Министерство образования и науки РФ
Российский фонд фундаментальных исследований
Общество физиологов растений России
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

ПЕРСПЕКТИВЫ ФИТОБИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НА СЕВЕРЕ

Сборник материалов
III научно-практической конференции с международным участием
и Научной школы по клеточной биотехнологии

4-8 июня 2018 г., Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

Якутск
2018

УДК 581.6(571.56)(063)
ББК 30.16(2Рос.Яку)я43

Редакционная коллегия: Охлопкова Ж.М., Алексеева С.И.

КОНТАКТЫ ОРГКОМИТЕТА:
677000, Россия, Якутск, ул. Кулаковского, 48.
Тел. +7(411)249-68-24,
E-mail: biotechnologyysu@rambler.ru

Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Проект № 18-04-20011 Г.

Перспективы фитобиотехнологии для улучшения качества жизни на Севере [электронный ресурс] : сборник материалов III научно-практической конференции с международным участием и Научной школы по клеточной биотехнологии, 4-8 июня 2018 г., Якутск, РС (Я), Россия. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2018. – 1 электрон. опт. диск.
ISBN 978-5-7513-2522-0

В сборнике представлены статьи участников III научно-практической конференции «Перспективы фитобиотехнологии для улучшения качества жизни на Севере» с международным участием, посвященные вопросам клеточной биотехнологии растений, растительных ресурсов и их потенциала, физиологии растений, сотрудничества в разных отраслях биотехнологии.

Материалы сборника представляют интерес для молодых ученых и исследователей, преподавателей и для обучающихся по направлениям подготовки «Биология», «Фармация».

УДК 581.6(571.56)(063)
ББК 30.16(2Рос.Яку)я43

ISBN 978-5-7513-2522-0

© Северо-Восточный федеральный университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Программа конференции и Научной школы 9

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Носов А.М. Клеточные технологии: настоящее и перспективы 17
Choon-Hwan Lee. Photobiology 19
Zulfugarov Ismayil S. Molecular basis of the cold acclimation in higher plants 21
Чирикова Н.К., Оленников Д.Н. Фитохимические исследования дикорастущих лекарственных растений Якутии 23
Chiyeon Lim, Suin Cho. Effect of licorice extracts in ischemic brain injury 26

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ
Секция 1. БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Александрова А.А., Ханды М.Т. Методы получения культур клеток растений рода *Artemisia* 29
Алексеева С.И., Егорова У.В. Культивирование тест-объектов в условиях учебно-научной лаборатории 32
Гафицкая И.В., Наконечная О.В., Журавлев Ю.Н., Субботин Е.П., Кульчин Ю.Н. Перспективы использования светодиодного излучения при культивировании *in vitro* растений-регенерантов картофеля 35
Геворгиз Р.Г., Железнова С.Н., Бобко Н.И., Нехорошев М.В. Промышленная технология производства фукоксантина, фикобилинпротеинов, окцилоксантина и миксоксантофила на основе микроводорослей 38
Горностай Т.Г., Свиридов И.В., Круглова М.Ю., Кащенко Н.И. Эллаготаннины северных видов Potentilla: хеморазнообразие и продукция уролитинов 42
Григорьев Р.О., Клюшин А.Г., Кочкин Д.В., Соболькова Г.И., Носов А.М. Обнаружение тритерпеновых гликозидов в культуре клеток женьшеня вьетнамского 44
Дарханова В.Г., Строева Н.С., Данилова Н.С., Филиппова Г.В., Николаева О.А., Афанасьева Е.А. Использование биотехнологии в сохранении и воспроизводстве некоторых декоративных видов растений 47

Кучарова Е.В., Охлопкова Ж.М. Изучение культуры клеток *Dracocephalum palmatum* Steph 51
Пивоварова Н.С., Абросимова О.Н. Коллекция штаммов лекарственных растений Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии как основа фармацевтической фитобиотехнологии 53
Свиридов И.В., Горностай Т.Г., Круглова М.Ю., Кащенко Н.И. Микробные метаболиты семейства *Rosaceae*: синтез орто-диоксизамещенных уролитинов и их биологическая активность 57
Степанов А.В. Использование суспензионных культур клеток и протопластов растений для изучения внутриклеточных процессов, происходящих при стрессе, методами флуоресцентной микроскопии 59
Стадничук И.Н., Тропин И.В. Растительные пигменты фикобилинопротеины в биотехнологии 62
Хоцкова Л.В., Степанюк Г.Я., Ямбуров М.С. Размножение красивоцветущих тропических орхидей с применением методов биотехнологии растений в Сибирском ботаническом саду НИ ТГУ 65

Секция 2. РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ

Борисова С.З., Иванова Н.С. Бурачниковые флоры Якутии и их интродукционная изученность 69
Васильева И.В., Татаринова Т.Д., Перк А.А., Пономарев А.Г. Ассоциация дегидринов с криоустойчивостью *Betula pendula* Roth в условиях севера 72
Габышева Л.П. Динамика фитомассы Иван-чая узколистного на гарях Центральной Якутии 75
Зайцева Н.В. Растения Южной Якутии – источник биологически активных веществ для повышения устойчивости культурных растений к стрессогенным факторам среды 78
Иванова С.С., Охлопкова Ж.М. Подбор праймеров к Rapd образцов ДНК, выделенных из представителей *Artemisia* L., произрастающих на территории Якутии 83
Нохсоров В.В., Перк А.А., Петров К.А. Осенний криокорм – уникальная биотехнология для улучшения качества жизни на Севере 86
Семенова А.К., Охлопкова Ж.М. Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода *Dracocephalum* 88

Семенова В.В. Полевая всхожесть лекарственных растений в Якутском ботаническом саду 90
Сивцева С.В., Цыпандина И.П. Изучение биоактивного потенциала Полыни якутской 92
Софронова В.Е. Закономерности функционирования виолаксантинового цикла при холодовой адаптации хвои *Pinus sylvestris* 95
Трофимова И.Г. Интродукция древесных растений в Ботаническом саду СВФУ 98
Strzalka K. Enzymes of xanthophyll cycle; a new family of enzymes requieing non – bilayer lipids for their activity 101
Хрянин В.Н. Рост, развитие, дифференциация и эволюция пола у растений 105

ПОДСЕКЦИЯ. СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Бояров И.И. Прямой вклад клеток *Muse* в регенерации тканей 108
Федоров А.А., Троев И.П. Подходы к репрограммированию соматических клеток 111

ЗАОЧНЫЕ ДОКЛАДЫ
Секция 1. БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Асадова С.Ш., Гарибов З.А., Лабазанова А.М., Гамбарова П.И. Некоторые особенности каллусо- и морфогенеза в культуре ткани ячменя азербайджанской селекции 114
Большакова Е. В., Ведяшкина О. А., Емельянова И. С., Лукаткин А.С. Влияние среды и регуляторов роста на органогенез орхидей в культуре *in vitro* 118
Глаголева Е.С., Лабунская Е.А., Тухтаманова А.С., Томилова С.В. Особенности каллусогенеза разных видов наперстянки *Digitalis lanata* Ehrh., *D. Grabdiflora* Mill., *D. Ciliate* Trautv 122
Попов Дь.А., Ханды М.Т. Современное состояние аппаратурного культивирования растительных клеток *in vitro* в России 125
Закирова Р.П., Нигматуллаев А.М., Соболькова Г.И., Сагдуллаев Ш.Ш., Носов А.М. Особенности роста каллусной ткани *Ajuga turkestanica* (Rgl.) 128

Ханды М.Т., Суханова Е.С., Кочкин Д.В., Носов А.М. Влияние метилжасмоната на ростовые и биосинтетические характеристики культуры клеток диоскореи дельтовидной 130
Харитонов Т.Д., Титова М.В., Соболькова Г.И., Чернобурова Е.И., Заварзин И.В. Анализ содержания фитоэкдистрероидов в культуре клеток *Ajuga turkestanica* 133

Секция 2. РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ

Анисимова В.С. Определение содержания аскорбиновой кислоты в дикоросах Вилюйского улуса 137
Андреева А.А., Бычков И.А., Данилова М. Н., Дорошенко А.С., Кудрякова Н.В. Гены PAP белков и их участие в регуляции тепловым шоком 140
Бабенко Л.В. Применение микроудобрения и гомеопатических препаратов при выращивании рассады Шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis* Georgi.) 143
Бурцева Ю.А. Жизненное состояние ценопопуляции *Veronica incana* в условиях аласов Усть-Алданского улуса 147
Васильева З.В. Изменчивость признаков и стратегия жизни гвоздики разноцветной (Dianthus versicolor) в аласах Усть-Алданского улуса 150
Винокуров А.А. Флора ресурсного резервата «Приалданский» 154
Кириллина Н.Н., Ханды М.Т. Род Artemisia как источник веществ вторичного синтеза растений 157
Kozlov G.V. Features of biotesting toxic substances by using plants 160
Козлов Г.В., Гарабаджиу А.В., Пушкарев М.А. Использование компоста из растительных и пищевых отходов для экологически безопасной переработки токсичных органических отходов в условиях Крайнего Севера 162
Корякина Е.И. Влияние антропогенных факторов на видовое разнообразие флоры 164
Okhlopkova Zh.M., Egorova P.S. Collection of family Lamiaceae Lindl and prospects of their applications 167
Смагулова А.Ш., Аньшакова В.В., Степанова А.В. Разработка малоотходных технологий по использованию БАВ из лишайникового сырья в северных условиях 172

Спиридович Е.В., Власова А.Б., Шутова А.Г., Вайновская И.Ф., Решетников В.Н., Вознячук И.П., Степанович И.М., Ефимова О.Е., Голушко Р.М., Станкевич Т.В., Ежова О.С., Люштык В.С. Сохранение редких видов травянистых растений придорожных фитоценозов в условиях in situ и ex situ 176
Тимаков А.А. Искусственные семена: обзор, перспективы и мировой опыт 180
Майер А.Ф., Уваров Д.М., Наумова К.Н. Исследование биокомплекса из растительного сырья как источника низкомолекулярных антиоксидантов 183
So-Youn Jung, Young-Kyun Kim. Effects of pretreatment with methanol extract of peucedani radix on transient ischemic brain injury in mice 187
Черноградская Т.Г. Особенности морфологии Бескильницы на аласах Усть-Алданского района 189
Ямщикова С.И., Никулин А.В., Потанина О.Г., Абрамович Р.А. Стандартизация субстанции растительного происхождения родов Cladina и Cladonia 192
Попов С.В. Выделения древней ДНК их археологических останков 196

Авторский указатель 198

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Северо-Восточный федеральный университет
https://www.s-vfu.ru/

Институт естественных наук
https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/instituty/bgf/

Общество физиологов растений России
http://www.ofr.su/

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА:

РФФИ

СВФУ

СПОНСОРЫ:

Компания Хеликон
www.helicon.ru

ООО «Диаэм»
www.dia-m.ru

ПРОГРАММА

III научно-практической конференции
«Перспективы фитобиотехнологии для улучшения качества жизни на Севере»
с международным участием
и Научной школы по клеточной биотехнологии
(г. Якутск, СВФУ, 4-8 июня 2018 г.)

4 июня (понедельник)

Время	Мероприятие	Место проведения
2-4 июня	Приезд участников	Гостиницы Кампуса СВФУ, г. Якутск
09.00-10.00	Регистрация участников	Холл, 1-й этаж УЛК СВФУ (ул. Белинского, 58)
09.00-13.00	Выставка фирм-производителей и поставщиков лабораторного и учебного оборудования в области клеточной и молекулярной биотехнологии	Холл, 1-й этаж УЛК СВФУ (ул. Белинского, 58)
10.00-10.10	Открытие конференции Приветственная речь к участникам конференции председателя Программного комитета конференции, и.о. ректора СВФУ Евгении Исаевны Михайловой	Зал Ученого совета СВФУ, 1-й этаж УЛК СВФУ (ул. Белинского, 58)
10.10-10.20	Выступление проректора СВФУ по науке и инновациям Константина Константиновича Кривошапкина	
10.20-10.30	Выступление член-корр. РАН, президента Всероссийского общества физиологов растений Кузнецова Владимира Васильевича	
10.30-10.40	Выступление проректора СВФУ по ест.-матем. направлению – директора ИЕН Анатолия Николаевича Николаева	
Пленарные доклады		
10.40-11.30	Кузнецов Владимир Васильевич, член-корр. РАН (ИФР РАН, г. Москва). «Физиологические механизмы адаптации растений»	Зал Ученого совета СВФУ, 1-й этаж УЛК СВФУ (ул. Белинского, 58)

11.30-12.15	Носов Александр Михайлович, д.б.н., профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФР РАН, г. Москва). «Клеточные технологии: настоящее и перспективы»	
12.15-13.00	Choon-Hwan Lee PhD, профессор (ПНУ, Республика Корея, г. Пусан). «Photobiology»	
13.00-14.00	Обеденный перерыв	Столовая УЛК
Пленарные доклады		
14.00-14.40	Лобакова Елена Сергеевна, д.б.н., профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва). «Современные представления о цианобактериях»	Зал Ученого совета СВФУ, 1-й этаж УЛК СВФУ (ул. Белинского, 58)
14.40-15.20	Zulfugarov Ismyil Sokhbatovich, PhD, профессор-исследователь (ПНУ, Республика Корея, г. Пусан). «Molecular basis of the cold acclimation in higher plants»	
15.20-16.00	Чирикова Надежда Константиновна, к.фарм.н., в.н.с. (СВФУ, г. Якутск). «Фитохимические исследования дикорастущих растений Якутии»	
16.00-17.00	Su In Cho, PhD, профессор (ПНУ, Республика Корея, г. Пусан). «Effect of licorice extracts on ischemic brain injury»	
18.00	Фуршет в честь открытия конференции	

5 июня (вторник)

Время	Мероприятие	Место проведения
Секционные заседания		
10.00-11.30	**Секция 1. Биотехнология растений**	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
	10.00-10.15. Стадничук Игорь Николаевич, д.б.н. (ИФР РАН, г. Москва). «Растительные пигменты фикобилипротеины в биотехнологии» 10.15-10.30. Железнова Светлана Николаевна, м.н.с. (ИМБИ им. А.О. Ковалевского, г. Севастополь). «Промышленная технология производства фукоксантина, фикобилипротеинов, осцилоксантина и миксоксантофила на основе микроводорослей»	

