea* (табл. 3).

Таблица 3

Параметры фотосинтетической активности листьев и микропобегов некоторых реликтовых эндемиков флоры Горного Крыма при их культивировании *in vitro*

Вид	F_v	$(F_m - F_{st})/F_m$	F_m/F_{st}
	относительная единица флуоресценции, М		
<i>Heracleum ligusticifolium</i>	259 cd	0,43 bc	2,44 bc
<i>Lagoseris callicephala</i>	515 ab	0,56 b	3,18 b
<i>Lagoseris purpurea</i>	542 a	0,71 a	3,59 a
<i>Silene jailensis</i>	298 bc	0,44 bc	2,48 bc

Примечание к таблице. F_v – переменная флуоресценция; $(F_m - F_{st})/F_m$ – фотосинтетическая активность; F_m/F_{st} – индекс жизнеспособности.

Процесс спада флуоресценции обусловлен развитием и поддержанием разности протонного градиента рН поперек тилакоидной мембраны, а также отражает светорегулируемое перераспределение энергии возбуждения хлорофилла, что возможно при высокой степени структурной целостности элементов фотосистем. О. Н. Будаговская с соавторами (2007), а также Стебет и Говаджи (Stirbet, Govindjee, 2011) указывают на связь между кинетикой МИФХ и фотосинтетической ассимиляцией углекислоты, благодаря чему фотосинтетическая активность может быть оценена при помощи выражения: $Kf=(F_m-F_{st})/F_m$. Данный параметр отражает эффективность утилизации света при фотосинтезе, он не имеет размерности и не зависит от видовой и сортовой принадлежности. В норме ее величина составляет 0,6 и выше, при патологиях различного происхождения снижается пропорционально ослаблению фотосинтетической функции (Stirbet and Govindjee, 2011). Фотоингибирование отмечено у видов *H. ligusticifolium* и *S. jailensis*. Активная работа ассимиляционного аппарата позволяет выделить вид *L. purpurea*.

Индекс жизнеспособности рассчитан как отношение максимума флуоресценции к стационарному уровню и обозначается как F_m/F_{st} . Также как и параметр Kf , не имеет размерности и видовой или сортовой специфики. В норме величина F_m/F_{st} редко превышает 4 ед. (Романов и др., 2010; Stirbet and Govindjee, 2011). Тенденция анализа данного параметра сходна с предыдущими: максимум жизнеспособности проявляют виды *L. purpurea* и *L. callicephala*, минимум определен для *S. jailensis*, *H. ligusticifolium*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наши исследования продемонстрировали, что в качестве эксплантов могут быть использованы сегменты побега, листья и другие органы, полученные из микропобегов, культивируемых в условиях *in vitro*. Впервые показано, что морфогенетический потенциал реализуется путем прямой и непрямой регенерации и обеспечивает высокую эффективность микроразмножения 6 видов реликтовых эндемиков: *Lam. glaberrimum*, *L. callicephala*, *L. purpurea*, *Scr. exilis*, *S. jailensis*, *H. ligusticifolium*.

Оптимальной питательной средой для регенерации микропобегов и размножения изучаемых видов *in vitro* является среда Мурасиге и Скуга, дополненная 0,1 мг/л БАП и 0,1 мг/л ИМК совместно с 0,1 мг/л ГК₃. В базальной части микропобегов *H. ligusticifolium* на питательной среде МС с 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК формируется морфогенный каллус, из которого развиваются соматические зародыши, проходящие стадии от глобулы до торпеды. Полноценные регенеранты получены из зародышей на семядольной стадии развития.

Дана оценка функциональному состоянию фотосинтезирующих тканей и в целом регенерантам 4 видов реликтовых эндемиков. Выявлено активное функциональное состояние *L. purpurea*, нормальное – *L. callicephala*, и некоторое фотоингибирование у *S. jailensis* и *H. ligusticifolium* (критические пределы витального состояния не достигнуты).

Список литературы

- Будаговская О. Н., Будаговский А. В., Будаговский И. А. Автоматизированная система контроля структурных перестроек растительных тканей // Приборы и техника эксперимента. – 2007. – № 1. – С. 161–162.
- Бутенко Р. Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. – М.: Наука, 1964. – 272 с.
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. А.В. Ена и А.В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова; Гл. редколл.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
- Международная программа ботанических садов по охране растений / Пер. с англ. Ю.Лисиной. Под ред. И. Смирнова, В. Тихоновой. – М., 2000. – 57 с.
- Митрофанова И. В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологии получения и сохранения многолетних садовых культур. – К.: Аграрна наука, 2011. – 344 с.

Митрофанова И. В. Биотехнологии оздоровления, размножения и сохранения садовых культур // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)», посвященной 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада г. Ялта, Республика Крым, Россия. 25 сентября – 1 октября 2016 г. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2016. – С. 10.

Митрофанова И. В., Митрофанова О. В., Корзина Н. В., Лесникова-Седошенко Н. П., Иванова Н. Н., Тевфик А. Ш., Пилипчук Т. И., Заяц А. Ю., Челомбит С. В., Мелихова Г. И. Методические аспекты в исследовании органогенеза и соматического эмбриогенеза *in vitro* представителей семейств Ranunculaceae, Cannaceae, Moraceae, Rosaceae, Mugiaceae, Oleaceae, Actinidiaceae // Методология биотехнологических и вирусологических исследований ценных многолетних культур: Сборник научных трудов ГНБС. – 2014. – Т. 138. – С. 102–136.

Митрофанова И. В., Митрофанова О. В., Никифоров А. Р., Лесникова-Седошенко Н. П., Иванова Н. Н., Челомбит С. В., Жданова И. В. Особенности введения в условия *in vitro* некоторых реликтовых эндемиков флоры горного Крыма // Бюллетень ГНБС. – 2016. – Вып. 121. – С. 62–69.

Молканова О. И., Васильева О. Г., Коновалова Л. Н. Научные основы сохранения и устойчивого воспроизводства генофонда растений в культуре *in vitro* // Вестник Удмуртского университета. – 2015. – Т. 25, вып. 2. – С. 95–100.

Никифоров А. Р. Реликтовые эндемики флоры Горного Крыма в составе петрофитона и гляреофитона // Ботан. журн. – 2016. – Т. 101, № 9. – С. 1008–1024.

Новикова Т. И. Использование биотехнологических подходов для сохранения биоразнообразия растений // Растительный мир Азиатской России. – 2013. – № 2 (12). – С. 119–128.

Палий А. Е., Митрофанова И. В., Браилко В. А., Гребенникова О. А., Зубкова Н. В., Челомбит С. В. Морфологические изменения и метаболические процессы, происходящие в вегетативных органах *Canna x hybrida* hort. ex Vasker при поражении вирусными патогенами // Бюллетень ГНБС. – 2016. – Вып. 120. – С. 61–68.

Романов В. А., Галелюка И. Б., Сарахан Е. В. Портативный флуориметр Флоратест и особенности его применения // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. – 2010. – Т. 1(7), № 3. – С. 39–44.

Budagovsky A., Budagovskaya O., Lenz F., Keutgen A., Alkayed K. Analysis of functional state of cultivated plants by means of interference of scattered light and chlorophyll fluorescence // Journal of Applied Botany. – 2002. – Vol. 76. – P. 115–120.

Convention on Biological Diversity. – www.plant-conservation-report-en.pdf

Cruz-Cruz C. A., González-Arnao M. T., Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity // Resources. – 2013. – Vol. 2. – P. 73–95. doi:10.3390/resources2020073

Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity // Resources. 2013. – Vol. 2. – P. 73–95. doi:10.3390/resources2020073

Gamborg O. L., Eveleigh D. E. Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley // Can. J. Biochem. – 1968. – 46, N 5. – P. 417–421.

Global Strategy Plant Conservation – www.botanicgardens/ie/gspc/pdfs/gspc.pdf

Grebennikova O., Paliy A., Brailko V., Mitrofanova O., Rabotyagov V., Zhdanova I., Mitrofanova I. Adaptive capacity of some lavender and lavandin cultivars *in vitro* and *in situ* // AGROFOR International Journal. – 2017. – Vol. 2, N 1. – P. 91–98. DOI: 10.7251/AGRENG1701091G

Kyte L., Kleyn J., Scoggins H., Bridgen M. Plants from test tubes: An introduction of micropropagation. 4th ed. – Timber Press, Portland, Oregon, 2013. – 274 p.

Lloyd G., and McCown B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // Proc. Int. Plant Prop. Soc. – 1980 – Vol. 30. – P. 420–427.

Mitrofanova I., Brailko V., Lesnikova-Sedoshenko N., Mitrofanova O. Clonal micropropagation and some physiology aspects of essential oil roses valuable cultivars regeneration *in vitro* // Agriculture & Forestry (Poljoprivreda iumarstvo). – 2016a. – Vol. 62, Issue 4. – P. 73–81. DOI: 10.17707/AgriculfForest.62.4.09

Mitrofanova I., Grebennikova O., Brailko V., Paliy A., Marko N., Lesnikova-Sedoshenko N., Mitrofanova O. Physiological and biochemical features of some cultivars in essential oil rose (*Rosa x damascene* Mil.) growing *in situ* and *in vitro* // International Journal of PharmTech Research. – 2016b. – Vol. 9, N 7. – P. 226–232.

Mitrofanova I., Nikiforov A., Lesnikova-Sedoshenko N., Mitrofanova O. Biotechnological Approaches to Cultivation of Some Relict Endemics // In Vitro Cellular & Developmental Biology - Animal. – 2017a. – Vol. 53, Suppl. 1. – P. 38. DOI: 10.1007/s11626-017-0162-1

Mitrofanova I. V., Kuzmina T. N., Brailko V. A. Some histological and physiological features of meristemoids formation in canna lily (*Canna x hybrida* hort.) // Acta Horticulturae. – 2017b. – N 1167. – P. 63–68. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1167.9

Mitrofanova I. V., Tefvik A. Sh., Mitrofanova O. V., Brailko V. A., Lesnikova-Sedoshenko N. P. Features of canna regeneration *in vitro* and plantlets adaptation *in vivo* // Acta Horticulturae. – 2017c. – N 1155. – P. 447–454. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1155.66

Mitrofanova O. V., Grebennikova O. A., Paliy A. E., Brailko V. A., Mitrofanova I. V. Biochemical and physiological features of regenerants in some lavender and lavandin cultivars *in vitro* // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. – 2016. – Vol. 17, Issue 7–8. – P. 335–341.

Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15 (3). – 473–497. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

Plant Propagation by Tissue Culture. 3rd Edition / Eds. E. F. George, M. A. Hall, G.-J. De Klerk. – Dordrecht, The Netherlands: Springer. – 2008. – Vol. 1. – 501 p.

Stirbet A., Govindjee On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2011. – Vol. 104, N 1–2. – P. 236–257. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010

Mitrofanova O. V., Mitrofanova I. V., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Brailko V. A., Nikiforov A. R., Chelombit S. V., Ivanova N. N., Zhdanova I. V. Biotechnological and physiological features in the propagation of some rare endemic species of the Mountain Crimea flora // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 44–52.

Complex botanical, biotechnological and physiological studies have been carried out in order to identify special features in the development of relict endemic species of the Crimean flora – *Heracleum ligusticifolium* M. Bieb. (Apiaceae), *Lagoseris callicephala* Juz., *L. purpurea* L. (Asteraceae), *Lamium glaberrimum* (K. Koch) Taliev (Lamiaceae), *Scrophularia exilis* Popl. (Scrophulariaceae), *Silene jailensis* N. I. Rubtzov (Caryophyllaceae). Opportunities for those species *in vitro* propagation have been demonstrated. The presented results significantly expand and deepen knowledge about their developmental biology and morphological capacities, enable to form *in vitro* genebank for the long term conservation of the studied species. For the first time under *in vitro* conditions, the main ways of morphogenesis in 6 relict endemic species of the Mountain Crimea flora have been revealed: direct regeneration via adventitious bud formation and indirect regeneration via somatic embryogenesis. It was demonstrated that MS medium supplemented with 0.1 mg/l BAP, 0.1 mg/l IBA and 0.1 mg/l GK₃ significantly increased the efficiency of regeneration in the studied species. Functional state of organs and tissues photosynthetic apparatus in four species under *in vitro* culture was assessed.

Key words: rare species, morphogenesis, culture medium, plant growth regulators, microshoot regeneration.

Поступила в редакцию 07.11.2017 г.

УДК 582.548.25: 57.085.23

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА *CANNA* × *HYBRIDA* HORT. EX BASKER В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Тевфик А. Ш.^{1, 2}, Браилко В. А.¹

¹Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, Россия

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Республика Крым, Россия, tevfik.arzy@yandex.ru

Представлены основные этапы клонального микроразмножения канны садовой: введение в культуру *in vitro* вегетативных почек, адвентивное побегообразование, образование меристемоеидов, регенерация микропобегов и растений из меристемоеидов и последующая адаптация *in vivo*. Показаны изменения параметров водного режима трех сортов канны, таких как Суевия, Дар Востока и Ливадия в зависимости от условий культивирования *in vitro*, *in vivo* и *ex situ*.

Ключевые слова: канна садовая, меристемоеид, регенерация, водный режим, *in vitro*, *in vivo*, *ex situ*.

ВВЕДЕНИЕ

Одними из наиболее отзывчивых сторон метаболизма растений при изменяющихся условиях культивирования являются характеристики водного режима. Вода – основной компонент растительных клеток и тканей, ее содержание варьирует в зависимости от особенностей конкретной культуры и от способности адаптироваться к экзогенным абиотическим факторам (Кушнеренко, Печерская, 1991). Ряд исследователей считает, что особенность регулирования водообмена – один из основных факторов, ограничивающих рост и развитие растений *ex situ* (Chaves et al., 2009). В работе Flexas et al. (2006) показано, что водный стресс и изменения в водном балансе в первую очередь влияют на ассимиляцию CO₂, ограничивая процессы роста. Так как клональное микроразмножение направлено на получение большего количества растительного материала в нормальном функциональном состоянии, способного достаточно быстро развиваться и расти, актуальным является вопрос регуляции водного режима растений в условиях *in vitro*, *in vivo* и *ex situ*.

Известно, что морфогенез канны садовой при культивировании в асептических условиях может проходить через образование меристемоеидных кластеров, а затем через регенерацию микропобегов из меристемоеидов. В связи с этим, целью наших исследований было изучение оводненности тканей меристемоеидов *in vitro*, микропобегов и растений *Canna* × *hybrida hort. ex Basker* в условиях абсолютной влажности *in vitro*, в защищенном грунте (*in vivo*) при контролируемых значениях относительной влажности воздуха и при выращивании растений в открытом грунте на коллекционных участках (*ex situ*), для составления прогноза их адаптационных способностей к водному стрессу и выделению среди изучаемых сортов наиболее устойчивых генотипов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании использовали перспективные сорта канны садовой (*C. × hybrida hort.*) из коллекции ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» («ФГБУН «НБС-ННЦ»): 2 сорта селекции ФГБУН «НБС-ННЦ» (Дар Востока и Ливадия) и 1 сорт зарубежной селекции (Суевия).

Эксперименты проводили в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений ФГБУН «НБС-ННЦ». В работе использовали методы культуры органов и тканей растений общепринятые (Бутенко, 1999; Kute et al. 2013) и разработанные в отделе биотехнологии растений (Митрофанова, 2011; Митрофанова и др., 2014).

Для стерилизации вегетативных почек использовали 2 схемы ступенчатой стерилизации с применением таких антисептиков как этанол (C₂H₅OH), коммерческий препарат Domestos

(Великобритания), коммерческий препарат ДезТаб (КНР), фунгицид Thimerosal (Merk, Германия) с разной экспозицией (Тевфик, 2012).

Экспланты помещали на модифицированную питательную среду Мурасиге и Скуга [МС] (Murashige, Skoog, 1962) с 3,0 % сахарозы, 1,0 % агар-агара (Panreac, Испания) с добавлением 6-бензиламинопурина (БАП, Sigma, США) и гибберелловой кислоты (ГК₃, Sigma, США). Пробирки с эксплантами культивировали при температуре 24 ± 1 °С, 16-часовом фотопериоде и освещенности 2–3 клк. Для адвентивного побегообразования канны в питательную среду МС добавляли цитокинины тидиазурон (ТДЗ, Sigma, США) и БАП. Для адаптации регенерантов к условиям *in vivo* использовали перлит, смесь перлита и стерильного почвенного субстрата (1:1), и смесь перлита и торфа (1:1). Адаптацию проводили на СУВРе. Для поддержания 100 % влажности в качестве изоляторов применяли стеклянные и полиэтиленовые стаканы. Опыты проводили трижды в десятикратной повторности, определяли среднее, отклонение от среднего, подсчитывая количество образовавшихся меристемоеидов и микропобегов. Обработку данных осуществляли с помощью программы STATISTICA forWindows, 6.0 (StatSoft, Inc., 2013).

Оценку оводненности проводили методом термической сушки при 105 °С до постоянного веса, фракционный состав воды изучали при помощи метода Маринчика-Гусева (Лищук, 1991). Анализ водного дефицита и водоудерживающая способность тканей листа был проведен для растений, произрастающих в условиях открытого грунта арборетума НБС (Кушнеренко, 1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из факторов, который имеет значительное влияние на эффективность клонального микроразмножения, является состав питательной среды. В зависимости от типа экспланта и поставленных задач, на каждом этапе микроразмножения подбирается определенная питательная среда, в частности концентрации и комбинации регуляторов роста растений (Бутенко, 1999; Митрофанова, 2011; Mitrofanova et al., 2016).

Для введения в культуру *in vitro* вегетативных почек была использована питательная среда МС с 4 мг/л БАП и 1 мг/л ГК₃. Среди изучаемых нами сортов у Дар Востока и Суевия удалось индуцировать образование дополнительных микропобегов. При этом коэффициент размножения не превышал 1,6 шт./эксплант, поэтому в дальнейшем для активизации адвентивного побегообразования использовали питательную среду МС с добавлением ТДЗ.

Как показали наши исследования, применение низкой концентрации ТДЗ не повышало частоту адвентивного побегообразования у сортов Дар Востока и Суевия, по сравнению с результатами, полученными на среде, используемой для введения эксплантов. Вместе с тем у 69 % и 95 % эксплантов сорта Ливадия удалось индуцировать образование дополнительных побегов при повышении концентрации ТДЗ до 1,27 и 1,91 мг/л соответственно (рис. 1). Однако высокое содержание ТДЗ (2,54 мг/л) снижало частоту адвентивного побегообразования, а при длительном культивировании вызывало активное образование каллуса темно-зеленой окраски у эксплантов двух сортов: Суевия и Дар Востока.

При добавлении в питательную среду ТДЗ в концентрации 1,27 и 1,91 мг/л у сорта Суевия (рис. 2) наблюдали активную регенерацию дополнительных эксплантов (более 4 шт./эксплант) по сравнению с другими сортами (до $2,75 \pm 0,29$ шт.).

Наряду с этим длительное культивирование (более 60 суток при пассаже каждые 30 суток на аналогичную питательную среду) микропобегов изучаемых сортов на средах с ТДЗ индуцировало появление меристемоеидов в их основании. У сортов Суевия (рис. 3Б) и Дар Востока (рис. 3А) с каждым субкультивированием на свежеприготовленную среду с 1,27 мг/л ТДЗ повышался коэффициент размножения. На 180 суток отмечали в среднем образование $20,25 \pm 0,55$ и $25 \pm 1,9$ меристемоеидов на эксплант у сортов Суевия и Дар Востока соответственно. Вместе с тем, экспланты сорта Ливадия на 180 сутки культивирования образовывали в среднем $40 \pm 5,62$ меристемоеидов на питательной среде, дополненной 1,91 мг/л ТДЗ (рис. 3В).