	10.30-10.45. Гафицкая Ирина Викторовна, ведущий инженер (ФНЦ биоразнообразия РАН, г. Владивосток). «Перспективы использования светодиодного излучения при культивировании in vitro растений-регенерантов картофеля» 10.45.-11.00. Кащенко Нина Игоревна, к.фарм.н. (ИОЭБ СО РАН, г. Улан-Удэ). «Эллаготаннины северных видов Potentilla. Хеморазнообразие и продукция уролитинов» 11.00-11.10. Пивоварова Надежда Сергеевна, к.фарм.н. (СПбГХФА МЗ РФ, г. Санкт-Петербург). «Коллекция штаммов лекарственных растений Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии как основа фармацевтической фитобиотехнологии» 11.10-11.20. Кучарова Елена Валерьевна, ведущий инженер (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Изучение культуры клеток Dragocephalum palmatum Stephan.» 11.20-11.30. Григорьев Роман Олегович, аспирант (ИФР РАН, г. Москва). «Обнаружение тритерпеновых гликозидов в культуре клеток женьшеня вьетнамского»	
11.30-11.50	Кофе-брейк	
11.50-13.00	**Секция 1. Биотехнология растений**	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
	1.50-12.00. Кащенко Нина Игоревна, к.фарм.н. (ФГБУН ИОиЭБ СО РАН, г. Улан-Удэ). «Микробные метаболиты семейства Rosaceae. Синтез орто-диоксизамещенных уролитинов и их биологическая активность» 12.00-12.10. Степанов Алексей Владимирович, к.б.н. (СИФИБР СО РАН, г. Иркутск). «Использование суспензионных культур клеток и протопластов растений для изучения внутриклеточных процессов, происходящих при стрессе, методами флуоресцентной микроскопии»	

	112.10-12.20. Хоцкова Любовь Витальевна, инженер-исследователь (НИ ТГУ, г. Томск). «Размножение красивоцветущих тропических орхидей с применением методов биотехнологии растений в Сибирском ботаническом саду НИ ТГУ» 12.20-12.30. Дарханова Валентина Гаврильевна, н.с. (ИБПК СО РАН, г. Якутск). «Использование биотехнологии в сохранении и воспроизводстве некоторых декоративных видов растений» 12.30-12.40. Винокурова Айна Владимировна, студент (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Получение адвентивных корней у высших растений» 12.40-12.50. Алексеева Саргылана Ильинична, аспирант (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Культивирование тест-объектов в условиях учебно-научной лаборатории» 12.50-13.00. Александрова Акулина Алексеевна, магистрант (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Методы получения культур клеток растений рода Artemisia»	
13.00-14.00	Обеденный перерыв	Столовая КФЕН
Переход в здание АИЦ СВФУ (ул. Кулаковского, 46) **Научная школа по клеточной биотехнологии**		
14.00-15.00	Актовая лекция «Культура клеток высших растений» – д.б.н., профессор Носов Александр Михайлович (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФР РАН, г. Москва)	Ауд. 302 АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
15.00-15.20	Кофе-брейк	
15.20-17.30	Практическая часть научной школы для молодых «Культура клеток высших растений». Ведущий: д.б.н., профессор Носов Александр Михайлович	Ауд. 502 УНЛ «МГиКТ» АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
15.20-17.30	КПК для слушателей «Биотехнология цианобактерий». Ведущий: д.б.н., профессор Лобакова Елена Сергеевна (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)	Ауд. 302 АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
15.00-16.30	Посещение делегации приглашенных ученых ФГБУН «Институт мерзлотоведения имени П.И. Мельникова» СО РАН	ул. Мерзлотная, 36
16.30-18.00	Экскурсия делегации приглашенных ученых в Комитет драгоценных металлов РС (Я)	ул. Кирова, 12

6 июня (среда)

Время	Мероприятие	Место проведения
	Секционные заседания	
10.00-11.30	**Секция 2. Растительные ресурсы и их потенциал**	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
	10.00-10.10. Борисова Саргылана Захаровна, к.б.н. (БС СВФУ, г. Якутск). «Бурачниковые флоры Якутии и их интродукционная изученность» 10.10-10.20. Трофимова Ирина Григорьевна, начальник отдела Дендрологии (БС СВФУ, г. Якутск). «Интродукция древесных растений в Ботаническом саду СВФУ» 10.20-10.30. Семенова Варвара Васильевна, к.б.н. (ИБПК СО РАН, г. Якутск). «Полевая всхожесть лекарственных растений в Якутском ботаническом саду» 10.30-10.40. Иванова Сайыына Святославовна, студент (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода Artemisia» 10.40-10.50. Семенова Алена Климентьевна, студент (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Внутривидовая и межвидовая изменчивость рода Dragocephalum» 10.50-11.00. Васильева Ирина Вениаминовна, аспирант (ИБПК СО РАН, г. Якутск). «Ассоциация дегидринов с криоустойчивостью Betula pendula Roth в условиях Севера» 11.00-11.10. Габышева Людмила Петровна (ИБПК СО РАН, г. Якутск). «Динамика продуктивности иван-чая узколистного на гарях Центральной Якутии» 11.10-11.20. Зайцева Наталья Владимировна, к.б.н. (БС СВФУ, г. Нерюнгри). «Растения Южной Якутии – источник биологически активных веществ для повышения устойчивости культурных растений к стрессогенным факторам среды»	

	11.20-11.30. Нохсоров Василий Васильевич, к.б.н. (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Осенний криокорм – уникальная биотехнология для улучшения качества жизни на Севере»	
11.30-11.50	Кофе-брейк	
11.50-13.00	**Секция 2. Растительные ресурсы и их потенциал**	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
	11.50-12.00. Сивцева Сардана Васильевна, м.н.с. (ИЕН СВФУ, г. Якутск) «Изучение биоактивного потенциала дикоросов Якутии» 12.00-12.15. Софронова Валентина Егоровна, к.х.н. (ИБПК СО РАН). «Закономерности функционирования виолаксантинового цикла при холодовой адаптации хвои Pinus sylvestris» 12.15-12.30. Strzalka Kazimierz Jan, PhD (Malopolska Centre of Biotechnology, Jagiellonian University). «Enzymes of xanthophyll cycle; a new family of enzymes requiring non-bilayer lipids for their activity» Подсекция. Сотрудничество в области биотехнологий. 12.30-12.40. Бояров Иннокентий Иннокентьевич, магистрант (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Прямой вклад клеток Muse в регенерацию тканей» 12.40.12.50. Чемпосов Владимир Виталиевич, магистрант (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Влияние электромагнитных полей на пролиферацию, жизнеспособность и дифференцировку различных типов клеток млекопитающих» 12.50-13.00. Федоров Андрей Андреевич, магистрант (ИЕН СВФУ, г. Якутск). «Подходы к репрограммированию соматических клеток»	
13.00-14.00	Обеденный перерыв	Столовая КФЕН
Переход в здание АИЦ СВФУ (ул. Кулаковского, д. 46) **Научная школа по клеточной биотехнологии**		
14.00-15.00	Актовая лекция «Биотехнология цианобактерий» – д.б.н., профессор Лобакова Елена Сергеевна (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)	Ауд. 302 АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
15.00-15.20	Кофе-брейк	

15.20-17.30	Практическая часть научной школы для молодых «Биотехнология цианобактерий». Ведущий: д.б.н., профессор Лобакова Елена Сергеевна (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)	Ауд. 502 УНЛ «МГиКТ» АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
15.20-17.30	КПК для слушателей «Культура клеток высших растений». Ведущий: д.б.н., профессор Носов Александр Михайлович (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИФР РАН, г. Москва)	Ауд. 302 АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
15.00-16.00	Посещение делегации приглашенных ученых Музея мамонта	КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
16.30-18.00	Посещение делегации приглашенных ученых Медицинской клиники СВФУ	Медицинская клиника СВФУ (ул. Кулаковского, 36)

7 июня (четверг)

Время	Мероприятие	Место проведения
	Научная школа по клеточной биотехнологии	
10.00-11.00	Актовая лекция «Антираковый потенциал растений» – PhD, профессор Su In Cho (ПНУ, Республика Корея, г. Пусан)	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
11.00-12.00	Актовая лекция «Эколого-гормонально-генетическая концепция проявления признаков пола у растений» – д.б.н., профессор Хрянин Виктор Николаевич (ПГУ, РФ, г. Пенза)	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
12.00-13.00	Актовая лекция «Молекулярные биотехнологии растений» – PhD, профессор-исследователь Zulfugarov Ismyil Sokhbatovich (ПНУ, Республика Корея, г. Пусан)	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
13.00-14.00	Обеденный перерыв	Столовая КФЕН
	Научная школа по клеточной биотехнологии	
14.00-15.00	Актовая лекция «Вторичный метаболизм высших растений» – к.б.н., с.н.с. Кочкин Дмитрий Владимирович (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
15.00-15.30	Кофе-брейк	

15.30-16.30	Онлайн-лекция «Биотехнологическая переработка токсинов» – к.б.н. Козлов Григорий Владимирович (г. Санкт-Петербург, РФ)	Ауд. 266Б КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
15.00-17.30	Посещение делегации приглашенных ученых Ботанического сада СВФУ и Якутского ботанического сада (филиал ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны»)	КФЕН, Кулаковского, 48, Оранжерея; Сергеляхское шоссе, 10 км, д. 10.

8 июня (пятница)

Время	Мероприятие	Место проведения
	Научная школа по клеточной биотехнологии	
10.00-11.30	Практическая часть научной школы «Вторичный метаболизм высших растений». Ведущий: к.б.н., с.н.с. Кочкин Дмитрий Владимирович (МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)	Ауд. 502 АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
11.30-11.45	Кофе-брейк	
11.45-13.00	Практическая часть научной школы «Вторичный метаболизм высших растений». Ведущий: к.б.н., с.н.с. Кочкин Дмитрий Владимирович (МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)	Ауд. 502 АИЦ (ул. Кулаковского, 46)
10.00-13.00	Встреча приглашенных ученых с ректором СВФУ Михайловой Евгенией Исаевной	УЛК, каб 315 (ул. Белинского, 58)
13.00-14.00	Обеденный перерыв	
14.00-15.30	Заседание программного комитета, рассмотрение и утверждение резолюции мероприятия, оформление документаций, подписание договоров	Ауд. 263 КФЕН (ул. Кулаковского, 48)
16.00-17.30	Торжественное закрытие конференции, принятие резолюции мероприятия, вручение сертификатов научной школы, общее фотографирование	
18.00-21.00	Фуршет в честь закрытия конференции	

9 июня (суббота)

Время	Мероприятие
	Отъезд приглашенных ученых и участников конференции

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 57.085.23

КЛЕТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАСТОЯЩЕЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.М. Носов

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,
ул. Ботаническая, 35, г. Москва, Россия al_nosov@mail.ru

Ключевые слова: *фитопрепараты, растительная биомасса, штамм-продуцент, in vitro.*

В настоящее время наблюдается значительное повышение интереса медицины к фитопрепаратам. Этот процесс имеет существенную отрицательную сторону: он приводит к сокращению ценных природных растительных ресурсов, используемых в качестве сырья. Культура клеток высших растений является альтернативным способом получения высококачественного возобновляемого растительного сырья для медицины, ветеринарии, парфюмерии и пищевой промышленности. К преимуществам способа относятся экологическая чистота производства; получение растительной биомассы с заданными характеристиками независимо от сезона, климатических и погодных условий; высокая скорость получения биомассы; гарантированное отсутствие в биомассе пестицидов, гербицидов, радиоактивных соединений и других поллютантов.

Основой эффективных технологий являются:

1. Получение штамма-продуцента, для чего эффективно использовать подходы клеточной селекции, мутагенеза, генной инженерии.

2. Разработка алгоритмов управления процессов роста культуры и образования целевого продукта.

3. Разработка способов сохранения высокой стабильности синтеза целевых продуктов клетками *in vitro* и/или сохранения исходного штамма (например, криосохранение).

К настоящему времени известен ряд промышленных производств на основе культур клеток высших растений. Например, для получения противоопухолевого дитерпеноида паклитаксела культуру клеток тиса выращивают во многих странах – в Германии (фирма *Phyton Biotech* – http://www.phytonbiotech.com, где используется линия биореакторов с конечным объемом 75 000 литров, годовой уровень продукции – 880000 литров культуры), в США (ESC genetic), Корее (Samyang Genex).

Однако, несмотря на десятилетия интенсивной работы, подобных успешных примеров относительно немного. Основная причина – сложность получения эффективного штамма продуцента, и решение этого вопроса – ключевая проблема развития современных клеточных технологий. В настоящее время обсуждаются различные подходы к решению этой проблемы, в частности, методы метаболической инженерии, основанные на модификации путей биосинтеза вторичных метаболитов в трансгенных объектах (не только культурах клеток растений, но и культурах трансформированных корней hairy roots, а также дрожжах и бактериях) и «популяционной инженерии», основанной на знании и управлении механизмами существования и развития популяций соматических клеток *in vitro*

Исследования в области молекулярной биологии, физиологии растений и биотехнологии позволят ответить на эти вопросы и существенно изменить ситуацию в области промышленного получения биологически активных веществ растительного происхождения биотехнологическими методами.

UDC 581.132

PHOTOBIOLOGY

Choon-Hwan Lee

Department of Integrated Biological Science, Department of Molecular Biology,
Pusan National University, Busan 609-735, Republic of Korea, chlee@pusan.ac.kr

Keywords: *photobiology, chlorophyll, nonphotochemical quenching*

Photobiology is a field of biological science that study the interaction of light and biological organism. One of very important fields in photobiology is photosynthesis by which photosynthetic organisms provide food, shelter, fuel and oxygen for heterotropic organisms on the earth. Photosynthetic process can be divided into a light energy capturing process and a carbon reduction process. After briefly summarizing these processes, the effects of various abiotic stresses will be discussed. Especially, excess solar energy captured by chlorophyll (Chl) is very destructive especially to photosystem II (PSII) core proteins in higher plants, and therefore plants have to provide defense mechanisms to protect them. One way is to repair rapidly damaged PSII core proteins. In this repair process, STN8 kinase is involved in PSII core protein phosphorylation (PCPP). In the rice STN8 mutant, *osstn8*, PCPP was significantly suppressed and the grana were thin and elongated. Upon HL illumination, PSII was strongly inactivated in the mutants, yet the D1 protein was degraded more slowly than in wild type, and the mobilization of the PSII supercomplexes from the grana to stroma lamellae for repair was also suppressed. The accumulation of damaged PSII supercomplexes enhanced the production of reactive oxygen species in the mutants during HL illumination. These results indicate that the characteristic phenotypes of *osstn8* mutants are probably the direct consequences of the suppression of PCPP, indicating the essential role of STN8-mediated PCPP in PSII repair.

Another protection mechanism is to dissipate excess excitation energy from their photosynthetic apparatus by a process called nonphotochemical quenching (NPQ). The major part of NPQ is energy dependent quenching (qE) which is dependent on the transmembrane pH gradient across the thylakoidal membrane and regulated by xanthophyll cycle carotenoids associated with

PSII of higher plants. The acidification of the lumen leads to protonation and thus conformational change of light harvesting complex (LHC) proteins as well as PsbS protein of PSII, which results in the induction of qE. Although physiological importance of qE has been well established, its mechanistic understanding is rather insufficient. In this presentation, recent progress related to both protection mechanisms will be discussed.

UDC 58.01/.07

MOLECULAR BASIS OF THE COLD ACCLIMATION IN HIGHER PLANTS

Ismayil S. Zulfugarov

Department of Integrated Biological Science, Department of Molecular Biology,
Pusan National University, Busan 46241, Korea, iszulfugarov@pusan.ac.kr

Keywords: *temperature stresses, higher plants, cold acclimation.*

Cold acclimation of higher plants seems as a tremendously complex process that just partly has been elucidated today.