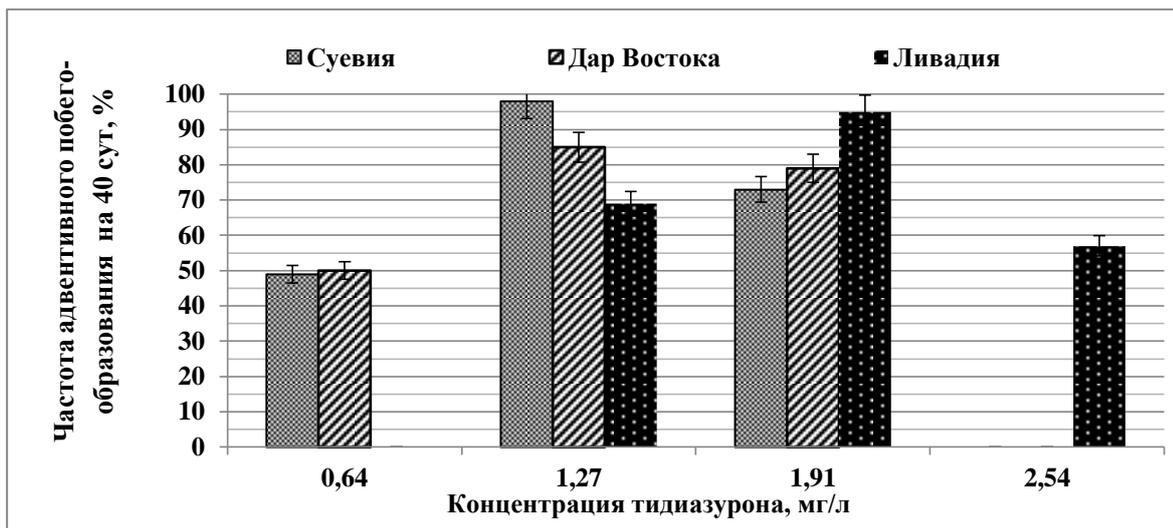


Рис. 1. Влияние сорта и концентрации ТДЗ в питательной среде на частоту адвентивного побегообразования канны садовой

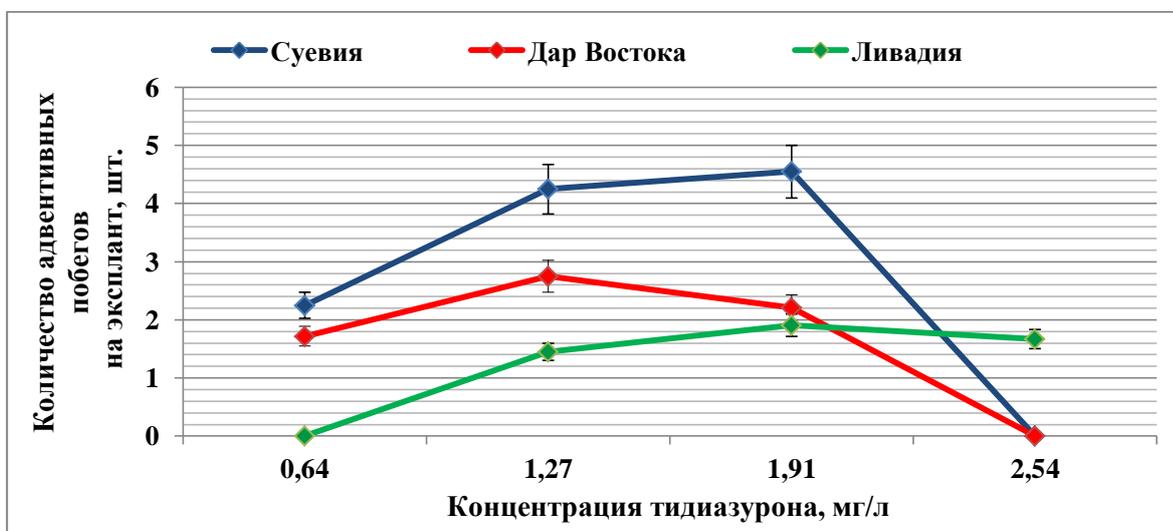


Рис. 2. Зависимость образования адвентивных микропобегов канны садовой от культивируемого сорта и концентрации ТДЗ в питательной среде



Рис. 3. Сформовавшиеся меристемоиды канны садовой у сортов Дар Востока (А), Суевия (Б), Ливадия (В); масштабный отрезок 1 см

Гистологические исследования позволили нам зафиксировать и подтвердить образование меристемоидов в основании микропобегов двух сортов канны садовой: Суевия и Ливадия (Тевфик и др., 2014а, 2014б). Анализ литературных источников показал, что подобные гистологические исследования немногочисленны. Так, имеются ряд публикаций, касающихся гистологического изучения образовавшихся меристемоидов у таких культур: *Anthurium andraeanum* Linden (Bhattacharya et al., 2015), *Abies fraseri* (Pursh) Poir. (Saravitz et al., 1993), *Tacitus bellus* (Spasić et al., 2015), *Passiflora edulis* Sims (Gloria et al., 1999) и *Paulownia tomentosa* Steud. (José et al., 2014).

Необходимо отметить, что после перенесения меристемоидов канны садовой, культивируемых на питательной среде, содержащей ТДЗ, на безгормональную питательную среду МС нам удалось индуцировать и пролонгировать процесс образования новых меристемоидов. Так, в основании меристемоидов сорта Суевия и Ливадия на 40-е сутки культивирования на безгормональной среде формировалось до 4 и 10 меристемоидов на эксплант соответственно. Однако, длительное культивирование не приводило к образованию новых меристемоидов. Это может свидетельствовать о том, что ТДЗ обладает пролонгирующим действием, которое при более продолжительном культивировании (более 50 суток) на среде без регуляторов роста угасает.

Для регенерации микропобегов из меристемоидов использовали питательную среду МС с 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК, на которой в первые 50 суток культивирования отметили образование новых меристемоидов. При более длительном культивировании (при субкультивировании каждые 30 суток на аналогичную питательную среду) из меристемоидов формировались вегетативные почки, а затем микропобеги (рис. 4А) и полноценные растеньица, пригодные к высадке в условия *in vivo* (рис. 4Б). Нам также удалось исключить специальный этап ризогенеза при разработке схемы клонального микроразмножения канны садовой.



А
Б
Рис. 4. Регенеранты *in vitro* (А) и высаженные растения канны садовой сорта Суевия в условия *in vivo* (Б)

Среди используемых нами видов субстрата для высадки на адаптацию *in vivo*, наиболее эффективным оказалось применение смеси перлита и стерильного почвенного субстрата. Однако приживаемость высаженных регенерантов была невысокой, поэтому необходимо было выяснить, как быстро происходит восстановление метаболизма за счет изменения водного режима растений канны от условий *in vitro* к условиям *in vivo*.

Меристемоиды *Canna × hybrida* были в значительной степени обводненными: 90–96 % от их сырого веса составляла вода, из которой фракция свободной – 67–83 %. Меристемоиды сорта Суевия содержали больше связанной воды, чем сорта Ливадия и Дар Востока (табл. 1).

Таблица 1

Оводненность меристематических тканей и листьев *Canna × hybrida* при различных условиях культивирования

Условия культивирования		Сорт		
		Суевия	Ливадия	Дар Востока
		Доля содержания воды / доля связанной воды, % M±m		
<i>in vitro</i>	ткани меристематических	92±4 / 15 ±2	88±2 / 28 ±5	90±5 / 16 ±3
	листья микропобегов	95±2 / 8 ±2	96±2 / 30 ±2	94±3 / 42 ±5
<i>in vivo</i>	листья регенерантов	92±4 / 36 ±2	84±6 / 45 ±1	90±4 / 47 ±3
<i>ex situ</i> , листья	июль	87±3 / 46 ±5	85±4 / 63 ±7	88±5 / 58 ±4
	август	84±4 / 56 ±2	81±6 / 76 ±6	86±4 / 60 ±3

Общее содержание воды в тканях листьев микропобегов канны садовой *in vitro* также очень высокое, оно составило 91–98 %, при этом на долю связанной фракции пришлось 10–47 % ее содержания (максимальный показатель у регенерантов сорта Ливадия). Исследования фракционного состава воды регенерантов *in vivo* продемонстрировали увеличение связанной воды до 31–50 %, при сходном уровне оводненности листьев (91–93 %).

Ранее нами были изучены анатомо-морфологические особенности регенерантов канны садовой (Tevfik et al., 2015; Mitrofanova et al., 2017a, Mitrofanova et al., 2017b), что позволило выявить наличие гидроморфной структуры вегетативных органов с множественными очагами гистогенеза в меристематических и недифференцированным мезофиллом листьев у микропобегов *in vitro*. И только на этапе корнеобразования и выращивания в теплице формируются кутикулярный покров, палисадный и губчатый мезофилл; клетки эпидермы становятся мельче и приобретают правильную форму. Для определения характера зависимости изменения морфометрических и структурных показателей листьев с фракционным составом воды в условиях культивирования *in vitro* и адаптации *in vivo* был проведен корреляционный анализ, который установил наличие тесной обратной корреляции между количеством устьиц на адаксиальной и абаксиальной эпидерме с долей связанной воды ($r=-0,91$ и $-0,96$). Также установлена положительная корреляция между толщиной листа и фракцией упорядоченной воды ($r=0,80$), положительная корреляция характерна для толщины мезофилла и содержанием связанной воды ($r=0,73$). Стоит отметить, что вегетативные органы регенерантов сортов Суевия и Дар Востока обладают наиболее изогидратными характеристиками: при изменяющихся условиях культивирования оводненность их тканей *in vitro* и *in vivo* более стабильна. При этом у сорта Ливадия установлена анизогидратная тенденция в регуляции параметров водного режима: при стабильно высокой оводненности доля связанной воды в процессе культивирования становится больше, что указывает на более высокий адаптационный потенциал водообмена регенерантов данного сорта.

На коллекционном участке НБС растения канны садовой находятся при соответствующем агротехническом уходе и постоянном поливе. Таким образом, во время вегетации возможно воздействие только атмосферной, а не почвенной засухи. В связи с этим листья отбирали во время максимального напряжения гидротермического стресса: в третьей декаде июля (среднесуточная температура воздуха только составила 23,5 °С, максимальная достигала 28,4 °С, минимальная относительная влажность воздуха – 46 %) и третьей декаде августа (23,8 и 27,4 °С, минимальная относительная влажность – 27 %). Общее содержание

воды в листьях канны садовой в период вегетации находилось в среднем в пределах от 82 до 93 %. Отмечено варьирование водного режима в зависимости от сорта. Максимальная оводненность тканей в течение периода вегетации отмечена у сорта Дар Востока, минимальная – у сорта Ливадия. Определение форм воды в динамике показало, что у всех сортов при нарастании стресса увеличивается доля связанной воды (до уровня 55–76 %, максимальные значения у сорта Ливадия). Водный дефицит в тканях листа был незначительный. Его величина составляла 3–8% (максимальные значения характерны для сорта Суевия: 7–8 %).

Это также может быть связано с наличием у листьев канны *ex situ* мощной кутикулы, развитой аэренхимы, плотного мезофилла с мелкими межклетниками (Палий и др., 2016).

Водоудерживающая способность тканей листьев изученных сортов высокая, – за 24 часа завядания водоотдача составила 36–41 % у сорта Суевия, у остальных сортов достигла 14–29 % от состояния полного насыщения. Существенная разница среди сортов была отмечена через 48 часов завядания, когда листья у сортов Суевия и Ливадия потеряли 38–54 %. Для сорта Дар Востока характерна водоотдача 29–38 %. Несмотря на низкую водоудерживающую способность при 48-часовом завядании листья сорта Ливадия проявляют значительную репарационную способность, на 72 % восстанавливая тургор при повторном насыщении.

Таким образом, благодаря исследованиям параметров водного режима листьев канны садовой во время культивирования в открытом грунте можно выделить сорта, обладающие более высокими способностями переносить атмосферную засуху: Дар Востока и Ливадия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментов продемонстрировали особенности клонального микроразмножения канны садовой, на этапе собственно микроразмножения которого, кроме образования дополнительных микропобегов, также проходит множественное образование меристематидов.

Определены оптимальные концентрации регуляторов роста: для адвентивного побегообразования – 1,27 мг/л ТДЗ (сорта Дар Востока и Суевия) и 1,91 мг/л (сорт Ливадия); для регенерации меристематидов и корнеобразования – 1,5 мг/л БАП и 1,5 ИУК.

Изучение показателей водного режима 3 сортов канны садовой позволили выявить, что минимальная устойчивость к гидротермическому стрессу характерна для сорта Суевия.

Исследования выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда № 14-50-00079.

Список литературы

- Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений и биотехнологии на их основе: учеб. пособие. – М.: ФРК – Пресс, 1999. – 160 с.
- Кушнirenко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. – Кишинёв: Штиинца, 1991. – 306 с.
- Лищук А. И. Методика определения водоудерживающей способности к обезвоживанию листьев плодовых культур. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации. М.: ГНБС. – 1991. – С. 33–36.
- Митрофанова И. В. Соматический эмбриогенез и органоогенез как основа биотехнологии получения и сохранения многолетних садовых культур. – К.: Аграрна наука. – 2011. – 344 с.
- Митрофанова О. В., Митрофанова И. В., Лесникова-Седошенко Н. П., Иванова Н. Н. Применение биотехнологических методов в оздоровлении растений и размножении безвирусного посадочного материала перспективных цветочно-декоративных культур // Сборник научных трудов ГНБС. – 2014. – Т. 138. – С. 5–56.
- Палий А. Е., Митрофанова И. В., Браилко В. А., Гребенникова О. А., Зубкова Н. В., Челомбит С. В. Морфологические изменения и метаболические процессы, происходящие в вегетативных органах *Canna × hybrida hort. ex Backer* при поражении вирусными патогенами // Бюллетень ГНБС. – 2016. – Вып. 120. – С. 62–68.
- Тевфик А. Ш. Регенерация растений канны садовой (*Canna × hybrida hort.*) в культуре вегетативных почек *in vitro* // Труды Никитского ботанического сада. – 2012. – Т. 134. – С. 426–435.

Тевфик А. Ш., Митрофанова И. В., Кузьмина Т. Н. Влияние регуляторов роста на регенерационную способность канны садовой (*Canna × hybrida hort.*) // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014а. – N 3(3). – С. 124–127.

Тевфик А. Ш., Митрофанова И. В., Кузьмина Т. Н. Особенности клонального микроразмножения канны садовой (*Canna × hybrida hort.*) // Biotechnologia Acta. – 2014б. – Vol. 7, N 5. – С. 71–76.

Bhattacharya M., Sen A. Rapid *in vitro* multiplication of disease-free *Zingiber officinale* Rosc. Indian Journal of Plant Physiology. – 2006. – Vol. 11, N 4. – P. 379–384.

Chaves M. M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Ann. Bot. – 2009. – Vol. 103. – P. 551–560. doi: 10.1093/aob/mcn125.

Flexas J., Bota J., Galmes J., Medrano H., Ribas-Carbó M. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. Physiol Plant. – 2006 – Vol. 127. – P. 343–352. doi: 10.1111/j.1399-3054.2006.00621.

Gloria B. A., Vieira M. L. C., Dornelas M. C. Anatomical studies of *in vitro* organogenesis induced in leaf-derived explants of passionfruit // Pesq. agropec. bras., Brasília. – 1999. – Vol. 34, N 11. – P. 2007–2013.

José M.C.S., Cernadas M.J., Corredoira E. Histology of the regeneration of *Paulownia tomentosa* (Paulowniaceae) by organogenesis // Rev. Biol. Trop. – 2014. – Vol. 62 (2). – P. 809–818.

Kyte L., Kleyn J., Scoggins H., Bridgen M. Plants from Test Tubes: An introduction of Micropropagation, 4th edn Portland, OR, US: Timber Press, 2013. – 274 p.

Mitrofanova I. V., Brailko V. A., Kuzmina T. N. Some histological and physiological features of meristemoid formation in *Canna lily* (*Canna × hybrida hort.*) // Acta Hort. – 2017а. – N 1167. – P. 63–68 doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1167.9

Mitrofanova I., Brailko V., Lesnikova-Sedoshenko N., Mitrofanova O. Clonal micropropagation and some physiology aspects of essential oil roses valuable cultivars regeneration *in vitro* // Agriculture and Forestry (Poljoprivredaisumarstvo). – 2016. – Vol. 62, N 4. – P. 73–81 doi: 10.17707/Agricult Forest.62.4.09

Mitrofanova I. V., Tefvik A.Sh., Mitrofanova O. V., Brailko V. A., Lesnikova-Sedoshenko N. P. Features of *Canna* regeneration *in vitro* and plantlets adaptation *in vivo* // Acta Hort. – 2017b. – N 1155. – P. 447–454 doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1155.66

Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. – 1962. – Vol. 15, N 3. – P. 473–497.

Saravitz C. H., Blazich F. A., Amerson H. V. Histology of *in vitro* adventitious bud development on cotyledons and hypocotyls of fraser fir // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1993. – Vol. 118 (1). – P. 163–167.

Spasić S. Z., Mitrović A. L. J., Janošević D., Budimir S. Estimation of meristemoid complexity during *Tacitus bellus in vitro* shoot organogenesis by 2D fractal analysis // Botanica Serbica. – 2015. – Vol. 39 (2). – P. 137–142.

StatSoft, Inc. (2013). Электронное статистическое пособие. Талса, ОК: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>

Tefvik A. Sh., Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Brailko V. A. The biotechnology approaches of *Canna* (*Canna × hybrida hort.*) regenerants obtaining and its adaptation *in vivo* // Book of Abstracts 6th International ISHS symposium. Production and Establishment of Micropropagated Plants. (Sanremo, Italy, 19–24 April, 2015). – Sanremo: IRF, 2015. – P. 201.

Tefvik A. Sh., Brailko V. A. The peculiarities of *Canna × hybrid hort. ex Backer* water regime at different culture conditions // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 53–59.

The main stages of garden canna clonal micropropagation: introduction in culture *in vitro* of vegetative buds, adventive shoot formation, meristemoids formation, microshoots and plantlets regeneration from meristemoids and following acclimatization *in vivo* are presented. Changes of the three canna cultivars (Suevia, Dar Vostoka and Livadia) water regime parameters depending on culture conditions (*in vitro*, *in vivo*, *ex situ*).

Key words: *Canna lily*, meristemoid, regeneration, water regime, *in vitro*, *in vivo*, *ex situ*.

Поступила в редакцию 30.10.2017 г.

УДК 634:45:57.085.2

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ХУРМЫ ВОСТОЧНОЙ

Иванова Н. Н., Митрофанова И. В., Браилко В. А., Кузьмина Т. Н., Хохлов С. Ю.

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, Россия, nnivanova2017@yandex.ru

В статье представлены результаты использования методов биотехнологии в размножении двух сортов *Diospyros kaki* Thunb. Выявлена индуцирующая роль БАП в питательной среде МС на этапе индукции побегообразования, обеспечивающая стабильную прямую регенерацию микропобегов из вегетативных почек хурмы. Показано, что наличие в среде МС ТДЗ способствовало формированию микропобегов путем непрямого органогенеза в культуре высечек листа. Приведены данные гистологических исследований каллуса. Выявлены структурные и метаболические особенности вегетативных органов двух сортов хурмы на этапе регенерации микропобегов *in vitro*.

Ключевые слова: *Diospyros kaki*, вегетативная почка, высечка листа, каллус, адвентивные микропобеги.

ВВЕДЕНИЕ

Родина хурмы восточной (*Diospyros kaki* Thunb.) – Северный и Центральный Китай. В Никитский ботанический сад (НБС) хурма восточная завезена в конце 19 века. Плоды ценнейшей субтропической культуры хурмы богаты витаминами, полифенольными веществами и органическими соединениями, содержат до 25,9 % сахаров. Сок хурмы обладает бактерицидными свойствами в отношении кишечной палочки и золотистого стафилококка (Казас и др., 2012). Недостаточная эффективность традиционных способов размножения этой культуры (древесное черенкование, прививка) требует новых подходов. Использование биотехнологических методов в размножении растений позволяет получать генетически однородный растительный материал (Bhojwani, Dantu, 2013).

Первые работы по микроразмножению хурмы проведены еще в 80-90-х годах прошлого столетия (Соорег, Cohen, 1985; Митрофанова и др., 1998). Применение метода эмбриокультуры в селекции хурмы позволило ускорить создание сорта Россиянка (Здруйковская-Рихтер, 2003). В дальнейшем были разработаны способы регенерации отдельных сортов хурмы из вегетативных почек *in vitro* (Tetsumura et al., 2001; Liu et al., 2006; Kochanova et al., 2011). Получена регенерация микропобегов некоторых сортов хурмы восточной из вегетативных почек, высечек листьев и культивируемого каллуса в условиях *in vitro* (Mitrofanova, Mitrofanova, 2004; Иванова и др., 2016а; Иванова и др., 2017). Установлена зависимость регенерационной способности эксплантов отдельных сортов хурмы восточной от сроков их введения, режима стерилизации, состава питательной среды и условий культивирования (Иванова и др., 2016б).

Цель наших исследований – выявить возможные пути регенерации микропобегов хурмы восточной перспективных сортов Золотистая и Никитская Бордовая (ВТОРОЕ СЛОВО с большой буквы? Уточните) селекции Никитского ботанического сада (НБС) из вегетативных почек и высечек листа. Определить морфоанатомические и физиологические особенности листьев микропобегов двух сортов хурмы восточной в условиях *in vitro*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В биотехнологические исследования были включены 2 сорта хурмы восточной – Золотистая и Никитская Бордовая, выращиваемые в генофондовой коллекции НБС. Сорт Золотистая – гибрид от скрещивания сортов Триумф и Украинка. Крона полушаровидная, высота 2,5 м. Листья зеленые, яйцевидные, средней величины. Плоды округлые, массой 146–291 г. Никитская Бордовая – отобранный сеянец от свободного опыления сорта Россиянка. Крона дерева округлопирамидальная. Листья плотные, сверху темно-зеленые,

снизу – зеленые, широкоовальной формы. Плоды плоскоокруглой формы, массой 130–150 г (Казас и др., 2012). В условия *in vitro* были введены вегетативные почки изучаемых сортов хурмы восточной.