Temperature stresses practiced by higher plants can be classified into three types depend on temperature regime: those occurring at 1) temperatures below freezing, 2) low temperatures above freezing, and 3) high temperatures. A phenomenon known as cold acclimation take place upon exposure to low nonfreezing temperatures which many plants increase their freezing tolerance. Latest improvements in determining the nature and function of genes with roles in cold acclimation and the mechanisms involved in low temperature gene regulation and signal transduction are described. Cold acclimation includes the expression of certain cold-induced genes that function to stabilize membranes against cold-induced injury. It has been shown that natural variation in the C-repeat binding factor (CBF) cold response pathway correlates with local adaptation of Arabidopsis ecotypes. The CBF locus includes three genes – CBF1, CBF2 and CBF3 – that are induced by low temperature and encode transcription factors (TF) that regulate a group of more than 100 genes, the CBF regulon, which impart freezing tolerance. Have been identified a regulon of cold-induced genes that increase plant tolerance to the freezing temperatures. It is the family of Arabidopsis TFs, the CBF/DREB1 proteins that control the expression of a regulon of cold-induced genes. During cold acclimation, CBFs activate cold-regulated genes, leading to the achievement of freezing tolerance in plants. It has been find that Inducer of CBF expression 1 (ICE1) plays a key role by activating CBF3 expression in shaping the cold-induced transcriptome. In fact, the regulation of the Arabidopsis CBF regulon occurs by a complex low-temperature

regulatory network. Cold stress has a deep effect on plant morphologies, causing growth repression and reduced yields. Complex signaling cascades are used to induce changes in cold-responsive gene expression and enable plants to acclimate chilling and freezing temperatures. These cascades are directed by the activity of plant hormones, and current investigations have provided a better understanding of how cold stress responses are integrated with developmental pathways. This process modulates growth and initiates other events that increase cold tolerance. The role of the circadian clock in cold acclimation and winter dormancy also has been shown especially for the perennial plants. During cold acclimation, huge changes in gene expression and in the content of primary metabolites, such as glycinebetaine, flavonoids, anthocyanin and lipids have been observed. The cold-induced fatty acid desaturases (FADs) change the membrane fluidity under cold stress by fatty acids and membrane fluidity controls redox-regulated cold stress responses in higher plants. These results along with many of the others summarized here further our understanding of the basic mechanisms that plants have evolved to survive freezing temperatures. This work frameworks how biological constituents, such as heat-shock proteins, glycinebetaine as a compatible solute, membrane lipids, etc., which are extremely related to the temperature stresses. Also reactive oxygen species and their detoxifiers contribute to temperature stress tolerance in higher plants. Usage of genetic engineering techniques also improves the adaptability of plants to temperature stress and particularly increases cold acclimation by altering the levels and composition of these substances in higher plants. Because cold temperature is a major factor limiting the geographical locations suitable for growing crop and horticultural plants and periodically account for significant losses in plant productivity the current findings have prospective practical applications.

УДК 633.8:581.192.571.56

ФИТОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИКОРАСТУЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ

Н.К. Чирикова[1], Д.Н. Оленников[2]

[1]Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, hofnung@mail.ru
[2]Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия

Ключевые слова: *Якутия, лекарственные растения, химический состав, биологически активные соединения.*

Республика Саха (Якутия) – самая большая административно-территориальная единица в мире. Якутию называют краем «вечной мерзлоты». Условия криолитозоны оказывают существенное влияние на формирование всех факторов среды: климата, почвы, форм рельефа, растительности и т.д. Растительность Якутии представлена в основном тайгой, которая занимает около 75% территории. Флора включает около 1984 видов высших сосудистых растений, из них более 230 видов являются лекарственными (157 родов и 55 семейств), что составляет 12% всей флоры сосудистых растений Якутии. На сегодняшний день известно более 50 видов пищевых растений. Совмещение в одном регионе различных абиотических факторов отразилось не только на характере растительности Якутии, но и на химическом составе местных растений. Установлено, что местные растения, приспособившиеся к экстремальным условиям произрастания, более богаты питательными и различными биологически активными соединениями, чем такие же растения, произрастающие в более мягких условиях юга. Следует отметить относительную экологическую чистоту по сравнению с другими регионами России.

Фитотерапия в Якутии возникла давно и вполне самобытна, о чем свидетельствует наличие многих оригинальных способов лечения, хотя она обогащалась и совершенствовалась под многовековым влиянием медицины других народов. У некоторых растений при их общем сходном характере использования отмечаются некоторые оригинальные области

применения или они в качестве растений в народной медицине указываются впервые и не прошли ни химической, ни фармакологической проверки. Богатая флора Якутии, наличие на ее территории обширных зарослей лекарственных растений с высоким содержанием биологически активных соединений и их большой интродукционный потенциал (из 230 видов лекарственных растений интродукции подвергалось 190 видов) определяют тенденцию к широкому использованию растительных ресурсов в качестве лекарственного растительного сырья. При этом следует учесть данные многих авторов, что для каждой популяции людей более полезными являются продукты, произведенные из растительного, животного и минерального сырья, заготовленного в местах ее исконного обитания.

Работы, посвященные изучению химического состава в растениях Якутии, хотя и носили поисковый характер, но представляют большой научный и практический интерес. Полученные учеными данные о видовом составе, распространении, экологии и ресурсах лекарственных растений Якутии, а также эмпирический опыт использования местных растений в якутской народной медицине убеждают нас в том, что региональная флора Якутии, несмотря на свое высокоширотное положение и крайне суровые условия, в которых она существует, может стать источником полноценного лекарственного сырья. В результате изучения распределения лекарственных растений Якутии по семействам установлено, что преобладают виды из семейств: *Asteraceae, Rosaceae и Lamiaceae*. Нами проведен качественный анализ содержания биологически активных соединений в лекарственных растениях Якутии. Всего качественному скринингу на содержание биологически активных соединений подвергались 155 растений из 35 семейств.

Лекарственные растения Якутии больше всего накапливают фенольные соединения, наиболее богаты фенольными соединениями растения из семейств *Rosaceae, Lamiaceae*, *Polygonaceae*. В результате исследования выявлено, что эфироносных растений 14%. Качественный анализ показал также наличие в растениях Якутии алкалоидов, тритерпеновых сапонинов, иридоидов, каротиноидов, сердечных гликозидов и аскорбиновой кислоты. Более полному скринингу были подвергнуты растения из семейства *Rosaceae.* В результате исследования для 29 видов, представителей 15 родов и 4 подсемейств было определено содержание

основных групп фенольных соединений, характерных для изучаемого семейства (флавоноидов, катехинов, процианидинов, гидролизуемых таннинов). Содержание флавоноидов в надземной части исследованных видов варьировало от 10,28 (*Rubus arcticus*) до 46,24 мг/г (*Spiraea salicifolia*), катехинов – от 1,51 (*Comarum palustre*) до 183,53 мг/г (*Cotoneaster lucidus*), процианидинов – от 0,93 (*Rosa dahurica*) до 119,37 мг/г (*Cotoneaster lucidus*), гидролизуемых таннинов – от 4,26 (*Rosa jacutica*) до 53,06 мг/г (*Chamaerhodos erecta*). Показатели содержания в различных подсемействах *Rosaceae* варьировали в широких пределах. Для представителей подсемейства *Rosoideae* были отмечены минимальные концентрации катехинов и процианидинов, однако присутствие гидролизумых таннинов было отмечено только в видах данного подсемейства. Виды *Pomoideae* (особенно виды *Cotoneaster* и *Crataegus*) характеризуются как (гипер)концентраторы катехинов и процианидинов. Промежуточные показатели содержания были отмечены у представителей подсемейств *Spiraeoideae* и *Prunoideae*. Присутствие эллаготаннинов в семействе *Rosaceae* выявлено только в видах, входящих в подсемейство *Rosoideae*. Накопление отдельных групп эллаготаннинов в подсемействе Rosoideae характеризуется родо-специфичностью; так, эллаготаннины, содержащие остаток дегидродигалловой кислоты, отмечены в родах *Chamaerhodos*, *Comarum*, *Fragaria* и *Geum*, сангвисорбоил-содержащие эллаготаннины накапливаются в родах *Rubus* и *Sanguisorba*, а валонеильные эллаготаннины – в родах *Filipendula* и *Rosa*.

Учитывая сведения о химическом составе и биологической активности отдельных соединений, наиболее перспективными для дальнейшего изучения и внедрения в фармацевтическую практику имеют следующие виды: *Comarum palustre*, *Chamaerhodos erecta*, *Fragaria orientalis*, *Geum allepicum*, *Rosa acicularis*, *Rubus matsumuranus*, *Rubus saxatilis*.

UDC 57.085.11

EFFECT OF LICORICE EXTRACTS IN ISCHEMIC BRAIN INJURY

Chiyeon Lim[1], Suin Cho[2]

[1]College of Medicine, Dongguk University, Ilsandong-gu, Gyeonggi-do, 10326, Republic of Korea, rachun@hanmail.net
[2]School of Korean Medicine, Yangsan Campus of Pusan National University, Yangsan-si, 50612, Republic of Korea, sicho@pusan.ac.kr

Keywords: *Licorice, stroke, apoptosis.*

Licorice is extracted from the roots of plants in the *Glycyrrhiza* genus, especially *Glycyrrhiza uralensis* in China and Korea. It has several pharmacological activities, including neuro-protective, anti-fungal, and anti-cariogenic effects. Ischemia/reperfusion-induced brain injury is a leading cause of adult disability and death; thus, the identification of anti-apoptotic neuro-protective therapeutic agents is viewed as an attractive drug development strategy.

Infarct volumes and the expression of several apoptosis-related proteins, including Bcl-xL, Bcl-2, and caspase-8 and caspase-9, were evaluated by western blotting in the brains of mice subjected to middle cerebral artery occlusion (MCAO).

Three consecutive days of oral pre-treatment with the methanol extract of licorice (GRex) significantly reduced infarct volumes 24 h after MCAO (Fig. 1).

In addition, GRex effectively inhibited the activation of caspase-9 by up-regulating protein expression of Bcl-xL and Bcl-2 (Fig. 2, Fig. 3).

In this study, GRex administration had no effect on caspase-8 expression, but caspase-9 expression was effectively regulated by GRex administration (Fig. 3A). This result indicate that neuro-protective effects of GRex could be mediated by an anti-apoptotic mechanism via the intrinsic pathway.

In summary, we have demonstrated that of the neuro-protective effect of licorice is possibly related to suppression of ischemia/reperfusion-induced brain damage by modulating the proteins involved in the intrinsic pathway of apoptosis.

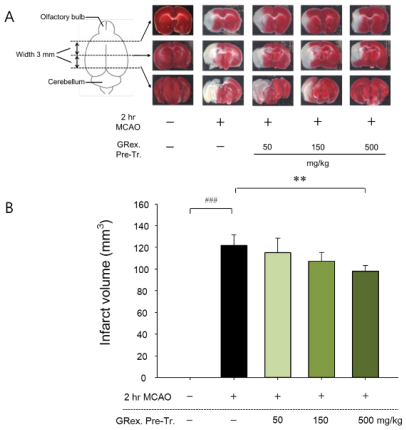


Fig. 1. Representative images of each group and effects of GRex on infarct volume. A) Pale colored parts of each coronal slice indicating ischemic area of the brain. B) Data are presented as the mean ± SD. ### p <0.001 vs. Normal (Sham) mice, ** p <0.01 vs. Control (MCAO) mice

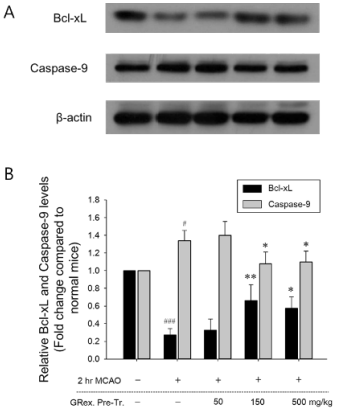


Fig. 2. Effects of GRex on Bcl-xL and caspase-9 signaling in the brains of MCAO-induced mice. A) Expression of Bcl-xL and caspase-9 were detected by western blotting, and administration of 150 and 500 mg/kg GRex effectively blocked the reduction of Bcl-xL and increase of caspase-9 signaling. Beta-actin was used as a loading control. B) Quantification of the protein ratio of Bcl-xL or caspase-9 to beta-actin. Data are presented as the means ± SD. ### p <0.001 vs. Normal mice, * p <0.05 vs. MCAO mice, ** p <0.01 vs. MCAO mice

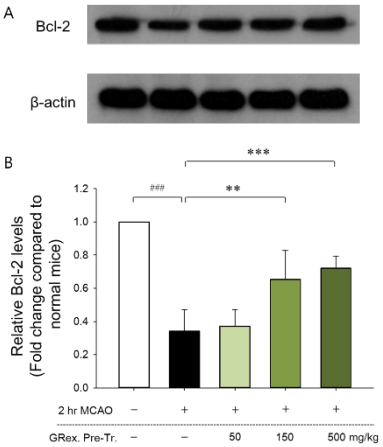


Fig. 3. Effects of GRex on Bcl-2 signaling in the brains of MCAO-induced mice. A) Expression of Bcl-2 was detected by western blotting, and administration of 150 and 500 mg/kg GRex blocked the decrease of Bcl-2 signaling. Beta-actin was used as a loading control. B) Quantification of the protein ratio of Bcl-2/beta-actin. Data are presented as the means ± SD. ### $p < 0.001$ vs. Normal mice, ** $p < 0.01$ vs. MCAO mice, *** $p < 0.001$ vs. MCAO mice

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Секция 1.
БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 57.085.23

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ КУЛЬТУР КЛЕТОК РАСТЕНИЙ РОДА ARTEMISIA

А.А. Александрова, М.Т. Ханды

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, aku.drova.ru@mail.ru

Ключевые слова: *культура клеток, Artemisia, полынь, биотехнология, in vitro, каллус, культивирование, питательная среда, регуляторы роста.*

Культуры клеток высших растений получают экспериментальным путем из соматических клеток. Практическая значимость их заключается в том, что многие растения являются продуцентами для получения лекарственных веществ. Большая часть лекарственных растений находится на грани исчезновения. В связи с этим перед биотехнологией стоит задача разработки альтернативных путей получения биомассы с искомыми БАВ, одним из которых на сегодня является метод культивируемых клеток *in vitro*. Максимальный прирост и высокие ростовые показатели – это, в основном, результат подбора соотношения, концентрации регуляторов роста. Поиск оптимального состава питательной среды является одной из основных задач при культивировании клеток растений. Таким образом, в данном обзоре будут рассмотрены методы получения культур клеток растений рода *Artemisia*. *Artemisia* – один обширных родов семейства *Asteraceae,* обладающих уникальным составом вторичных метаболитов. Из полыни выделено множество веществ вторичного синтеза, такие как сесквитерпеноиды (например, соединение с антираковой активностью-арглабин), флавоноиды, кумарины, липиды, фенолы, пурины, стероиды, тритерпеноиды.

В литературе множество данных о получении культуры клеток растений *Artemisia* L. В 1992 году группа авторов из Тайваньского национального университета совместно с группой ученых из Лондонского и Оксфордского университетов Великобритании работали с культурой клеток *Artemisia anua* L. Для индукции каллуса использовали твердую питательную среду (на агаре) Мурасиге-Скуга (MS) с 5% сахарозой, в качестве регуляторов роста использовали кинетин – 0,5 мг/л и 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-Д) – 1 мг/л [1].

В 1994 году Н.Б. Паньего, А.М. Джульетти провели дифференциацию тканевых культур *A. annua* L. для производства артемизинина. Каллусы культивировались на среде MS с 3% сахарозой, мио-инозитолом – 100 мг/л и витаминами. Применялись ауксины нафталинуксусная кислота (НУК), индолуксусная кислота (ИУК), индолмасляная кислота (ИМК) и 2,4-Д. Их добавляли к базовой среде по отдельности или в комбинации. Наилучшие результаты были получены на среде с 2,4-Д 4,5 мкМ и НУК 5,4 мкМ. Здесь же имеются первые данные о культивировании первых суспензионных культур клеток *A. annua* L. [2].

Хорхе Ф.С., Феррейра Ж.Я. в 1995 году получили культуры *A. annua* L. на твердой питательной среде MS с 6 г/л агара, с 3% сахарозой, с гидролизатом казеина – 2 г/л и 10 мл/л раствора витаминов, содержащей 0,3 мг тиамина, 2,4 мг пироксидина, 0,6 мг инозитола, 4,1 мг никотиновой кислоты и 26,6 мг глицина. Средний показатель pH был скорректирован до 5,7 [3].

П.Дж. Везерс соавторами в 1997 году определили оптимальные условия роста культур клеток полыни *A. annua.* При этом оказалось, что содержание должно быть на уровне 15 мг/л, фосфатов – 1,0 мг/л. Для эксперимента использовали среду Гамборга с 5% сахарозой [4].

В 2007 году Чан Лай Кэнг с соавторами культивировали каллус *A. annua* на среде MS с разным сочетанием регуляторов роста для индукции синтеза сесквитерпенового лактона – артемизинина: БАП – 0,5 мг/л, НУК – 0,5 мг/л; БАП – 0,25 мг/л и 2,4-Д – 0,25 мг/л; ИУК – 0,25 мг/л, БАП – 0,25 мг/л. Наибольший синтез артемизинина получили на среде с содержанием НУК – 0,25 мг/л и БАП – 0,25 мг/л [5].

Ашиш Балдии, В.К. Диксит в 2008 году получили высокачественную каллусную культуру *A. annua* из асептически проросших саженцев, культивированных на среде MS, с регуляторами роста НУК – 0,5 мг/л

и кинетина – 0,5 мг/л. В данном эксперименте была установлена ростовая и производственная кинетика культуры клеток *A. annua* [6].

Мохаммед Али с соавторами в 2013 году получили каллусные культуры *A. absinthium* L. путем инокуляции листовых эксплантов на среде MS с добавлением различной концентрации сахарозы (1, 3, 5, 7 и 9%), тидиазурона (ТДЗ) – 0,5-5,0 мг/л отдельно или в комбинации с НУК – 1,0 мг/л или ИУК – 1,0 мг/л. Наилучший результат получили среды с добавлением 3% сахарозы [7].

Таким образом, для получения культур клеток полыней чаще используют среду MS с регуляторами роста – НУК в концентрации в среднем 0,25 мг/л. На сегодняшний день, по данным доступной англоязычной литературы, чаще всего получают каллусные и суспензионные культуры клеток *A. annua, A. absinthium* L. и *A. vulgaris.* Особое внимание уделено *A. annua,* что обусловлено накоплением в данной культуре *in vitro* и в растениях *in vivo* сесквитерпеновых лактонов – производных артимизинина, сильных антираковых агентов.

Литература

1. K. Chiung-Sheue Chen Liu. Antimalarial activity of Artemisia annua flavonoids from whole plants and cell cultures. / Shi–Lin Yang 2, M.F. Roberts 2, B.C. Elford 3, and J.D. Phillipson 2 // Plant Cell Reports. – 1992.– С. 637-640.

2. N.B. Paniego. Artemisia annua L.: dedifferentiated and differentiated cultures. / A.M. Giulietti. // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 1994. Т. 36. – С. 163-168.

3. Jorje F.S. Ferreira. Artemisinin (Qinghaosu) Production in *Artemisia annua L.* / James E/ Simon, Jules Janick // Hort Science.–1995. – Т. 30(4).

4. P. J. Weathers. Intreactive effects of nitrate and phosphate salts, sucrose, and inoculums culture age on growth and sesquiterpene production in *Artemisia annua* hairy root culture / D. D. Hemmavanh, D.B. Walcerz, R.D. Cheethman, T.C. Smith // In Vitro Cell. Dev. Biol–Plant. – 1997. – Т. 33. – С. 306-312.

5. Chan Lai Keng. Production of artemisinin from cell suspension culture of *Artemisia annua* L / Nallammai Singaram, Boey Peng Lim // AsPac J. Mol. Biol. Biotechnol. – 2007.–Т. 18. – С.139-141.

6. Ashish Baldi. Enhanced artemisinin production by cell cultures of Artemisia annua / V.K. Dixit // Current Trends in Biotechnology and Pharmacy. – 2008. – Т. 2 (2). – С. 341-348.

7. Mohammad Ali. Sucrose – enhanced biosynthesis of medicinally important antioxidant secondary metabolites in cell suspension cultures of Artemisia absinthium L / Bilal Haider Abbasi, Nisar Ahmad, Syed Shujait Ali, Shahid Ali, Gul Shad Ali // Bioprocess Biosyst Eng.–2016. – Т. 39.–С. 1945-1954.

УДК 58.01/.07

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

С.И. Алексеева, У.В. Егорова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, Якутск, Россия, alekseeva.sargy@mail.ru

Ключевые слова: *культивирование, тест-объект, питательная среда.*

Тест-объекты, по определению Л.П. Брагинского, – «датчики» сигнальной информации о токсичности среды и заменители сложных химических анализов, позволяющие оперативно констатировать факт токсичности (ядовитости, вредности) водной среды («да» или «нет»), независимо от того, обусловлена ли она наличием одного точно определяемого аналитически вещества или целого комплекса аналитически не определяемых веществ [1].

Ряски – важные модельные растения для биологии [2]. Поскольку ряски небольшие, морфологически (хотя и с корневой и листообразной структурой) быстрорастущие, легко культивируемые в асептических условиях, они являются идеальной системой для биологических исследований [3].

В последние десятилетия ряска рассматривается как ценный экспериментальный объект для лабораторных исследований благодаря ряду положительных качеств. При относительной простоте строения и вегетативном размножении растение обладает быстрым ростом, высокой чувствительностью к поллютантам. Неприхотливость ряски к среде обуславливает легкость культивирования в лабораторных условиях на синтетических питательных средах с использованием света и тепла определенной интенсивности. Возможность обеспечения оптимальных условий для лабораторного выращивания рясок позволяет проводить исследования в течение года, независимо от вегетационного сезона в естественных условиях.

Целью работы является оптимизация, получение и сохранение тест-объектов в условиях учебно-научной лаборатории. Нами ранее были

собраны образцы ряски-многокоренника из диких популяций на водоемах пригородной территории г. Якутска, в течение нескольких лет получали и поддерживали на ¼ питательной среды Гельригеля. Маточные культуры *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. содержались на данной среде в колбах (250 мл) при комнатной температуре и интенсивности света 3 тыс. люкс со световым периодом 24 ч./сут. в зимний период и 12 ч./сут. в летний период.

Состав ¼ питательной среды Гельригеля для культивирования объектов исследования: $Ca(NO_3)_2$ 0,123 г, KH_2PO_4 0,034 г, $MgSO_4$ 0,015 г, KCl 0,0186 г, $FeCl_3$ 0,0062.

Ряски можно вырастить на различных минеральных питательных средах с преобладающим содержанием известняка. Стерильные культуры хорошо растут на чисто минеральных смесях, однако добавление сахарозы значительно ускоряет рост. Важной составляющей успешного культивирования водных растений является правильный подбор солевого состава среды.

Важным условием культивирования рясковых является правильный подбор освещения. Оптимальный интервал – 7-14 тыс. люкс. Желательно непрерывное освещение, прирост ряски-многокоренника наблюдается при 3 тыс. люкс, исключением является ряска трехдольная, лучший прирост которой наблюдается при 12-часовом освещении с интенсивностью 1000 люкс. Оптимальная температура выращивания равна 22-37°C, минимальная – 4-18°C. Росту рясковых способствует нейтральная или слабощелочная реакция среды. В естественных водоемах ряска лучше растет при pH 6,9-7,2, однако культивирование в лабораторных условиях с этого уровня pH приводит к развитию сине-зеленых водорослей. Стерилизацию листецов ряски следует делать 70%-м этиловым спиртом (в течение 2-3 сек.) с последующим промыванием дистиллированной водой. Культивирование в среде, где pH=6,3 препятствует развитию сине-зеленых водорослей.

Таким образом, обеспечение оптимальных условий для лабораторного выращивания рясок создает основу для постановки и проведения независимых от вегетационного сезона в естественных условиях, экспериментальных работ.

Литература

1. Брагинский, Л.П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на Daphnia magna Str. и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор) / Л.П. Брагинский // Гидробиол. журн. – 2000. – Т. 36. – № 5. – С. 50-70.

2. Scherr, C. Test system stability and natural variability of a Lemna gibba L. bioassay / C. Scherr, M. Simon, J. Spranger, S. Baumgartner // PLoS One. – 2008. – № 3.

3. Stomp, A.M. The duckweeds: a valuable plant for biomanufacturing / A.M. Stomp // Biotechnology Annual Review. – 2005. – № 11.

УДК 58.084.1:58.035.1

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ IN VITRO РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ КАРТОФЕЛЯ

И.В. Гафицкая[1], О.В. Наконечная[1], Ю.Н. Журавлев[1], Е.П. Субботин[2], Ю.Н. Кульчин[2]

[1]Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН,
пр-т 100 лет Владивостоку, г. Владивосток, Россия. gafitskaya@biosoil.ru
[2]Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,
ул. Радио, 5, г. Владивосток, Россия. s.e.p@list.ru

Ключевые слова: *Solanum tuberosum, картофель, in vitro, светодиодное излучение.*

Совокупность абиотических факторов (свет, температура, влажность и др.), среди которых свет занимает особое место, определяет рост и развитие растительных организмов на планете. Если знать ответ растения на изменение отдельных факторов, можно подобрать условия для быстрого их роста и развития. Поскольку оптимумы для роста растений по температуре и влажности известны, то варьирование только светом способно улучшить или ухудшить качество и количество урожая. Особенно актуальным является создание оптимальных условий освещения для получения в искусственных условиях высококачественного урожая ценных сельскохозяйственных культур, среди которых картофель занимает одну из лидирующих позиций. Достижение максимальных выходов целевого продукта становится возможным при использовании клубней класса элита и суперэлита, выращенных с применением метода апикальной меристемы.

Цель настоящей работы заключается в изучении влияния моно- и полихроматического электромагнитного светодиодного излучения (400-720 нм) на развитие растений картофеля (*Solanum tuberosum* L. сорт Камчатский) *in vitro.* Мы рассчитываем выявить оптимальные условия освещенности, позволяющие получить максимальную сырую массу, при заданном соотношении надземной и подземной частей.

Исследование проводили в ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток) в 2017 г. с использованием управляемых источников излучения, разработанных в ФГБУН «Институт автоматики и процессов управления». Оздоровленные методом апикальной меристемы растения-регенеранты размножали микроклонированием. Экспланты выращивали на агаризованной питательной среде Мурасиге и Скуга [Murashige, Scoog, 1962]. Пробирки с растениями помещали под 10 светодиодных источников с разными длинами волн (400-720 нм) (монохроматические – темно-красный, красный, желтый, зеленый, синий и королевский синий; полихроматические – холодный белый, белый, теплый белый, красно-синий). Контрольные растения выращивали под люминесцентными лампами OSRAM L 36W/765. Для морфологической характеристики измерили следующие значения: высота растения, длина междоузлий, длина и ширина листа, сырой вес надземной части растений и корней.

Было показано, что в целом для растений, культивируемых при монохроматическом свете (кроме синего и королевского синего), отмечена максимальная высота стебля, превышающая аналогичный показатель у контрольной группы в 1,5 раза. Наибольшее увеличение длины стебля у данных групп происходит за счет вытягивания междоузлий (длина междоузлий максимальная). В то же время высота растений, культивируемых при полихроматическом свете, в 0,6 раза меньше, чем в контроле. Наименьшая длина и ширина листьев отмечена у растений, культивируемых на желтом свете, она составляет 0,68 и 0,64, соответственно, от длины и ширины растений контрольной группы. Наибольшая длина и ширина листьев выявлена у растений, культивируемых на королевском синем и холодном белом свете. Максимальные значения сырого веса надземной части растений отмечены у особей, выращенных при белом свете, но данные близки к значениям, полученным для растений контрольной группы. Минимальные показатели биомассы были у растений, выращенных при желтом и зеленом свете. Аналогичные данные получены по весу корней. Примечательно, что максимальные показатели общей биомассы были у растений, выращенных при полихроматическом свете (холодный белый и белый), в то время как минимальные показатели этого параметра получены при использовании монохроматического света (желтый и зеленый).

Полученные результаты по влиянию моно- и полихроматического

электромагнитного светодиодного излучения на развитие растений картофеля свидетельствуют о том, что светодиодные светильники с полихроматическим электромагнитным излучением с двумя пиками в длине волны 446,8 и 546,9 нм (холодный белый свет), 446,8 и 550,2 (белый свет) являются оптимальными. Такие светильники с заданными характеристиками наиболее перспективные при выращивании растений *Solanum tuberosum* сорта Камчатский: растения получаются мощные, с хорошо развитой корневой системой, накапливают максимальную биомассу. Монохроматический свет (желтый и зеленый) способствует быстрому росту в длину (при этом формируются хрупкие и тонкие растения), это не приводит к накоплению достаточной (существенной) биомассы. Использовать желтый и зеленый свет без добавления других световых спектров при дальнейшем микроклонировании нецелесообразно.

Литература

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

УДК 582.261.1:573

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУКОКСАНТИНА, ФИКОБИЛИПРОТЕИНОВ, ОСЦИЛОКСАНТИНА И МИКСОКСАНТОФИЛА НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Р.Г. Геворгиз, С.Н. Железнова, Н.И. Бобко, М.В. Нехорошев

Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского,
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, Россия, r.gevorgiz@yandex.ru

Ключевые слова: *микроводоросли, фукоксантина осцилоксантин, миксоксантофилл.*

Микроводоросли – источник уникальных биологически активных веществ [1, 2]. Диатомеи богаты ценными полиненасыщенными жирными кислотами, способны синтезировать уникальный каротиноид фукоксантин. Зеленые микроводоросли – источник бета-каротина и астаксантина. Сине-зеленые содержат фикобилипротеины, осцилоксантин и миксоксантофилл и т.д. [1, 2].