Исследования по введению эксплантов в культуру *in vitro* и регенерации микропобегов хурмы проводили в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений НБС с применением различных биотехнологических методов (Бутенко, 1999; Митрофанова, 2011; Kyte et al., 2013). Вегетативные почки хурмы стерилизовали 1 мин в 70 % этаноле, 15 мин в растворе, содержащем 0,3–0,4 % Cl_2 (Дез ТАБ), затем в 1 % растворе Thimerosal с добавлением 2–3 капель детергента Tween 20. После каждого реагента экспланты промывали 3 раза стерильной дистиллированной водой. Изолированные вегетативные почки с удаленными покровными чешуями культивировали на модифицированной нами среде МС (Murashige, Skoog, 1962). Для индукции регенерации микропобегов в питательную среду вводили регуляторы роста: цитокинины – 1,0–5,0 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП) или 0,7–2,0 мг/л зеатина и ауксин – 0,1–0,3 мг/л β -индолил-3-масляной кислоты (ИМК), 30 г/л сахарозы и 10 г/л агар-агара. Для оздоровления от вирусной инфекции применяли вирицид рибавирин (виразол, 1-бета-D-рибофуранозил-1Н-1,2,4-триазол-3-карбоксамид), введенный непосредственно в питательную среду в концентрации 10 мг/л. Экспланты культивировали на стеллажах при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 16-часовом фотопериоде и интенсивности освещения $37,5 \text{ мкМ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$.

Листья хурмы отделяли от микропобегов, культивируемых *in vitro*, разрезали на квадраты с центральной жилкой и черешком листа (0,8 x 0,8 см) и помещали на среду МС. В экспериментах использовали тидиазурон (ТДЗ, Sigma, США) в концентрациях 0,2; 0,6; 1,1; 1,7 и 2,2 мг/л. Контрольной была среда МС без цитокинина. Одну часть эксплантов культивировали на стеллаже в культуральной комнате с 16-часовым фотопериодом, интенсивностью освещения $37,5 \text{ мкМ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$, другую – в отсутствии освещения при $25 \pm 1^\circ\text{C}$ в термостате MIR 254 (SANYO, Япония).

Морфогенные структуры фиксировали в смеси Карнуа (96 % этиловый спирт, хлороформ, уксусная кислота в соотношении 6:3:1). После фиксации материал переносили в 70 % водный раствор этилового спирта. Для его обезвоживания использовали растворы этилового, бутилового спирта и ксилола с постепенным повышением их концентрации, а в последующем материал пропитывали парафином. Парафиновые срезы делали на ротационном микротоме марки МРТУ толщиной 10–15 мкм, в зависимости от размеров объекта. Их окрашивали метилгрюнпиронином и алциановым синим (Шевченко, Чеботарь, 1992). Анализ постоянных препаратов проводили методом светлопольной микроскопии на микроскопе AxioScope A.1 (Zeiss, Германия). Микрофотографии получены с помощью системы анализа изображения AxioCamERc5s и цифровой фотокамеры Olympus SP-350. Для анализа изображений использовали программное приложение AxioVisionRel. 4.8.2.

Морфометрические измерения проводили в 10-кратной повторности, для изучения структуры листовых пластинок готовили временные препараты (Паушева, 1990). Материал анализировали с помощью микроскопов Jenaval (Carl Zeiss, Германия) и AxioScope A.1 (Zeiss, Германия). Определяли показатели водного режима листьев регенерантов: общее содержания воды и ее фракционный состав (Лишук, 1991). Оценку фотосинтетической активности проводили с помощью измерения параметров индукции флуоресценции хлорофилла (Stirbet, Govindjee, 2011). Всю обработку данных осуществляли с помощью программы STATISTICA for Windows, 6.0 (StatSoft, Inc. 1984-2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальное количество жизнеспособных эксплантов (почки в состоянии покоя), регенерировавших микропобеги отмечали в январе-феврале. При используемом способе стерилизации уровень контаминации составил 15–20 %. Жизнеспособность эксплантов у двух исследуемых сортов достигала 75–80 %. На модифицированной питательной среде МС с уменьшенной вдвое концентрацией азота, наблюдали активное разрастание почек,

формирование микропобегов и листьев, а также образование плотного светло-зеленого морфогенного каллуса в основании микропобега.

Рядом исследователей были протестированы различные регуляторы роста для индукции регенерации микропобегов хурмы *in vitro*: зеатин (Liu et al., 2006), зеатин в комбинации с ИУК (Tetsumura et al., 2001), БАП (Mitrofanova, Mitrofanova, 2004), БАП и ИМК (Иванова и др., 2016а; Mitrofanova et al., 2017а). В наших экспериментах на этапе индукции побегообразования были использованы БАП и ИМК. Зеатин применяли на этапе собственно микроразмножения.

Выявлено, что изолированные вегетативные почки хурмы сортов Золотистая и Никитская Бордовая обладали высоким морфогенетическим потенциалом. На 4 неделе культивирования наблюдали выдвижение 1–2 листьев (рис. 1). Для оценки влияния регулятора роста БАП, его концентраций в среде МС на морфогенетический потенциал изучаемых генотипов хурмы восточной в условиях *in vitro* проанализировано число микропобегов/эксплант и их длина. В результате проведенных исследований получен различный морфогенетический ответ у 2 сортов хурмы (табл. 1). Одновременно с развитием основного побега отмечали формирование 1–2 адвентивных почек в плотном каллусе, который образовывался в основании побега.

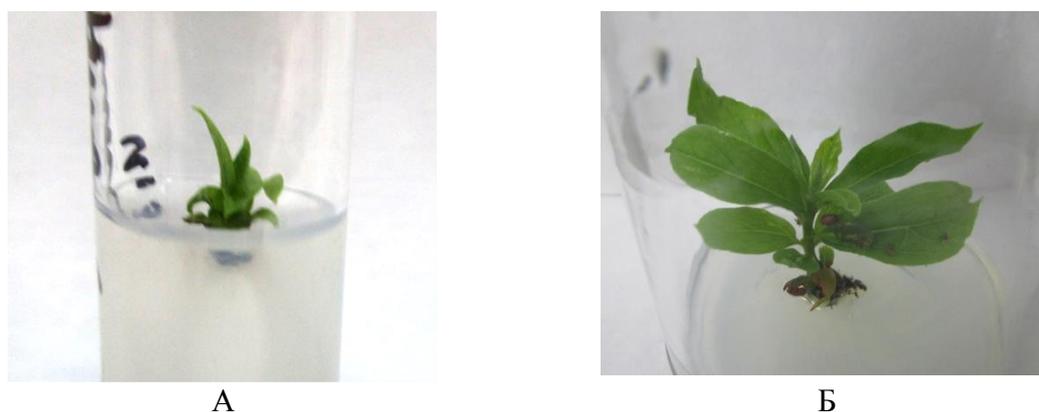


Рис. 1. Регенерация микропобегов хурмы восточной сорта Никитская Бордовая на среде МС, дополненной БАП

А – развитие вегетативной почки; Б – микропобег.

Особенно интенсивно морфогенный каллус формировался в основании микропобегов сорта Никитская Бордовая. В вариантах с 1,0–2,0 мг/л БАП для двух генотипов среднее количество микропобегов на эксплант составляло 1,2±0,3 шт. для сорта Никитская Бордовая и 1,3±0,3 для сорта Золотистая.

Таблица 1

Влияние концентраций БАП в среде МС на количество микропобегов/эксплант и длину микропобега у двух сортов хурмы в условиях *in vitro* на этапе индукции побегообразования

БАП, мг/л	Количество микропобегов/эксплант, шт.		Длина микропобега, см	
	сорт Золотистая	сорт Никитская Бордовая	сорт Золотистая	сорт Никитская Бордовая
1,0	0,9±0,1	0,8±0,1	0,84±0,05	0,84±0,06
2,0	1,3±0,3	1,2±0,3	1,40±0,04	1,36±0,07
3,0	1,7±0,2	1,4±0,2	1,68±0,12	1,61±0,07
4,0	1,9±0,4	1,8±0,3	1,76±0,15	1,70±0,05
5,0	2,0±0,6	1,9±0,5	1,96±0,07	1,88±0,07

Средняя длина микропобегов достигала $1,40 \pm 0,04$ см для сортов Золотистая и $1,36 \pm 0,07$ см для сорта Никитская Бордовая. В процессе исследований установлено, что оптимальные значения концентраций регуляторов роста на этапе введения вегетативных почек составляли 4,0–5,0 мг/л БАП и 0,2 мг/л ИМК. При этом средняя длина побегов сортов Золотистая и Никитская Бордовая достигала $1,96 \pm 0,07$ см и $1,88 \pm 0,07$ см.

Для удлинения побеги субкультивировали на среде МС, дополненную 0,7–1,0 мг/л зеатина (рис. 2).



Рис. 2. Микропобеги хурмы восточной сорта Золотистая на среде МС, дополненной 0,7–1,0 мг/л зеатина

Коэффициент размножения через 4 недели культивирования на среде для удлинения равнялся 2,0. Средняя длина микропобегов достигала 2,0–2,6 см. Дальнейшее микрочеренкование в условиях *in vitro* позволило получить более чем 4-х кратное увеличение коэффициента размножения через 6–8 недель культивирования.

Ряд исследователей сообщали о получении растений из каллуса, формирующегося на листовых эксплантах (Tao et al., 1988; Kochanova et al., 2011; Митрофанова, 2011; Иванова и др., 2017; Mitrofanova et al., 2017a; Mitrofanova et al., 2017b;). Для определения основных факторов, индуцирующих органогенез в культуре листьев хурмы в условиях *in vitro* нами изучено влияние различных концентраций ТДЗ в среде на регенерационный потенциал высечек листа двух сортов хурмы. Выявлено, что наиболее интенсивно каллусообразование происходило в области листового черешка. Морфогенный каллус образовывался при наличии в составе среды 1,1 и 1,7 мг/л ТДЗ.

Реализация морфогенетического потенциала исходных эксплантов зависела от условий культивирования. На свету каллус был компактный, серо-зеленый. Однако каллусообразование активнее начиналось в отсутствии освещения, при этом формировался светло-серый, лишенный пигментации каллус. При переносе каллуса на свет в течение недели отмечали интенсивное окрашивание его в ярко-зеленый цвет. На его поверхности появлялись шаровидные, блестящие структуры диаметром 2–3 мм, из которых впоследствии формировались микропобеги. Частота непрямого органогенеза из высечек листа достигала 80–84 % через 6 недель культивирования на средах с 1,1 и 1,7 мг/л ТДЗ. Увеличение продолжительности культивирования эксплантов свыше 6 недель стимулировало регенерацию микропобегов из морфогенного каллуса хурмы (рис. 3).