Несмотря на богатейший потенциал микроводорослей и значительные успехи ученых в разработке промышленных биотехнологий на их основе, использование микроводорослей в мире по-прежнему ограничено. Например, одним из самых распространенных объектов интенсивного культивирования в промышленных масштабах является *Spirulina (Arthrospira) platensis*. Производство ее биомассы в разных странах мира исчисляется тоннами. В меньшей степени представлены технологии переработки биомассы спирулитны, а промышленные технологии извлечения ценных пигментов (осцилоксантин, миксоксантофилл) практически отсутствуют [3]. Отчасти это связано со сложностью классических методов извлечения и очистки пигментов и как следствие высокой себестоимостью. Другим примером являются морские бентосные диатомеи. Несмотря на их уникальный биохимический состав промышленные технологии интенсивного культивирования и получения ценных каротиноидов (фукоксантина) практически отсутствуют.

Миксоксантофил и осцилоксантин, фукоксантин обладают высокой противоопухолевой активностью. На основе данных каротиноидов про-

изводят ряд противоопухолевых препаратов [4-7]. Доказано, что фукоксантин, микоксантофил и осцилоксантин ингибируют рост раковых клеток предстательной железы, при раке кожи, толстой кишки, лейкемии [4-7]. Данные каротиноиды охарактеризованы UV–VIS FABMS HPLS и NMR.

Цель исследования: 1) разработка промышленной технологии производства биомассы морской бентосной диатомеи *Cylindrotheca closterium* с высоким содержанием фукоксантина, а также спирулины с высоким содержанием фикобилипротеинов, 2) разработка промышленной технологии получения пигментов из биомассы *C. closterium* и спирулины.

В работе использовали диатомовую водоросль *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimann et Lewin и *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordst.) Geitl. из коллекции культур микроводорослей МБИ им. А.О. Ковалевского РАН г. Севастополь. Культуры, полученные из музея, адаптировали к концентрированным минеральным питательным средам. После адаптации культуры использовали в качестве инокулята для накопительного культивирования в полупромышленной и промышленной системе культивирования открытого типа. Рабочий объём суспензии в фотобиореакторе составлял 580 л, рабочий слой – 0,08 м, освещаемая поверхность – 7,3 кв. м. В качестве источника освещения использовались лампы ДРЛ-700 (≈30 Вт/кв. м). На протяжении всего эксперимента культура непрерывно перемешивалась. Для диатомей pH среды поддерживали в диапазоне 8-9,5 единиц, для спирулины – 8-10,5. Биомассу микроводорослей собирали, промывали пресной водой, высушивали при температуре 35-40°C. Экстракцию пигментов проводили методом горячей экстракции. После экстракции раствор фикобилинов высушивали в токе воздуха при 20-25°C. Для очистки экстрактов фукоксантина от примесей использовали гексан. Для получения осцилоксантина и миксоксантофилла спирулину переводили в ангидробиозное состояние и экстрагировали пигмент-белковый комплекс, что позволяло исключить методы хроматографии [8].

Полученные пигменты идентифицировали методами ЯМР и HPLC. Максимальная плотность культуры *Cylindrotheca closterium* и *Spirulina (Arthrospira) platensis* достигла расчетных величин. При этом содержание фукоксантина в биомассе *Cylindrotheca closterium* достигло 15 мг·г $^{-1}$ (1,5%) сухой массы. Таким образом, за 15 дней культивирования полу-

чено 3,5 кг сухой биомассы и за 26 дней культивирования получено 42 г фукоксантина. В качестве источника углерода при накопительном культивировании использовался атмосферный CO_2 без дополнительной подачи CO_2 из баллона, что в значительной степени упростило процесс культивирования. Таким образом, впервые разработана промышленная технология производства биомассы бентосно-планктонной морской диатомеии *C. closterium* с высоким содержанием фукоксантина.

В биомассе *Spirulina platensis* содержание фикобилипротеинов достигало 15% от сухой массы, при этом содержание миксоксантофилла и осцилоксантина составило 0,3% от общих каротиноидов. Разработана промышленная технология получения кристаллического фукоксантиина из биомассы диатомовой водоросли *C. closterium*. Разработана промышленная технология получения осцилоксантина, миксоксантофилла и фикобилипротеинов из биомассы *Spirulina platensis*. Получены образцы продуктов на основе пигментов, которые могут быть использованы для разработки противоопухолевых препаратов.

Литература

1. Макарова, Е.И. Прикладные аспекты применения микроводорослей – обитателей водных экосистем / Е.И. Макарова, И.П. Отурина, А.И. Сидякин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 120-133.

2. Минюк, Г.С. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор / Г.С. Минюк, И.В. Дробецкая, И.Н. Чубчикова, Н.В. Терентьева // Морский екологічний журнал. – 2008. – Т. 7. – № 2. – С. 5-23.

3. Kumar, M. Growth and biopigment accumulation of cyanobacterium Spirulina platensis at different light intensities and temperature / M. Kumar, J. Kulshreshtha, G.P. Singh G.P. // Brazilian Journal of Microbiology. – 2011. – V. 42, no. 3. – P. 1128-1135

4. Gammone, M.A., D'Orazio, N. Anti-Obesity Activity of the Marine Carotenoid Fucoxanthin / M.A. Gammone, N. D'Orazio // Marine Drugs. – 2015c. – V. 13. – P. 2196-2214.

5. Maeda, H. Anti-obesity and anti-diabetic effects of fucoxanthin on diet-induced obesity conditions in a murine model / H. Maeda, M. Hosokawa,T. Sashima, K. Murakami-Funayama, K. Miyashita // Mol. Med. Rep. – 2009. – V. 2. – P. 897-902.

6. Mohamed, H.E. Myxoxanthophyll is required for normal cell wall structure and thylakoid organization in the cyanobacterium *Synechocystis* sp. strain PCC 6803 / H.E. Mohamed, A.M. van de Meene, R.W. Roberson, W.F. Vermaas // J Bacteriol. – 2005. – V. 187, no. 20. – P. 6883-6892.

7. Takaichi, S. Myxoxanthophyll in Synechocystis sp. PCC 6803 is myxol 2'-dimethyl-fucoside, (3 R,2'S)-myxol 2'-(2,4-di-O-methyl-α -L-fucoside) / S. Takaichi, T. Maoka, K. Masamoto // Plant Cell Physiol. – 2001. – V. 42, no. 7. – P. 756-762.

8. Ревина, А.А. Оптические свойства и радиационная стабильность экстрактов морской диатомеи Cylindrotheca closterium (Ehrenb.) Reimann et Lewin 1 2 1 2 / А.А. Ревина, Р.Г. Геворгиз и др. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2016. – Т. 16. – № 2. – С. 173-182.

УДК 582.734.4: 579.222.4

ЭЛЛАГОТАННИНЫ СЕВЕРНЫХ ВИДОВ POTENTILLA: ХЕМОРАЗНООБРАЗИЕ И ПРОДУКЦИЯ УРОЛИТИНОВ

Т.Г. Горностай[1], И.В. Свиридов[2], М.Ю. Круглова[3], Н.И. Кащенко[2]

[1]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
ул. Лермонтова 132, г. Иркутск, Россия
[2]Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой 6, г. Улан-Удэ, Россия, ninkk@mail.ru
[3]Новосибирский государственный медицинский университет МЗ РФ,
Красный проспект, 52, г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: *Potentilla, Rosaceae, эллаготаннины, уролитины, микробная трансформация.*

Зона Крайнего Севера, занимающая обширную территорию северо-восточной части Евразийского материка, характеризуется многообразием видов лекарственных растений. Развитие растений в зоне экстремальных условий обитания происходит под влиянием особых абиотических факторов – доминирования криолитозоны, особенностей климата и инсоляционного режима, способствующих усиленному накоплению биологически активных веществ в лекарственных растениях. Широкое распространение на территории Крайнего Севера получили лекарственные растения семейства *Rosaceae* (розоцветные), включающего около 100 родов и до 3 тыс. видов. Определенный интерес представляют растительные виды рода *Potentilla* (лапчатка), широко используемые в различных народных и медицинских системах и обладающие удовлетворительными сырьевыми запасами. В частности, встречаются упоминания о медицинском применении настоев и настоек из надземной части *P. pensylvanica* L. (лапчатка пенсильванская), *P. reptans* L. (лапчатка ползучая) и *P. stipularis* L. (лапчатка прилистниковая) в качестве антисептических, противовоспалительных, антидиабетических средств. Для данных растительных видов характерным является наличие эллаготаннинов – высокомолекулярных полифенольных соединений, обладающих широким спектром биологической активности.

Ввиду недостаточной изученности эллаготаннинов указанных видов нами было осуществлено их выделение, для чего высушенное сырье экстрагировали 70% ацетоном и после концентрирования экстракт подвергали жидкофазной экстракции (гексан, этилацетат, н-бутанол) и хроматографическому разделению (колоночная хроматография на нормально-фазовом и обращенно-фазовом силикагеле, полиамиде, Сефадексе LH-20, Амберлите, препаративная ВЭЖХ на обращенно-фазовом силикагеле). В результате были выделены и идентифицированы валонеильные эллаготаннины ругозины B_2, E_1, E_2 (*P. pensylvanica*, *P. reptans*), B_1, D (*P. pensylvanica*); гексагидроксидифеноил-галлоил-глюкозные эллаготаннины теллимаграндины I_2 (*P. reptans, P. pensylvanica*), I_1, II (*P. reptans*); дегидродигаллоильный эллаготаннин гемин A (*P. pensylvanica*). Кроме того, в исследованных нами видах *Potentilla* были обнаружены эллаговая кислота и дегидродигаллоильный эллаготаннин агримониин. Все соединения были обнаружены в *P. pensylvanica*, *P. reptans* и *P. stipularis* впервые.

Следует отметить, что, согласно последним данным научной литературы, эллаготаннины обладают низкой биодоступностью, и за проявление биологических эффектов в живом организме ответственны уролитины – производные дибензо[b,d]пиран-6-она, которые продуцируются микробиотой кишечника человека из эллаготаннинов и усваиваются значительно лучше своих предшественников. Нами было установлено, что под влиянием кишечной микрофлоры происходила трансформация всех выделенных нами эллаготаннинов до уролитинов, причем процесс микробного распада эллаготаннинов начинался с накопления в кишечной среде эллаговой кислоты с последующей деградацией до пентагидроксиуролитина в качестве начального метаболита, который претерпевал дегидроксилирование и последующее превращение в тетра-, три-, ди- и моногидроксилированные уролитины (уролитины D, C, A, B).

Таким образом, проведенные исследования показали, что северные виды *Potentilla* являются источником различных эллаготаннинов, которые могут подвергаться трансформации до уролитинов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00414 мол_а.

УДК 576.32/.36; 57.085.23

ОБНАРУЖЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК ЖЕНЬШЕНЯ ВЬЕТНАМСКОГО

Р.О. Григорьев, А.Г. Клюшин, Д.В. Кочкин, Г.И. Соболькова, А.М. Носов

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева Российской академии наук,
ул. Ботаническая, 35, г. Москва, Россия, 1991grom22@gmail.com

Ключевые слова: *тритерпеновые гликозиды, клеточные культуры растений, женьшень вьетнамский, Panax vietnamensis, суспензионная культура.*

Вьетнамский женьшень (*P. vietnamensis*) занимает особое положение среди других представителей рода *Panax* L (Araliaceae). С одной стороны, этот вид женьшеня имеет самый южный ареал распространения среди других представителей рода. Кроме того, для *P. vietnamensis* характерна уникальная композиция тритерпеновых гликозидов, среди которых преобладающими являются гликозилированные производные редкого тритерпеноида – окотиллола [3, 4, 6, 7].

В настоящее время природные запасы *P. vietnamensis* (эндемик горного Вьетнама) существенно истощены, поэтому изучение образования характерных для этого растения тритерпеновых гликозидов в условиях стерильной культуры *in vitro* является весьма актуальным направлением. Однако до настоящего времени состав тритерпеновых гликозидов в культурах клеток *P. vietnamensis* описан довольно слабо.

Цель: получение штамма культуры клеток женьшеня вьетнамского, продуцирующего тритерпеновые гликозиды в детектируемых количествах.

Задачи: 1) получить каллусную и суспензионную культуру клеток женьшеня вьетнамского; 2) произвести химический анализ вторичных метаболитов в культуре клеток исследуемого растения; 3) экспериментальным путем выявить оптимальные условия выращивания суспензионной культуры клеток.

Каллусная культура клеток вьетнамского женьшеня *Panax vietnamensis* Ha et Grushv. была получена из корня интактного растения.

В экспериментах использовали линии данной культуры клеток, выращенные на модифицированной среде Мурасиге-Скуга (MS) [5].

Для культивирования клеток *P. vietnamensis* в условиях *in vitro* использовали несколько вариантов сред, отличающихся по составу фитогормонов: ауксинов – 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д), α-нафтилуксусная кислота (НУК) и цитокининов – кинетин, 6-бензиламинопурин (БАП). Анализ ростовых характеристик культур клеток проводили по общепринятым методикам [2]. Определяли жизнеспособность клеток и содержание сырой и сухой биомассы клеток в литре среды.

Предварительный фитохимический анализ спиртовых экстрактов из биомассы каллусных культур клеток вьетнамского женьшеня был проведен с помощью хроматографии в тонком слое силикагеля (ТСХ). Система растворителей: этилацетат: ледяная уксусная кислота: H_2O (16:4,5:4,5, по объему) [3, 6, 7].

Полученные результаты свидетельствуют о присутствии в анализируемых экстрактах тритерпеновых гликозидов – предположительно производных окотиллола, протопанаксадиола и олеаноловой кислоты (характерная окраска при проявлении ТСХ пластинки реактивом анисовый альдегид – серная кислота).

Таким образом, показано, что в условиях стерильной культуры *in vitro* сохраняется специфичный для интактных растений *P. vietnamensis* набор тритерпеновых гликозидов – производных окотиллола. В дальнейших исследованиях будет проведена более детальная идентификация обнаруженных соединений.

Также были изучены ростовые характеристики суспензионной культуры клеток *P. vietnamensis* при выращивании в колбах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследованная линия суспензионной культуры клеток *P. vietnamensis* имеет приемлемые ростовые характеристики. Наиболее высокие значения параметров роста данной культуры отмечены на среде Мурасиге-Скуга, содержащей 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-Д), α-нафтилуксусную кислоту (НУК) и кинетин.

Литература

1. Смирнова, Ю.Н. Влияние регуляторов роста на синтез гинзенозидов в культуре клеток двух видов женьшеня / Ю.Н. Смирнова, О.В. Решетняк,

И.Н. Смоленская, С.Ю. Воевудская, А.М. Носов // Физиология растений. – 2010. – Т. 57. – № 3. – С. 458-466.