Гистологический анализ морфогенного каллуса хурмы сорта Никитская Бордовая показал, что каллус образован паренхимными клетками со слабовыраженной цитоплазмой и мелким ядром. На периферии каллусных структур паренхимные клетки расположены более рыхло, чем в их центре. В толще паренхимных клеток отмечены зоны мелких клеток с густой цитоплазмой и относительно крупным ядром, характерными для пролиферативно активных клеток, которые дают начало меристемам микропобегов (рис. 4). Наряду с этим

наблюдали зоны гистогенеза проводящих элементов, сопровождающиеся поляризацией клеток с последующим утолщением и перфорацией их клеточных стенок.

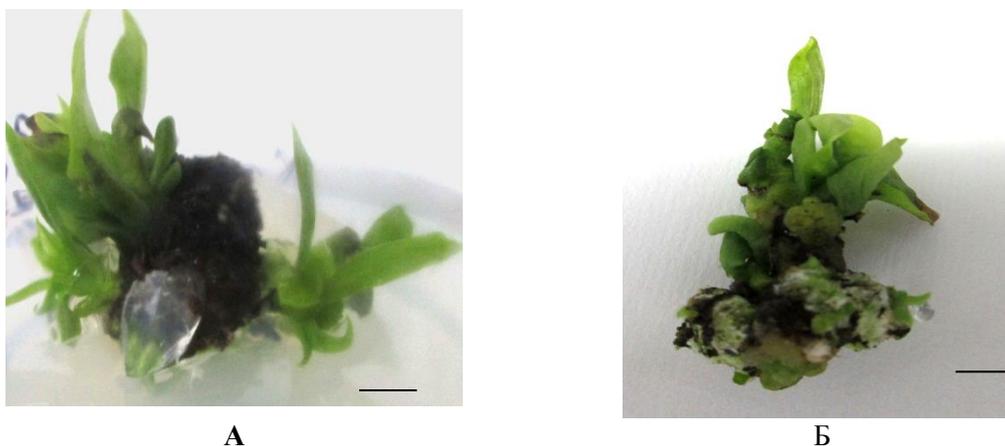


Рис. 3. Непрямая регенерация микропобегов хурмы восточной
А – сорт Золотистая; Б – сорт Никитская Бордовая (масштабный отрезок – 1 см).

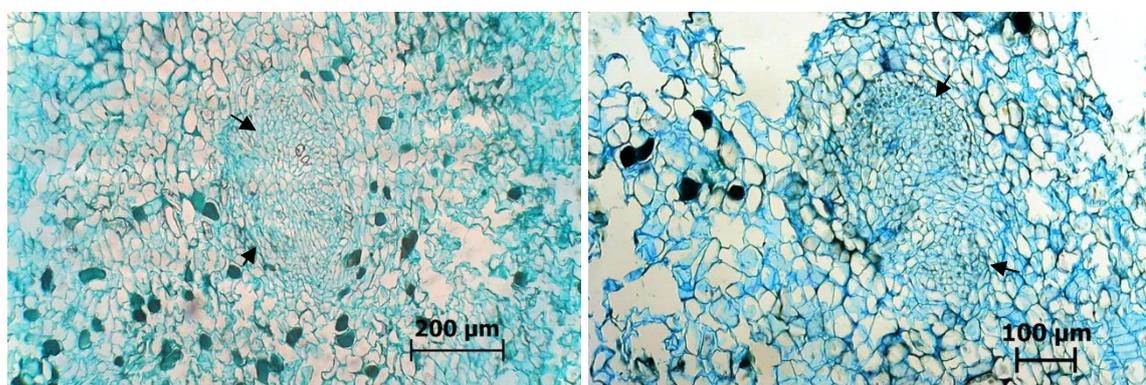


Рис. 4. Поперечные срезы каллусных структур хурмы сорта Никитская Бордовая
Стрелками указаны зоны меристематически активных клеток.

В первом пассаже получено 10 микропобегов /эксплант у сорта Золотистая, 4–6 – у сорта Никитская Бордовая. При повторных пассажах количество микропобегов сорта Золотистая достигало 20 шт./эксплант. Дальнейшее субкультивирование проводили на среде МС, дополненной 0,7–1,0 мг/л зеатина.

Наличие в среде МС 0,2 мг/л и 2,2 мг/л ТДЗ способствовало активному каллусообразованию. Однако полученный каллус был неморфогенным. На среде МС, содержащей 0,2 мг/л ТДЗ через 2 недели культивирования экспланты некротизировали и погибали. На контрольной среде без цитокинина не отмечено признаков развития эксплантов.

Начато изучение морфо-анатомических и физиологических особенностей микропобегов 2-х сортов хурмы при субкультивировании в условиях *in vitro* и получены первые результаты исследований (Brailko et al., 2017a; Brailko et al., 2017b). Выявлены структурные и метаболические особенности вегетативных органов двух сортов хурмы на этапе регенерации микропобегов *in vitro* (рис. 5, 6). Форма листа – овально-ланцетная, 1,6–2,8 см

длиной. Листовые пластинки сортов хурмы тонкие (126–145 мкм толщиной), амфистоматические.

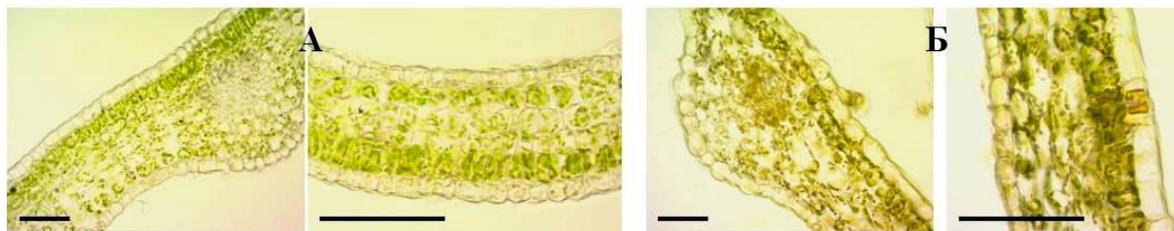


Рис. 5. Структура листовых пластинок двух сортов хурмы восточной в культуре *in vitro* А – сорт Золотистая; Б – сорт Никитская Бордовая; масштабный трезок – 100 мкм.

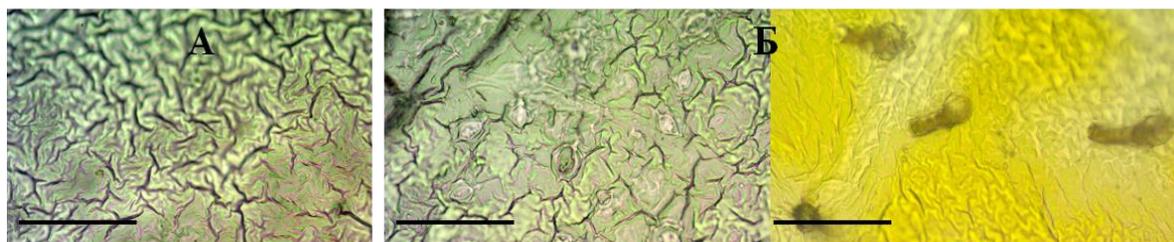


Рис. 6. Слелки покровных тканей листовых пластин хурмы восточной сорта Никитская Бордовая, культивируемых *in vitro* А – адаксиальный эпидермис; Б – абаксиальный эпидермис; масштабный трезок – 100 мкм.

Мезофилл дифференцирован, коэффициент палисадности низкий – 0,33. Эпидерма покрыта простыми 1–2-клеточными волосками 167–303 мкм длиной, устьица аномоцитного типа (80–106 уст/мм²). Оводненность листьев высокая – 83–91 %, на долю связанной воды приходится 14–28 % (выше водоудерживающая способность у регенерантов сорта Никитская Бордовая). Оба сорта фотосинтезируют активно: $(F_m - F_{st})/F_m = 0,54 - 0,60$ отн. ед.

Проведенный анализ позволяет оценить изученные сорта хурмы восточной как высоко адаптивные, перспективные для сохранения и культивирования в условиях *in vitro*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изучен морфогенетический потенциал 2-х сортов хурмы восточной и показаны пути прямой и непрямой регенерации микропобегов. Выявлена индуцирующая роль БАП (4,0–5,0 мг/л) в питательной среде МС на этапе индукции побегообразования, обеспечивающая стабильную прямую регенерацию микропобегов из вегетативных почек хурмы. Показано, что наличие в питательной среде МС 1,1 и 1,7 мг/л ТДЗ вызывало формирование адвентивных почек и микропобегов в морфогенном каллусе в культуре высечек листа путем непрямого органогенеза. Гистологический анализ морфогенного каллуса хурмы сорта Никитская Бордовая показал наличие зон активно пролиферирующих клеток, которые дают начало меристемам микропобегов. Выявлены структурные и метаболические особенности вегетативных органов двух сортов хурмы на этапе регенерации микропобегов *in vitro*. Проведенный анализ позволил оценить изученные сорта хурмы как высоко адаптивные, перспективные для сохранения в генобанке и культивирования в условиях *in vitro*.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 14-50-00079.