2. Носов, А.М. Методы оценки и характеристики роста культур клеток высших растений / А.М. Носов // Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений. – Москва : БИОНОМ, 2011. – С. 386-403.

3. Кочкин, Д.В. Обнаружение малонил-гинзенозида Rb1 в суспензионной культуре клеток женьшеня Panax japonicus var. repens / Д.В. Кочкин, В.В. Качала, А.М. Носов // Доклады РАН. – 2011. – 441. – С. 837-840.

4. Christensen, L.P. // Adv. Food. Nutr. Res. – 2008. – V. 55. – P. 1-99.

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

6. Qi, L.W. Ginsenosides from American ginseng: chemical and pharmacological diversity / L.W. Qi, C.Z. Wang, C.S. Yuan // Phytochemistry. – 2011. – Vol. 72. – P. 689-699.

7. Ramachandra, Rao, S. Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites / S. Ramachandra, Rao, G.A. Ravishankar // Biotechnol. Adv. – 2002. – Vol. 20. – P. 101-153.

УДК 635.9:663.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В СОХРАНЕНИИ И ВОСПРОИЗВОДСТВЕ НЕКОТОРЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

В.Г. Дарханова, Н.С. Строева, Н.С. Данилова, Г.В. Филиппова, О.А. Николаева, Е.А. Афанасьева

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
пр. Ленина, 41, г. Якутск, Россия, nureeva@yandex.ru

Ключевые слова: *Bergenia crassifolia L., Lilium pensylvanicum Juss., Iris, Hemerocallis, биотехнология, in vitro.*

Использование цветочно-декоративных растений приобретает особое значение в благоустройстве и озеленении урбанизированных территорий резко-континентального климата. Дикорастущие растения, произрастающие в Якутии, а также акклиматизированные сорта имеют преимущество при создании долговременных цветников на основе многолетних растений, поскольку являются адаптированными к северным природно-климатическим и экологическим условиям. Вместе с тем, широкое введение в культуру дикорастущих растений сопровождается отдельными трудностями: некоторые дикорастущие цветочно-декоративные растения относятся к числу редких и исчезающих видов [1], недостаточно изучены особенности интродукции, затрудненное или медленное прорастание семян [2], очень медленный рост сеянцев, потеря всхожести семян в течение короткого периода времени и т.д. Использование методов биотехнологии растений позволяет разрабатывать подходы для ускоренного размножения хозяйственно-ценных видов, в том числе дикорастущих растений [3].

Цель работы: разработка биотехнологических методов ускоренного размножения *Bergenia crassifolia* L., *Lilium pensylvanicum* Juss., *Iris* и *Hemerocallis*.

Для введения в культуру *in vitro* таких видов растений, как лилия пенсильванская, бадан толстолистный, разных сортов ириса в качестве первоначальных эксплантов служили семена, для лилейников (сорт Wine and Rose) – бутоны. Растениями-донорами являлись материнские осо-

би, произрастающие в питомнике Ботанического сада ИБПК СО РАН. Работа в асептических условиях, приготовление и стерилизация питательных сред была проведена согласно рекомендациям Р.Г. Бутенко и Ф.Л. Калинина и др. [4, 5]. В качестве дезинфицирующих средств для стерилизации эксплантов использовали 0,1% $HgCl_2$, 10% раствор хлорамина и 70% этанол. Оптимальными режимами стерилизации после первичной отмывки дистиллированной водой были: для семян лилии пенсильванской – 20 мин. 10% хлорамин, 2 мин. 70% этанол; для семян бадана толстолистного – 15 мин. 0,1% $HgCl_2$, 5 мин. 70% этанол; для ириса – плоды (многосемянная трехгнездная коробочка с семенами молочной спелости) – 2 мин. 70% этанол, 1% $HgCl_2$; бутоны лилейника, смоченные в 96% спирте, обжигали в пламени спиртовки, 5 мин. 0,1% $HgCl_2$. Смена дезинфицирующих растворов и окончание стерилизации сопровождались отмывкой автоклавированной дистиллированной водой.

B. crassifolia L. и *L. pensylvanicum.* Проращивание семян бадана толстолистного и лилии пенсильванской в условиях *in vitro* проводили на безгормональной питательной среде Гамборга (1/2 B_5) в условиях 16/8 часового (свет/темнота) фотопериода при температуре 24-26°С. Для дальнейшего микроразмножения данных видов растений использовали апексы проростков (бадан) и луковичные чешуи (лилия).

Культивирование апексов бадана проводили на безгормональной среде ½ B_5, а также варианты с дополнительным внесением в разных концентрациях БАП (бензиламинопурин) 0,5-1,0 мг/л, НУК (нафтилуксусная кислота) 0,5-1,0 мг/л. Культивирование луковичных чешуй проходило на питательных средах ½ B_5, МС (Мурасиге – Скуга) с добавлением в различных вариантах БАП 0,5 мг/л, кинетина, ИУК (индолилуксусная кислота) и НУК по 1 мг/л. Наиболее эффективным вариантом культивации для бадана была безгормональная среда ½ В5, где на 30-й день отмечались: 100% частота ризогенеза, 7 листьев, высота побега 2,7 см, 3 корня со средней длиной 0,87 см. Из луковичных чешуй лилии на 30-е сутки формировались луковицы, которые вновь разделялись на чешуи и использовались для дальнейшего процесса мультипликации (МС+БАП 0,4мг/л+сахароза 40 г/л). Высота растений-регенерантов составляла 5,8 см, число листьев – 12,9 шт., количество корней – 10,8 и их длина – 1,4 см.

Подросшие растения-регенеранты данных видов пересаживали в почвенный субстрат: торф, песок и дерновую землю в соотношении 1:1:2.

Данный этап является одним из наиболее уязвимых, так как период акклиматизации растений к почвенным условиям сопровождается гибелью до 50% полученных растений-регенерантов.

Акклиматизированные растения были высажены в грунт на опытных участках Ботанического сада ИБПК СО РАН. Выживаемость бадана к концу первого вегетационного сезона составила 53%, второго – 41%, третьего – 35%. Из числа выживших растений цветение было отмечено у 1/3 части растений на четвертый год вегетации.

К концу первого вегетационного сезона выживаемость лилии составляла 90%, к концу второго – 77%. На третий год зацвели 50% особей, у 35% завязались коробочки. На четвертый год цветение наблюдалось у 87% особей, у некоторых особей отмечена морфологическая поливариантность, т.е. увеличение числа лепестков. Обычно у лилии цветок состоит из 6 лепестков, тогда как у отдельных особей растений-регенерантов насчитывалось по 7, 8 и у одной особи 14 лепестков.

Iris. Введение в культуру *in vitro* различных сортов ирисов после стерилизации коробочки с семенами проводили путем извлечения семян и их разрезания на две части с целью повреждения зародыша, затем помещали на агаризованные питательные среды 1/2B5 и MC. В состав сред вносили регуляторы роста в различных количествах и соотношениях: 2,4 – дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4 Д; 1,0 мг/л), НУК (0,1 мг/л), кинетин (0,2 мг/л), БАП (0,5 мг/л). Через 2 недели зародыши увеличивались в размерах и образовывали листья, корешки и каллусы. Через 2 месяца культивируемые растения и каллусы пересаживали на питательные среды 1/2B5 и MC без гормонов. В настоящее время полученные растения пересажены в почвенный субстрат.

Hemerocallis. В качестве первичных эксплантов брали органы цветка: ось соцветия, завязь, трубку околоцветника (верхнюю и нижнюю части), тычинки и бутончики, которые помещали на среду MC, дополненную НУК (5,5 мг/л) и БАП (0,04 мг/л). Далее сформировавшийся каллус культивировали на MC с уменьшенными концентрациями гормонов и на 1/2B5 (несколько пассажей), на которых наблюдалось адвентивное образование почек и регенерация растений. Адаптированные к почвенным условиям растения в июне 2017 г. были переданы в Ботанический сад ИБПК СО РАН, их приживаемость в первый год составила 100%.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о перспективности использования ускоренного размножения исследуемых видов растений в культуре клеток и тканей *in vitro*. Применение метода микроклонального микроразмножения позволяет решить задачи, связанные с сохранением редких декоративных видов, затрудненным прорастанием семян, медленным ростом сеянцев, и создает возможности для широкого введения в культуру цветочно-декоративных дикорастущих растений.

Литература

1. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / Мин-во охраны природы РС (Я), Департамент биологических ресурсов. – Якутск : Сахаполиграфиздат, 2000. – 256 с.

2. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаев, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. – Ленинград : Наука, 1985. – 348 с.

3. Лутова, Л.А. Биотехнология высших растений / Л.А. Лутова. – Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2010. – 239 с.

4. Бутенко, Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений / Р.Г. Бутенко. – Москва : Наука, 1964. – 272 с.

5. Калинин, Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф.Л. Калинин, В.В. Сарнацкая, В.Е. Полищук. – Киев : Наукова думка, 1980. – 320 с.

УДК 581.143.6

ИЗУЧЕНИЕ КУЛЬТУРЫ КЛЕТОК DRACOCHEPALUM PALMATUM STEPH.

Е.В. Кучарова, Ж.М. Охлопкова

Северо-Восточный федеральный университет им.М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, oleneek@mail.ru

Ключевые слова: *Dracocephalum palmatum Steph, in vitro.*

В Республике Саха (Якутия) род *Dracocephalum* представлен пятью видами. Объектом данного исследования является *Dracocephalum palmatum* Steph.

Целью настоящей работы является анализ клеток полученных каллусов растения *Dracocephalum palmatum* Steph., их жизнеспособности и морфологической структуры. В качестве питательной среды для культур клеток использовали среду Мурасиге и Скуга с различным соотношением фитогормонов.

При получении культур клеток листовые экспланты культивировали в питательных средах Мурасиге и Скуга в 4 вариантах с разными концентрациями БАП, 2,4-Д, кинетина. Листовые экспланты *Dracocephalum palmatum* Steph. в питательной среде развивались посредством каллусогенеза.

Самую высокую индукцию каллуса наблюдали на средах МС-2, МС-4 с 2,4-Д и кинетином в качестве регуляторов роста. Внешне полученные культуры в средах МС-2 и МС-4 были рыхлыми, мягкими, светлого оттенка. Культуры в средах МС-1 и МС-3 с содержанием 2,4-Д и БАП отличались более твердой зернистой структурой и частота каллусообразования была заметно ниже.

Результаты анализатора клеток показывают, что средний размер клеток варьирует от 15,9 мкм до 34,8 мкм. Показатели жизнеспособности клеток в средах МС-2 и МС-3 равны 63%. Высокие показатели жизнеспособности выявлены в средах МС-1 (74%), МС-4 (92%). Изучение анатомической структуры каллуса, проведенное на анализаторе клеток Countess (Invitrogen), показало, что в каллусе преобладают группы клеток диаметром 5-60 мкм. Форма их может быть различной – от мери-

степодобной до паренхимоподобной формы. Среди них располагаются группы мелких клеток, заполненные более густой цитоплазмой.

По полученным результатам будет проведена работа по исследованию ростовых характеристик каллуса *Dracocephalum palmatum* Steph., будет исследован качественный состав вторичных метаболитов полученных культур клеток и их сопоставление с результатами химических исследований дикорастущих растений из оймяконской популяции.

УДК 615.322; 661.122; 577.175.14

КОЛЛЕКЦИЯ ШТАММОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ КАК ОСНОВА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ФИТОБИОТЕХНОЛОГИИ

Н.С. Пивоварова, О.Н. Абросимова

Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
ул. Проф. Попова, 14, лит. А, г. Санкт-Петербург, Россия,
nadezhda.pivovarova@pharminnotech.com,
olesya.abrosimova@pharminnotech.com

Ключевые слова: *фармацевтическая фитобиотехнология, коллекция штаммов СПХФА, лекарственное средство.*

Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия (СПХФА) является пионером в развитии фитобиотехнологии. Именно здесь в 1967 г. организована одна из первых отечественных коллекций штаммов ценных и редких лекарственных растений, имеющих ограниченный ареал в России. В последующие годы в культуру in vitro были введены такие растения, как женьшень настоящий Panax ginseng C.F.Mey, панакс пятилистный P.quinquefolius L., японский женьшень P.japonicus L., раувольфия Rauwolfia serpentina Benth, полисциас папоротниколистный Polyscias filicifolia (Moore ex Fournier) Bailey и юкка великолепная Yucca gloriosa L. [1, 2]. На каждый штамм разработан паспорт. Уникальность коллекции СПХФА заключается в длительности существования штаммов, а также в стабильности их морфолого-физиологических и биохимических показателей. За прошедшие годы накоплен значительный опыт в технологии культивирования растительных клеток в условиях in vitro.

Культура растительных клеток может использоваться как модель живой биосистемы для получения селективных клеточных линий. Так, в СПХФА впервые начали культивирование штамма женьшеня, содержащего БАВ березы, солодки, календулы и исландского мха, а также

получены селективные штаммы, содержащие ценный микроэлемент германий [2].

В настоящее время штаммы растительных клеток также используют для оценки экологической и медицинской безопасности различных материалов. В СПХФА проведено исследование влияния углеродных нанотрубок (УНТ) на морфологические и цитологические характеристики штамма женьшеня. Установлено, что УНТ в концентрации 10-5 г/л не оказывают влияния на стабильность клеток. Также проведены исследования по разработке природоохранной технологии и замене макро- и микросолей в питательных средах на новые экологически безопасные водорастворимые соли, полученные из стеколовидных фосфатных композиционных удобрений [2].

Особый интерес представляет фармацевтическая фитобиотехнология, т.е. биотехнология, связанная с использованием штаммов-продуцентов растительных клеток и тех или иных продуктов их метаболизма для получения ценных лекарственных препаратов или БАД [3]. Первый лекарственный фитобиотехнологический препарат настойка «Биоженьшень» разработан в СПФХА ещё в 1989 году. Доклинические и клинические испытания показали, что препарат обладает стимулирующим и тонизирующим действием, свойственным женьшеню, а также оказывает антидиабетический и гепатопротективный эффекты. В 90-е годы из биомассы селективного штамма женьшеня был получен препарат Панаксел®, для которого получено разрешение к применению в России. Препарат прошел фармакологические исследования и клинические испытания, которые подтвердили антигипоксическую, антидиабетическую, гепатопротекторную, противоопухолевую и антиканцерогенную активности. В 2003 г. за разработку препарата Панаксел^{Ò} СПХФА совместно с НИИ химии и технологии элементоорганических соединений (Москва) получили Диплом и Золотую медаль Министерства промышленности, науки и технологий РФ.

На основе шрота биомассы женьшеня получен энтеросорбент «Панасорб^{Ò}», который по своим свойствам превосходит лучший немецкий яблочный пектин и прекрасно сорбирует не только тяжелые металлы (ртуть, хром), но и стронций. Препарат «Панасорб^{Ò}» прошел клинические испытания в ряде регионов России с повышенным радиационным фоном. Данная разработка удостоена диплома и Золотой медали

им. И.И. Мечникова РАЕН «За практический вклад и укрепление здоровья нации».