Список литературы

- Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учеб. пособ. – М.: ФГК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.
- Здрийковская-Рихтер А. И. Эмбриокультура изолированных зародышей, генеративных структур и получение новых форм растений – Симферополь, Крым: Фарм-Трейддинг, 2003. – 368 с.
- Иванова Н. Н., Митрофанова И. В., Хохлов С. Ю. Особенности введения эксплантов хурмы восточной в условия *in vitro* // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 2016а. – Вып. 119. – С. 45–51.
- Иванова Н. Н., Хохлов С. Ю., Митрофанова И. В. Различные пути регенерации растений *Diospyros kaki* Thunb. сорта Золотистая в условиях *in vitro* // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 2016б. – Вып. 120. – С. 24–30.
- Иванова Н. Н., Митрофанова И. В., Кузьмина Т. Н., Хохлов С. Ю. Регенерация микропобегов в культуре высечек листьев хурмы восточной // Матер. Междунар. научн. конф. «Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира», посвященной 85-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси, 6–8 июня 2017 г, Минск. – 2017. – С. 209–212.
- Казас А. Н., Литвинова Т. В., Мязина Л. Ф. и др. Субтропические плодовые и орехоплодные культуры: научно-справочное издание – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2012. – 304 с.
- Лищук А. И. Методика определения водоудерживающей способности к обезвоживанию листьев плодовых культур. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации. М.: ГНБС, 1991. – С. 33–36.
- Митрофанова И. В., Казас А. Н., Хохлов С. Ю. Особенности клонального микроразмножения хурмы // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 1998. Вып. 80. – С. 153–158.
- Митрофанова И. В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологии получения и сохранения многолетних садовых культур – К: Аграрна наука, 2011. – 344 с.
- Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1990. – 283 с.
- Шевченко С. В., Чеботарь А. А. Особенности эмбриологии маслины европейской (*Olea europaea*) // Цитолого-эмбриологические исследования высших растений. – Ялта, 1992. – Т. 133. – С. 52–61.
- Bhojwani S. S., Dantu P. K. Plant Tissue Culture: An Introductory Text. (New Delhi, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer), 2013. – 309 p. DOI 10.1007/978-81-322-1026-9
- Brailko V., Ivanova N., Mitrofanova I. *In Vitro* Morphogenetic Capacity of Persimmon Microshoots. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Animal*. – 2017a. – Vol. 53. – P. 52 <http://dx.doi.org/10.1007/s11626-017-0156-z>.
- Brailko V. A., Mitrofanova I. V., Ivanova N. N., Mitrofanova O. V. Morphological, anatomical and physiological features of *in vitro* regenerants in various persimmon and common fig cultivars // Systems Biology and Bioinformatics. Abstracts of the Ninth International Young Scientists School SBB. – Yalta, Russia, 25-30 June, 2017. – Novosibirsk.: ICG SB RAS, 2017b – P. 17–18.
- Cooper P. A., Cohen D. Micropropagation of Japanese persimmon *Diospyros kaki* // Comb. Proc. Int. Plant Prop Soc. – 1985. – Vol. 34. – P. 118–124.
- Kyte L., Kley J., Scoggins H., Bridgen M. Plants from Test Tubes: An introduction of Micropropagation, 4th edn Portland, OR, US: Timber Press, 2013. – 274 p.
- Kochanova Z., Onus N., Brindza J. Adventitious shoot regeneration from dormant buds of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) cv. Hachiya // Journal of Agrobiology. – 2011. – Vol. 28, N 2. – P. 113–118. 10.2478/v10146-011-0012-9 <http://joa.zf.jcu.cz>; <http://versita.com/science/agriculture/joa>.
- Liu Y., Ma J., Tang X., Song C. Study on the adventitious shoot regeneration of persimmon leaves // Hubei Agri Sci. – 2006. – Vol. 45 – P. 618–621.
- Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V. Development of recipient system of woody subtropical plants *in vitro* // Acta Univ. Latviensis Biol. – 2004. – Vol. 676. – P. 189–196.
- Mitrofanova I., Ivanova N., Kuzmina T. Microshoots regeneration from different types of persimmon explants *in vitro* // Production and Establishment of Micropropagated Plants (PEMP Brasil). Abstracts of 7th International Symposium. Larvas, Brasi, 24-28 April, 2017. – Larvas-UFLA. Brazil, 2017a. – P. 45.
- Mitrofanova I., Ivanova N., Kuzmina T., Khokhlov S. Features of microshoots *in vitro* regeneration from various explants in three persimmon cultivars // Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits. Book of Abstracts of IV International Symposium. Elche, Spain, 18-22 September, 2017. – Valencia: IVIA, 2017b. – P. 21.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with *Tobacco* tissue cultures // Physiol. Plant. – 1962. Vol. 15, N3. – P. 473–497. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Naval M. M., Llacer G., Badenes M. L., Giordan E. Adventitious shoot regeneration from leaf explants of the persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) cv. «Rojo Brillante» // Acta Hort – 2009. – Vol. 833. – P. 183–186 10.17660/ActaHortic.2009.833.29.
- Stirbet A., Govindjee J. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2011. – Vol 104. – P. 236–257. 10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.
- Tao R., Murayama H., Moriguchi K., Sugiura A. Plant regeneration from callus cultures derived from primordial leaves of adult persimmon // Hort Science – 1988. – Vol. 23. – P. 1055–1056.
- Tetsumura T. Effect of types of cytokinin used *in vitro* shoot proliferation of persimmon on the subsequent rooting of shoots // Acta Hort. – 1997. – Vol. 436. – P. 143–148. 10.17660/ActaHortic. 1997.436.15.

Ivanova N. N., Mitrofanova I. V., Brailko V. A., Kuzmina T. N., Khokhlov S. Yu. Biotechnological methods of the Persimmon propagation // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 60–67.

The article presents the results of biotechnological methods usage in the propagation of two *Diospyros kaki* Thunb. cultivars. The inducing effect of BAP in MS culture medium at the stage of shoot formation induction, providing permanent direct microshoot regeneration from vegetative buds of the persimmon, was revealed. It was demonstrated that TDZ presented in MS medium promoted microshoot formation via indirect organogenesis under the leaf cuttings culture. The data of callus histological studies is presented. Vegetative organs structural and metabolic special features at the stage of microshoot regeneration *in vitro* in two persimmon cultivars were revealed.

Key words: *Diospyros kaki*, vegetative bud, leaf cutting, callus, adventive microshoots.

Поступила в редакцию 15.09.2017 г.

УДК 634.8:631.423/.541.11:547.747

ТЕСТИРОВАНИЕ ЖАРОСТОЙКОСТИ СОРТОВ ВИНОГРАДА *IN VITRO*

Стаматиди В. Ю., Рыфф И. И.

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

Виноградники Крыма и юга России страдают от жары и засухи, особо остро данная проблема встала в связи с глобальным потеплением. Оценка степени жаростойкости сортов винограда была проведена *in vitro*. Особое внимание обращено на устойчивость корнесобственного сорта винограда Альминский по сравнению с классическими сортами винограда Мускат белый и Мускат черный. На основе данной работы можно будет определять устойчивость к действию высоких температур перспективных сортов винограда.

Ключевые слова: высокие температуры, сорта винограда; жаростойкость, *in vitro*.

ВВЕДЕНИЕ

В силу глобального потепления климата и традиционного размещения виноградников в южных районах остро встает вопрос о жароустойчивости растений винограда. Многолетние наблюдения показывают, что виноградники Крыма каждый второй год в той или иной степени страдают от жары и засухи. (Нилов, 2001). Жара и засуха является одним из основных факторов внешней среды, ингибирующих многие метаболические процессы и, в итоге, лимитирующие рост и урожайность растений. Рост ягод в таких случаях замедляется, они уменьшаются в размере. На некоторых гроздях частично или полностью недоразвитые и зрелые ягоды засыхают, их вкус становится травянистым и острокислым. Вина, получаемые из таких ягод, обладают низкой кислотностью, относятся к так называемым «плоским винам». Создаются условия, приближающие рН вина к изоэлектрической точке, при которой облегчаются все процессы агрегации и окисления. Поэтому часть крупномолекулярных соединений, в том числе и красящих, укрупняется, окисляется и выпадает в осадок (Коновалова, 1966).

Избежать гибели в экстремальных климатических условиях растениям помогают постепенно вырабатываемые физиологические приспособления, такие как жаро- и засухоустойчивость. Диагностика жаростойкости учитывает не только обезвоживание растения, но и способность его выдержать перегрев и противостоять губительному действию высоких температур. Под действием последних происходит распад белков до аминокислот и аммиака, вызывающих повреждение и гибель растения. Основным способом преодоления растением перегрева является транспирация, за счет которой происходит снижение температуры испаряющих поверхностей. Жаростойкость растений может быть обусловлена двумя основными физиологическими механизмами: с одной стороны, повышенной транспирацией листьев и соответственно резким снижением температуры тела растения, а с другой – значительной вязкостью, эластичностью и гидрофильностью цитоплазмы (Генкель, 1982). Степень устойчивости растений к температурному стрессу варьирует как у разных видов, так и у разных сортов одного вида. В решениях совещаний Международной организации винограда и вина отмечается вклад селекционеров в выведение сортов винограда с устойчивостью к абиотическим факторам внешней среды. Один из предлагаемых к изучению сортов – Альминский выведен в отделе селекции института «Магарач». Доказана возможность производить из урожая этого сорта вина, по качеству не уступающие традиционным маркам вин, подтверждает целесообразность их возделывания в зонах рискованного виноградарства (Волынкин, Пытель, 2011). К таким климатическим зонам относится зона степного Крыма с абсолютным максимумом температуры воздуха +40 °С и восточный район Южнобережной зоны с абсолютным максимумом температуры воздуха +41,5 °С (Иванченко и др., 2011).

Для определения жаростойкости растений был предложен ряд способов: подсчет числа устьиц на поверхности листьев (Hui-Min, Gen-Xuan, 2001) и биохимический анализ (Carvalho et al., 2015).

П. Я. Голодрига (1988) писал о необходимости разработки экспресс-методов диагностики генотипической специфичности растений, что позволит избежать ошибок при подборе интродуцентов по определенным признакам, например жароустойчивость. Перед физиологами и селекционерами возникла задача поиска, пригодных в селекционном отборе методов оценки генотипов на жаростойкость, которую они постарались осуществить предложив методы определения степени жаростойкости сортов винограда в полевых условиях (Барабальчук и др., 1990) и *in vitro* (Рыфф, Нилов, 2006; Рыфф, Нилов, 2007). Работы по тестированию сортов винограда Champlel, Red Flame проведены в полевых условиях в США (Anderle, 2017).

В настоящем исследовании рассматриваются два классических сорта винограда Мускат белый и Мускат черный и сорт нового поколения – Альминский. Все три сорта используются для приготовления вин десертного направления.

Жаростойкость предлагаемых к исследованию сортов ранее была определена в полевых условиях с использованием модифицированного метода «пробы Мацкого» на отдельных листьях (Стаматиди, 2017). В данной работе жаростойкость сортов определялась *in vitro* у целых растений, а не на отдельных органах.

Цель работы – определение жаростойкости сортов винограда *in vitro* на целых растениях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты проведены на растениях винограда, выращенных *in vitro*. На первом этапе осуществлялось введение в культуру ткани верхушечных почек, взятых с побегов винограда *in vivo*. Почки были высажены на агаризованную питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением цитокинина БАП (6-бензиламинопурина) в концентрации 1 мг/л. Через 21–24 дня у всех растений наблюдали образование побегов высотой около 1,5 см.

На следующем этапе проводили пересадку эксплантов на среду, способствующую корнеобразованию и дальнейшему росту побега с НУК (⊖-нафтилуксусной кислотой) в концентрации 0,1 мг/л. рН сред корректировалось до значения 5,7 перед автоклавированием. Выросшие *in vitro* растения черенковали с последующим микрклональным размножением.

Микрклональное размножение проведено на среде предложенной (Голодрига и др., 1985). Через 45 дней культивирования 10 растений каждого из исследуемых сортов выдерживали при температуре 48 °С в течение 6 часов.