В СПХФА совместно с Научно-исследовательским институтом синтетического волокна (г. Тверь) и экспериментальным заводом впервые проведены эксперименты по получению шовного (операционного) материала и трансплантатов, в состав которых включена биомасса селективных штаммов женьшеня. Работа, защищенная Патентом РФ, не имеет аналога [3].

В рамках научных студенческих работ и диссертационных исследований на основе водных и спирто-водных извлечений из биомассы женьшеня настоящего, полисциаса папоротниколистного и панакса пятилистного разработаны составы и технологии таких лекарственных средств, как: настойки, сухие экстракты; капли, эликсир, гранулы и гель для приема внутрь; дентальные и буккальные пленки; назальные гель, спрей и эмульсионные капли; микрокапсулы для наполнения твёрдых капсул; жевательные конфеты на основе желатина; ородиспергируемые таблетки (комбинация с ибупрофеном).

Для лекарственных средств разработаны спецификации показателей качества, определены сроки годности, разработаны технологические схемы получения и проекты фармакопейных статей [4, 5].

Таким образом, вот уже на протяжении полувека банк штаммов лекарственных растений СПХФА является научной базой для исследования морфолого-физиологического и биохимического состояния клеток ценных видов растений, а также для разработки инновационных лекарственных средств. Учитывая, что биотехнологическое культивирование биомассы даёт возможность получать сырьё высокого качества, в достаточно короткие сроки, фармацевтическая фитобиотехнология является перспективным направлением.

Литература

1. К истории банка клеток лекарственных растений Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии / Л.И. Слепян, И.Е. Каухова, Н.С. Кузьмина и др. // Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук пр. Присвячено 90-річчю від дня народження Р.Г. Бутенко. – Киев : Логос, 2011. – Т. 11. – С. 403-407.

2. Роль банков лекарственных растений в биотехнологии и фармации / Л.И. Слепян, И.Е. Каухова, О.Н. Громова и др. // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2012. – Т. 4. – № 2. – С. 142-149.

3. Штаммы лекарственных растений – модель инновационных фитобиотехнологий / Л.И. Слепян, И.Е. Каухова, Н.В. Кириллова и др. // X Международная конференция «Биология клеток растений in vitro и биотехнология». Казань 14-18 октября, 2013 г. : сборник тезисов. – Казань, 2013. – С.383-384.

4. Новые технологии лекарственных средств на основе клеточных культур / Л.И. Слепян, О.Н. Громова, Н.С. Пивоварова и др.// VII Московская Международная конференция «Биотехнология состояния и перспективы развития». Москва, 19-20.03.2013. – Москва, 2013. – Ч. 1. – С. 269-270.

5. Биомасса клеток лекарственных растений, как матрица в биотехнологии лекарственных средств / О.Н. Громова, И.Е. Каухова, Л.И. Слепян, Н.С. Кузьмина // Биология – наука XXI века :материалы Международной конференции. Москва, 24 мая 2012 г. – Москва : МАКС Пресс, 2012. – С. 199-201.

УДК 579.222.4: 547.983

МИКРОБНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE: СИНТЕЗ ОРТО-ДИОКСИЗАМЕЩЕННЫХ УРОЛИТИНОВ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

И.В. Свиридов[1], Т.Г. Горностай[2], М.Ю. Круглова[3], Н.И. Кащенко[1]

[1]Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия, ninkk@mail.ru
[2]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, Россия
[3]Новосибирский государственный медицинский университет МЗ РФ,
Красный проспект, 52, г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: *Rosaceae, эллаготаннины, уролитины, синтез, антиглюкозидазная активность.*

Семейство *Rosaceae* (розоцветные) является космополитным семейством, представители которого распространены почти во всех областях земного шара, причем основная их часть сконцентрирована в умеренной и субтропической зонах Северного полушария. Растительные виды данного семейства широко применяются в официнальной и народной медицине. Для данного семейства характерным является наличие эллаготаннинов – высокомолекулярных полифенольных соединений, обладающих широким спектром биологической активности. Согласно классификации *Okuda et al.* [1], типичные эллаготаннины семейства *Rosaceae* содержат в структуре остатки галловой, дегидродигалловой, валоневой и сангвисорбовой кислот. Эллаготаннины обладают низкой биодоступностью и за проявление биологических эффектов в живом организме ответственны их метаболиты.

Под влиянием микробиоты кишечника человека происходит трансформация эллаготаннинов до уролитинов – производных дибензо[b,d] пиран-6-она, которые усваиваются значительно лучше своих предшественников. Однако выделение уролитинов из биологических жидкостей человека – многоэтапный и затратный процесс. В свою очередь, целенаправленный химический синтез уролитинов в условиях *in vitro*

легко реализуем, что и было осуществлено нами посредством конденсации резорцина или пирогаллола с ди-замещенными бензойными кислотами согласно модифицированному протоколу *Bialonska et al*. [2].

После этого было проведено физико-химическое исследование полученных соединений с использованием комплекса спектральных методов (УФ-, ИК-, ЯМР-спектроскопии, масс-спектрометрия) для установления их строения. В результате были идентифицированы *орто*-диокси-замещенные уролитин C (3,7,8-тригидрокси-6H-дибензо[b,d]пиран-6-он), уролитин D (2,3,7,8-тетрагидрокси-6H-дибензо[b,d]пиран-6-он), а также их метоксилированные производные 8,9-ди-*O*-метилуролитин C (3-гидрокси-7,8-диметокси-6H-дибензо[b,d]пиран-6-он) и 8,9-ди-*O*-метилуролитин D (2,3-дигидрокси-7,8-диметокси-6H-дибензо[b,d] пиран-6-он). Для синтезированных уролитинов был определен показатель ингибирования (IC_{50}) фермента α-глюкозидазы микропланшетным спектрофотометрическим методом. Было установлено, что наибольшую антиглюкозидазную активность проявлял уролитин D (IC_{50}<100 мкг/мл), имеющий в своей структуре большее количество незамещенных гидроксильных групп (4) по сравнению с другими уролитинами. Для подобных соединений характерен механизм ингибирования α-глюкозидазы путем связывания фенольных групп с ферментом.

Таким образом, уролитин D обладает значительной антиглюкозидазной активностью и может использоваться для разработки гипогликемических средств.

Литература

1. Okuda, T. Correlation of oxidative transformation of hydrolysable tannins and plant evolution / T. Okuda, T. Yoshida, T. Hatano // Phytochemistry. – 2000. – Vol. 55. – P. 513–529.

2. Bialonska, D. Urolithins, intestinal microbial metabolites of Pomegranate ellagitannins, exhibit potent antioxidant activity in a cell-based assay / D. Bialonska, S.G. Kasimsetty, S.I. Khan, D. Ferreira // J. Agric. Food Chem. – 2009. – Vol. 57. – P. 10181–10186.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00414 мол_а.

УДК 573.6:576.535

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУСПЕНЗИОННЫХ КУЛЬТУР КЛЕТОК И ПРОТОПЛАСТОВ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ СТРЕССЕ, МЕТОДАМИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ

А.В. Степанов

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, Россия, stepanov@sifibr.irk.ru

Ключевые слова: *физиология растений, биотехнология растений, суспензионные культуры клеток, протопласты, флуоресцентная микроскопия.*

Методы флуоресцентной микроскопии получают всё большее распространение для оценки различных физиологических параметров и определённых локальных внутриклеточных событий, происходящих в живой клетке в норме и при различных патологических состояниях или неблагоприятных условиях. Большинство растений, как и животных, состоит из более чем одного слоя клеток и, таким образом, не является идеальным объектом для световой микроскопии и, в частности, для флуоресцентной микроскопии. Кроме того, каждая клетка окружена жёсткой клеточной стенкой и имеет большую центральную вакуоль. Всё это вместе затрудняет наблюдение процессов, происходящих внутри клеток *in vivo*.

Таким образом, использование флуоресцентных методов в физиологии растений связано с двумя проблемами: прохождением возбуждающего и испускаемого красителями света (либо его размыванием) и поступлением в клетку самих красителей. Первую проблему можно решить получением оптических срезов (с использованием специальной дорогостоящей аппаратуры), либо биотехнологически – получением суспензионной культуры клеток. Вторая проблема решается только ферментативным удалением клеточной стенки – протопластированием.

Целью данной работы явилось обобщение более чем десятилетнего опыта использования методов культуры клеток и протопластирования

для изучения различных физиологических параметров клеток растений с использованием прижизненных флуоресцентных красителей.

Современная химическая промышленность предоставляет широкий спектр специфических красителей, достаточный для селективного окрашивания практически любого клеточного компартмента, молекулы, либо физиологического параметра. Однако только малая их часть подходит для прижизненного исследования клеток. Поскольку не все из них имеют подходящий размер и заряд для прохождения через плазмалемму, и еще меньше красителей способны оставаться долгое время внутри клетки, осуществлять свои специфические функции, не причиняя при этом особого вреда клетке. Следует также помнить, что разрабатываются все эти красители и проходят апробацию в основном на животных клетках, которые не имеют клеточной стенки и вакуоли и являются гораздо более благодарными объектами, чем растения и микроорганизмы. Часто приобретённые красители оказываются не способными проникать через клеточную стенку, либо сорбируются на ней, экранируя и маскируя внутренние целевые структуры. Использование метода протопластирования часто успешно решает эти проблемы. Клеточная стенка ферментативно растворяется, а использование гипертоничных растворов для поддержания целостности протопластов уменьшает отношение вакуоли к протоплазме, что благотворно сказывается на процессе микроскопирования, однако само помещение клеток в гипертоничный раствор является определённым стрессом для них.

Следующим подводным камнем при использовании флуоресцентных зондов, в частности для изучения стресс-адаптации, является то, что производитель гарантирует адекватную работу красителя только в физиологически нормальных условиях. Если применяемое воздействие коренным образом нарушает работу клетки, то, как поведёт себя краситель при этом – никто не знает, и потребуется проведение дополнительных контролей адекватности работы красителей.

По нашим данным, использование флуоресцентных зондов без контролей специфичности их работы не допустимо. Так, например, митохондриальные красители работают по принципу максимального отрицательного заряда, так как в физиологически нормальных условиях он там максимален. Однако при отсутствии большой разницы хорошо красят и другие компартменты и соединения, обладающие отрицательным

зарядом, например липидные капли, масла, другие мембраны, клеточные стенки.

Большинство витальных красок не фиксибельны, то есть исследования можно проводить только в момент воздействия или прохождения нужного процесса. Это также создаёт определённые неудобства. Существует ряд фиксибельных красителей, например на митохондрии, которые действуют как «градусник». Однако эти красители следует использовать ещё более осторожно. При сопоставлении сигналов из живых и фиксированных клеток интенсивность флуоресценции на порядок падает, и форма митохондрий заметно изменяется. Здесь нужно тщательно подбирать способ фиксации, чтобы артефакты были минимальны.

У нативных фотосинтезирующих клеток растений около 80% объёма занимают хлоропласты. Поэтому для изучения других компартментов клеток (например, митохондрий) удобнее использовать гетеротрофные темновые суспензионные культуры клеток и затем ключевые моменты уже подтверждать на световых культурах или протопластах из листьев.

Кроме того, суспензионные культуры предоставляют стабильный, однородный в генетическом отношении материал и позволяют нарабатывать его регулярно и в любых объёмах.

Таким образом, изучение физиологии растительных клеток – не такое простое занятие и использование суспензионных культур и протопластов существенно помогает в этом процессе.

УДК 577.112577.122

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ ФИКОБИЛИПРОТЕИНЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ

И.Н. Стадничук[1], И.В. Тропин[2]

[1]Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,
ул. Ботаническая, 35, г. Москва, Россия, stadnichuk@mail.ru
[2]Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, г. Москва, Россия

Ключевые слова: *красные водоросли, марикультура, фикобилипротеины, фикоцианин, фикоэритрин, флуоресценция, цианобактерии.*

Высокое содержание пигментированных белков фикобилипротеинов (ФБП) определяет окраску и само название красных водорослей и цианоабктерий (сине-зеленых водорослей). Широкая спектральная область поглощения ФБП во многом повлияла на область распространения этих организмов в морях, пресных водоемах и в иных ареалах. Развитие теории эндосимбиоза хлоропластов и теории хроматической адаптации водорослей во многом связано с изучением этих пигментов. Прикладное значение ФБП постоянно возрастает. Еще в начале XX века благодаря яркой окраске ФБП послужили для отработки методов градиентного ультрацентрифугирования макромолекул. Интенсивная флуоресценция – ценное качество ФБП. Клеточная флуоресценция одного из самых распространенных ФБП, С-фикоцианина, имеющего яркий синий цвет, может использоваться для мониторинга лабораторных культур цианобактерий, очистки питьевой воды и высотного зондирования при цветении водоемов. ФБП благодаря высокому квантовому выходу излучения находят применение в гистохимии, проточной цитофлуориметрии, клеточном флуоресцентном сортинге, флуоресцентной иммунодиагностике и при макромолекулярном детектировании бесцветных белков и ДНК. Конъюгаты ФБП с моноклональными антителами, биотином и авидином используются во флуоресцентном анализе на базе клеточных сортеров. Красный ФБП – фикоэритрин – в тандеме с флуоресцеином применяются для двойного мечения антител. Подобная двойная метка считается перспективной при диагностике онкологических заболеваний и СПИДа.

Кроме того, фикоэритрин является флуоресцентным агентом в геномном анализе при создании ДНК-микрочипов. Меченый фикоэритрином стрептавидин дает интенсивный сигнал при связывании с элементами чипа, содержащими участки ДНК, соединенной с биотином. Активный поиск биологически активных веществ (БАВ) у микроводорослей привел к обнаружению многочисленных защитных свойств ФБП. Установлено, что С-фикоцианин обладает антиоксидантыми, нейро- и гепатопротекторными свойствами в предотвращении патологий, вызываемых окислительным стрессом.

Для клинической фармакологии перспективны такие эффекты действия С-фикоцианина у подопытных животных, как подавление нефротоксикоза, ингибиторное воздействие на рост клеток лейкемии человека, уменьшение апоптоза, вызываемого энтеровирусами, падение уровня опухолевых факторов некроза в плазме крови и нейропротекторное действие в культуре церебральных клеток. У человека С-фикоцианин повышает выработку ферментов почек и печени (каталаза, цитохром Р-450, супероксиддисмутаза), стимулируя детоксикацию этих органов. На кожных тканях С-фикоцианин в составе липосом проявляет противовоспалительное действие. Как нейропротектор может использоваться при церебральной ишемии и наряду с порфиринами как фотосенсибилизатор в лазерной терапии рака кожных покровов. Механизм защитного действия С-фикоцианина основан на сходстве химического строения его хромофоров и билирубина, являющегося продуктом естественного разрушения гема при катаболизме гемоглобина. Билирубин известен как физиологический антиоксидант, ингибирующий окисление белков и ароматических аминокислот в плазме крови и регулирующий содержание холестерина. Обезвреживание билирубином активных форм кислорода за счет обратимого формирования дополнительной углеродной двойной связи в молекуле служит для защиты белков плазмы крови.