Для попарного сравнения сортов использовался критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

О реакции растения на действие высоких температур судят по площади побурения листьев, которая основана на образовании феофитина при действии повреждающих факторов на клеточные мембраны (Кузнецов, Дмитриева, 2011). После чего измеряли площадь побурения листьев, сравнивая полученные данные с экспертной оценкой в полевых условиях, делали вывод о жаростойкости новых сортов. Метод основан на подсчете площади поврежденной части листа после теплового воздействия. Площадь пораженной части листа оценивают визуально, что вполне достаточно для дифференциации сортов по этому признаку. Непораженной считается часть листа, сохраняющая естественный зеленый цвет. Сравнение степени побурения площади листьев проводили при дозированной тепловой нагрузке. Чем больше площадь побурения листьев, тем ниже устойчивость к условиям жары. На основе проведенной статистической обработки вынесено суждение о жаростойкости сортов.

При 47 °С были зарегистрированы повреждения поверхностей листовых пластинок у всех изученных сортов. Средняя степень повреждений (46 % от общей площади) отмечена у сорта Мускат чёрный. Сорт Мускат белый имеет незначительно большую степень повреждения листьев по сравнению с Мускатом черным – (47 % от общей площади листа). У сорта Альминский наблюдается меньшая степень повреждения листовой пластинки (32 % от общей площади листа). Результаты оценки жаростойкости изучаемых сортов винограда *in vitro* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка жаростойкости изученных сортов винограда *in vitro*

Сорт	Температура		
	35 °С	48 °С	38–39 °С
	Степень повреждения	Степень повреждения	Экспертная оценка в полевых условиях
Мускат белый	повреждений нет	47 %	средняя жаростойкость
Мускат черный		46 %	средняя жаростойкость
Альминский		32 %	жаростойкий

На рисунке 1 отражены поражение листьев при высокой температуре в виде желто-коричневых пятен на зеленых листьях у сортов Альминский и Мускат черный. У сорта Мускат черный резко уменьшилось количество хлорофиллоносных клеток.



Рис. 1. Растения сортов винограда Мускат черный (1) и Альминский (R), выдержанные при температуре 48 °С

При экспертной оценке в полевых условиях установлено, что сорт Альминский относится к жаростойким. Сорта Мускат белый и Мускат черный обладают средней степенью жаростойкости.

Результаты оценки жаростойкости листьев винограда, изучаемых сортов винограда представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка жаростойкости листьев винограда по модифицированному методу Ф. Ф. Мацкова. ГУП «Агрофирма «Магарач». Западная предгорно-приморская зона Крыма

Сорт	Степень поражения, %
Мускат белый (b)	75
Мускат черный (b)	75
Альминский (a)	60

Примечание к таблице. Статистические различия между сортами (a–b) существенны ($P < 0,05$).

Таким образом, из всех изученных сортов наиболее жаростойким оказался сорт новой селекции НИВиВ «Магарач» Альминский, средняя степень повреждения определена у сорта Мускат черный, более сильные некротические повреждения отмечены у сорта Мускат белый. Оценка жаростойкости *in vitro* совпала с экспертной оценкой в полевых условиях. Следовательно, биотехнологический метод можно использовать для сравнения степени жаростойкости сортов винограда.

ВЫВОДЫ

1. При экспертной оценке в полевых условиях установлено, что жаростойкость сорта Альминский выше, чем у сорта Мускат черный и Мускат белый, это подтверждается исследованиями *in vitro*. Таким образом, именно сорт Альминский можно рекомендовать для выращивания в зонах с более продолжительными периодами жары.
2. Применение метода культуры ткани позволяет оценить большое количество объектов, что повышает достоверность полученных результатов.
3. Повышение достоверности происходит за счет оценки площади побурения листьев целого растения, включенных в общий метаболизм, а не отделенных листьев.

Список литературы

- Барабальчук, К. А., Трошин Л. П., Нилов Н. Г. Методические указания по оценке генофонда винограда на жаростойкость // М.: ВАСХНИЛ, 1990. – 12 с.
- Волынкин В. А., Пытель И. Ф. Сорта винограда новой селекции НИВиВ «Магарач» для производства экологически чистой винопродукции // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2011. – № 3. – С. 7–10.
- Генкель П. А. Физиология жаро-, засухоустойчивости растений. – М.: Наука, 1982. – 280 с.
- Голодрига П. Я. Перспективы генетики и селекции винограда на иммунитет. – Киев: Наукова думка, 1988. – С. 8–20.
- Голодрига П. Я., Зленко В. А., Бутенко Р. Г., Рыфф И. И., Левенко Б. А. Технология ускоренного размножения сортов винограда с применением культуры изолированной ткани / Сельскохозяйственная биология. – 1985. – № 3. – С. 62–66.
- Иванченко В. И., Баранова Н. В., Тимофеев Р. Г., Рыбалко Е. А. Рекомендации по размещению промышленных посадок столового винограда в зависимости от его сортового состава и агроэкологических условий местности в АР Крым. – Ялта: НИВиВ «Магарач», 2011. – 34 с.
- Коновалова А. В. Факторы, способствующие образованию красящих веществ в виноградной ягоде и переходу их в вино // Труды Молд. НИИСВиВ. – 1966. – Т. 12. – С. 198–257.
- Кузнецов Вл. В., Дмитриева Т. А. Физиология растений. – М.: Абрис, 2011. – 786 с.
- Нилов Н. Г. Тенденции в современном растениеводстве, приводящие к необходимости организации служб мониторинга водного режима насаждений // Сб. науч. тр. «Виноградарства и виноделие». – Т. 32. – 2001. – С. 9–12.
- Рифф І. І., Нілов М. Г. Спосіб діагностики стійкості винограду до абіотичних факторів середовища. Патент №172080, Україна, А01Н1/04, А01G17/02. – № u2006 03503; Заявл. 31.03.2006; Опубл. 15.09.2006; Бюл. – № 9. – С. 1–4.
- Рыфф И. И., Нилов Н. Г. Сравнительная оценка устойчивости винограда к жаре *in vitro* // Виноградарство и виноделие: Сборник научных трудов НИВиВ «Магарач». – Ялта, 2007. – Т. XXXVII. – С. 44–46.

Стаматиди В. Ю. Опыт сравнительной оценки жаростойкости листьев винограда в полевых условиях // «Магарач». Виноградарство и виноделие». – 2017. – № 3. – С. 29–31.

Anderle B. Heat-Tolerant Grapes URL: <http://homeguides.sfgate.com/heattolerant-grapes-47504.html> (дата обращения: 06.09.2017).

Carvalho L. C., Coito J. L., Colaco S., Sangiogo M., Amanicio S. Heat stress in grapevine: the pros and cons of acclimation // Plant, Cell and Environment, 2015. – Vol. 38. – № 4. – P. 777–789.

Yang Hui-Min, Wang Gen-Xuan// Zhiwu shehgtai xuebao //Acta phytoecology since. – 2001. – Vol. 25. – № 3. – P. 312–316.

Stamatidi V. Yu., Ryff I. I. Biotechnological evaluation of the heat resistance degree in some grapevine cultivars // Ekosystemy. 2017. Iss. 11 (41). P. 68–72.

The vineyards of Crimea and south of Russia suffer from heat and drought. This problem became especially acute due to the global warming. Evaluation of the heat resistance degree in some grapevine cultivars carried out in vitro. Particular attention was paid to resistance of the new grape cultivar ‘Alminskyi’ as compared to the classic ones ‘Muscat White’, ‘Muscat Black’. Based on this work it will be possible to determine high temperature resistance of the promising grape cultivars.

Key words: high temperature, cultivars of grapevine, heat resistance, *in vitro*.

Поступила в редакцию 20.11.2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Саркина И. С., Багрикова Н. А. Заносные виды микобиоты на Южном берегу Крыма: макромицеты	3
Коба В. П. Особенности восстановления древостоев сосны крымской в постпирогенный период	10
Рыфф Л. Э. Биотопическая характеристика некоторых редких видов флоры юго-западного Крыма.....	14
Смирнов В. О., Крайнюк Е. С., Болейчук И. Р. Ландшафтно-экологическая структура горного массива Агармыш в Крыму	24
Садогурский С. Е., Садогурская С. А., Белич Т. В. К изучению микро- и макрофитобентоса у мыса Прибойного (Кара-мрун) в Крыму.....	30
Антюфеев В. В. Агроклиматологические вопросы в управлении культурфитоценозами дендропарков.....	35
Митрофанова О. В., Митрофанова И. В., Лесникова-Седошенко Н. П., Браилко В. А., Никифоров А. Р., Челомбит С. В., Иванова Н. Н., Жданова И. В. Биотехнологические и физиологические аспекты размножения некоторых редких эндемиков флоры Горного Крыма.....	44
Тевфик А. Ш., Браилко В. А. Особенности водного режима <i>Canna × hybrida hort. ex Backer</i> в различных условиях культивирования.....	53
Иванова Н. Н., Митрофанова И. В., Браилко В. А., Кузьмина Т.Н., Хохлов С. Ю. Биотехнологические приемы размножения хурмы восточной.....	60
Стаматиди В. Ю., Рыфф И. И. Тестирование жаростойкости сортов винограда <i>in vitro</i>	68

CONTENT

Sarkina I. S., Bagrikova N. A. Aliens species of mycobiota on Southern Coast of the Crimea: macromycetes	3
Koba V. P. The Modern problems of forestrenewal on the burnt woods in Mountain Crimea	10
Ryff L. E. The biotopic characteristic of some rare species of the southwestern Crimean flora.....	14
Smirnov V. O., Krainyuk E. S., Balaichuk I. R. Landscape ecological structure of the mountain range Agarmysh in the Crimea.....	24
Sadogurskiy S. Ye., Belich T. V., Sadogurskaya S. A. To the studies of micro- and macrophytobenthos near the Cape Pribojnyj (Kara-Mrun) in Crimea	30
Antyufeyev V. V. Agroclimatological matters in management of cultural phytocenosis of dendroparks.....	35
Mitrofanova O. V., Mitrofanova I. V., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Brailko V. A., Nikiforov A. R., Chelombit S. V., Ivanova N. N., Zhdanova I. V. Biotechnological and physiological features in the propagation of some rare endemic species of the Mountain Crimea flora.....	44
Tevfik A. Sh., Brailko V. A. The peculiarities of <i>Canna</i> × hybrid hort. ex Backer water regime at different culture conditions	53
Ivanova N. N., Mitrofanova I. V., Brailko V. A., Kuzmina T. N., Khokhlov S. Yu. Biotechnological methods of the Persimmon propagation	60
Stamatidi V. Yu., Ryff I. I. Biotechnological evaluation of the heat resistance degree in some grapevine cultivars.....	68