Натуральные красители для пищевого производства, косметологии, детских игрушек требуются все в большем количестве, что обусловлено токсичностью используемых синтетических красок. При этом С-фикоцианин как пигмент предпочтительнее и натуральной гардении голубой, и индиго, так как дает более яркую синюю окраску. Различные препараты из сине-зеленой водоросли спирулины, содержащие С-фикоцианин, используются в качестве БАДов. С-фикоцианин может

добавляться в ферментированные молочные продукты, мороженое, чипсы, крекеры, безалкогольные напитки, жевательную резинку, мармелады, фруктовые и ореховые плитки. В косметическом производстве С-фикоцианин служит красящим веществом в зубных пастах, тальке, каолиновой пудре, в лосьонах для тела и различных сортах мыла, хотя дорогая натуральная косметика пока находит ограниченное применение. Известно более 300 патентов, связанных с ФБП, их использованием в качестве флуорофоров, применением в фармакологии, косметологии и пищевой промышленности. Мировое производство ФБП продолжает расти, и современное применение ФБП стало очень разнообразным. В будущем создание марикультур красных микро- и макроводорослей и широкое освоение прибрежных зон морей и океанов дадут для этого новые возможности.

УДК 582.594.2:581.14+581.162.3

РАЗМНОЖЕНИЕ КРАСИВОЦВЕТУЩИХ ТРОПИЧЕСКИХ ОРХИДЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ В СИБИРСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ НИ ТГУ

Л.В. Хоцкова, Г.Я. Степанюк, М.С. Ямбуров

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Сибирский ботанический сад,
пр. Ленина, 36, г. Томск, Россия,
lyubava77kh@gmail.com

Ключевые слова: *тропические орхидеи, опыление, плоды, семенное размножение in vitro.*

Основной задачей ботанических садов в сохранении биологического разнообразия является комплексное изучение и сохранение генетических ресурсов природной флоры. Особый интерес представляет изучение возможностей сохранения видов, естественное возобновление которых в природе ослаблено или затруднено. К таким видам относятся представители семейства *Orchidaceae* Juss. – многолетние травянистые растения, характеризующиеся медленным циклом развития. Орхидные – одно из самых крупных семейств цветковых растений на Земле, оно насчитывает около 800 родов, 22000 видов, что составляет приблизительно 6–11% от всех семенных растений мира. Многие виды орхидных являются редкими и подлежат охране. Кроме того, в настоящее время известно более 150000 гибридов орхидей [1]. При содержании орхидей в искусственно созданных условиях важной задачей является повышение их репродуктивного потенциала. Известно, что характерными особенностями семян орхидных являются небольшие размеры (0,09-1,2 мм) и отсутствие эндосперма, что затрудняет их прорастание и развитие проростков [2]. Преодоление этих трудностей становится возможным при освоении методики искусственного опыления цветков и семенного размножения их в культуре *in vitro*. Целью наших исследований являлось изучение репродуктивных особенностей и разработка методик ускоренного воспроизводства посредством культуры ткани *in vitro* круп-

ноцветковых представителей родов *Brassovola* R. Br., *Cattleya* Lindl. и *Guarianthe* Dressler & W.E. Higgins из коллекционного фонда Сибирского ботанического сада Национального исследовательского Томского государственного университета (СибБС НИ ТГУ).

Сибирский ботанический сад НИ ТГУ – один из крупнейших научно-интродукционных центров Сибири, где собраны уникальные для северных широт мира коллекционные фонды тропических и субтропических растений, насчитывающие 2624 вида и 1182 сорта, относящихся к 928 родам из 195 семейств. Среди оранжерейных растений СибБС семейство *Orchidaceae* Juss. представлено 191 видом, 5 формами и 214 гибридными культиварами и сортами, относящимися к 56 родам. Наше внимание привлекли виды тропических орхидей с симподиальной побеговой системой: *Brassavola nodosa* (L.) Lindl., *Cattleya mossiae* C.Parker ex Hook., *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E.Higgins, имеющие крупные ярко окрашенные цветки, выращиваемые в СибБС ТГУ в виде горшечной культуры, на блоках из сосновой коры или в «корзинках» из пальмового волокна с добавлением субстрата из измельченных кусочков сосновой коры, мха сфагнума, верхового торфа и древесного угля. Эти виды относятся к теплолюбивым растениям, они культивируются в тропических оранжереях сада при температуре 20–24 °С, 80–85% влажности воздуха и интенсивности освещения 7–10 клк. Продолжительность светового периода зимой составляет 10–12 часов и достигается путем искусственного досвечивания люминесцентными лампами ЛБ-40. Такие световые условия, по нашим наблюдениям, позволяют добиться регулярного ежегодного цветения тропических орхидей.

Искусственное опыление цветков исследуемых видов производили на 3–5 день после их полного раскрытия автогамным или гейтоногамным способом. Через 2–3 дня околоцветник опыленных цветков полностью увядал, что свидетельствовало об успешности опыления. Колонка и завязь разрастались на 5–7 день. В результате образовались плоды – коробочки, содержащие многочисленные пылевидные семена. Плоды снимали в период появления у их основания желтизны. Продолжительность созревания, длина, диаметр и масса плодов исследуемых видов составила, соответственно: 242 дн., 7,8 см, 1,3 см, 1,85 г для *B. nodosa*; 225 дн, 7,5 см, 4 см, 10,85 г для *C. mossiae*; 197 дн., 10 см, 2,2 см, 11,89 г

для *G. skinneri*. Полученные данные свидетельствуют о том, что самые крупные плоды при наименьшей продолжительности созревания развились у *G. skinneri.*

Для разработки технологии семенного размножения исследуемых видов орхидей в условиях *in vitro* руководствовались методикой Т.М. Черевченко [3]. Плоды стерилизовали в 96% этаноле и обжигали в пламени горелки, после чего семена высевали на агаризованные питательные среды Мурасиге – Скуга [4] и Кнудсона [5], содержащие активированный уголь. Культуры содержали на белом свету люминесцентных ламп PHILIPS TLD 18/33–640 с интенсивностью освещения 3 клк, температурой воздуха 23±2°С и влажностью воздуха 65–70%.

Были изучены этапы прорастания семян и роста проростков *C. mossiae.* Прорастание семян *C. mossiae* на питательной среде *in vitro* наблюдалось через 25 дней после посева. Образовавшиеся протокормы диаметром до 0,5 мм имели шаровидную форму, слегка сжатую в дорзо-вентральном направлении, что является таксоноспецифическим признаком для эпифитных представителей семейства *Orchidaceae* Juss. [6]. Через 60–70 дней после прорастания семян у проростков *C. mossiae* началось формирование побега и дифференцировались листья. В дальнейшем у основания побега, состоящего из 2–3 листочков, образовывался корешок. Образование первичных корешков мы наблюдали на 150–170 день после посева. После образования корня снова наблюдался рост листьев, начиналось образование побегов II порядка в пазухах нижних листьев побега I порядка. Через 250–270 дней сформировавшиеся молодые растеньица *C. mossiae*, имевшие по 5–7 развитых листьев и корней, высаживали *ex vitro* в промежуточный субстрат (мох сфагнум) для адаптации в нестерильных условиях. Период адаптации проходил в тепличных условиях при температуре от 19°С до 22°С, относительной влажности воздуха 80–85% и естественном освещении. Было установлено, что в условиях СибБС ТГУ проростки *C. mossiae* лучше приживаются в промежуточном субстрате, если дочерние побеги (второго и далее порядков) не отделять от материнского побега (первого порядка) и выращивать их группами. Через 9 месяцев успешно адаптированные в промежуточном субстрате сеянцы *C. mossiae*, составившие 75% от общего их количества *ex vitro*, пересаживали в постоянный субстрат, аналогичный субстрату для выращивания взрослых растений орхидей.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать следующее заключение. При выращивании в оранжереях Сибирского ботанического сада НИ ТГУ *Brassavola nodosa*, *Cattleya mossiae*, *Guarianthe skinneri* проходят полный цикл развития. Сроки созревания плодов у вышеназванных видов в оранжереях сада составляют от 197 дней у *G. skinneri* до 242 дней у *B. nodosa*. Изучены этапы развития *C. mossiae* на питательных средах. Установлено, что сеянцы каттлей готовы к высадке в промежуточный субстрат через 250–270 дней после посева семян. Оптимальным субстратом для роста и развития молодых растеньиц *C. mossiae* является смесь сосновой коры, торфа, сфагнового мха и древесного угля.

Литература

1. Коломейцева, Г.Л. Крупноцветковые орхидеи в коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (*Cattleya, Cymbidium, Dendrobium, Paphiopedilum, Phalaenopsis*) / Г.Л. Коломейцева. – Москва : ГЕОС, 2014. – 296 с.

2. Arditti, J. Factors affecting the germination of orchid seeds / J. Arditti // Botanical Review. – 1967. – № 1. – P. 1-97.

3. Черевченко, Т.М. Орхидеи в культуре / Т.М. Черевченко, Г.П. Кушнир. – Киев : Наукова думка, 1986. – 200 с.

4. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15, № 3. – P. 473-497.

5. Knudson, L. Non symbiotic germination of orchid seeds / L. Knudson // Botanical gazette. – 1922. – Vol. 73. – P. 1-25.

6. Иванников, Р.В. Семенное размножение *Psichopsiella limminghei* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.) в условиях асептической культуры / Р.В. Иванников, А.Н. Лаврентьева // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов : материалы междунар. конф., посвящ. 60-летию ГБС РАН. – Москва, 2005. – С. 190-193.

Секция 2.
РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ

УДК 582.948.2 (571.56)

БУРАЧНИКОВЫЕ ФЛОРЫ ЯКУТИИ И ИХ ИНТРОДУКЦИОННАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ

С.З. Борисова, Н.С. Иванова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, borisova_sz@mail.ru

Ключевые слова: *растительные ресурсы, Boraginaceae, видовое разнообразие, интродукция, Якутия.*

Флора регионов с суровыми климатическими условиями является богатым источником природных возобновляемых растительных ресурсов и ценным объектом для интродукции (Интродукция …, 2017). Исследования биологии растений природной флоры в культуре ведутся в ботанических садах Якутии с целью сохранения биологического разнообразия природной флоры региона и обогащения ассортимента полезных растений.

Семейство Бурачниковые (Boraginaceae Ledeb.) объединяет более 2500 видов (The Plant List http://www.theplantlist.org) деревьев, кустарников и травянистых растений, распространенных во всех континентах. Особенно широко бурачниковые представлены в тропических и субтропических областях. В умеренной зоне произрастают в основном травянистые виды. Для флоры Якутии приводят 47 видов, 14 родов (табл.) (Овчинникова, 2003; Конспект флоры Азиатской России, 2012; Конспект флоры Якутии, 2012), из них 34 вида – многолетние, 13 – одно-, двулетние растения. В Красную книгу Республики Саха (Якутия) (2017) включены *Anoplocaryum helenae* Volot., *Eritrichium aldanense* Ovczinnikova, *E. karavaevii* Ovczinnikova, *E. ochotense* Jurtzev et A. Khokhr., *Mertensia davurica* (Pall. ex Sims) G. Don fil., *M. rivularis* (Turcz.) DC., *Myosotis czekanowskii* (Trautv.) R. Kam. et V. Tichomirov, *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.

Таблица

Семейство Boraginaceae Ledeb. флоры Якутии, состав и интродукционная изученность

№	Род	Число видов		
		в Сибири	во флоре Якутии	в интродукции
	Amblynotus (A. DC.) Johnst.	1	1	0
	Anoplocaryum Ledeb.	3	2	1
	Asperugo L.	1	1	0
	Borago L.	1	1	1
	Buglossoides Moench	1	1	0
	Eritrichium Schrad. ex Gaudin	28	12	1
	Hackelia Opiz	2	1	0
	Lappula Moench	18	5	1
	Lithospermum L.	2	1	0
	Mertensia Rorh	12	6	2
	Myosotis L.	22	10	2
	Nonea Medik	4	1	1
	Pulmonaria L.	1	1	0
	Trigonotis Stev.	4	4	0
	Всего:	100	47	9

Виды родов *Mertensia*, *Myosotis*, *Trigonotis*, *Hackelia* обитают по берегам горных речек и в сырых лугах. Реликтовые виды *Anoplocaryum compressum* (Turcz.) Ledeb. и *A. helenae* встречаются в расщелинах гранитных скал. Многие бурачниковые приспособились к засушливым условиям существования (виды рода *Eritrichium* и *Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc.) и сорным местообитаниям (*Asperugo procumbens* L., *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Buglossoides arvensis* (L.) Johnst. и др.). В центральных районах отмечены заносные виды *Nonea rossica* Stev. на пашнях и залежах, *Borago officinalis* L. на обрабатываемых участках.

Хозяйственное значение бурачниковых невелико. Это, прежде всего, декоративные виды родов *Eritrichium*, *Mertensia* и *Myosotis*. Многие бурачниковые неплохие медоносы. В народной медицине применяют ряд видов из родов *Lithospermum* и *Borago*. В последнее время повышается

интерес к представителям семейства Бурачниковые как ценным источникам оригинальных химических соединений.

В Якутии бурачниковые мало изучены, в интродукционный эксперимент вовлечено лишь 9 видов природной флоры (20 % всего семейства), из них 2 редких вида *Anoplocaryum helenae* и *Mertensia rivularis*. Между тем изучение биологии бурачниковых природной флоры может расширить ассортимент лекарственных, декоративных и других полезных растений республики.

УДК 581.1:582.6:57.045(212.3)

АССОЦИАЦИЯ ДЕГИДРИНОВ С КРИОУСТОЙЧИВОСТЬЮ BETULA PENDULA ROTH В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

И.В. Васильева, Т.Д. Татаринова, А.А. Перк, А.Г. Пономарев

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия,
ira_spira_vas@mail.ru, t.tatarinova@gmail.com

Ключевые слова: *северные регионы, береза, дегидрины, криоустойчивость.*

Резко континентальный климат большей части Якутии, уникальный для всего Северного полушария, характеризуется экстремально низкими зимними температурами и наличием многолетней мерзлоты. Произрастая в таких суровых условиях, местные растения, в т.ч. их древесные формы, приобрели необычайно высокую морозоустойчивость.

В процессах адаптации растений к холоду важная роль отводится стрессовым белкам-дегидринам, вероятно, участвующим в защите биополимеров и мембран клеток от повреждений, вызванных обезвоживанием [1, 2]. В разных таксонах растений выявляется от 1 до 14 форм дегидринов, значительная часть которых синтезируется при воздействии холодового фактора [2]. В этой связи весьма актуальным представляется выявление связи стрессовых белков-дегидринов с устойчивостью растений к природно-климатическим условиям Севера.

Целью работы явилось изучение состава и сезонных изменений, а также внутривидового полиморфизма дегидринов, ассоциированных с формированием криоустойчивости *Betula pendula* Roth в условиях Севера.

Сбор образцов почек березы повислой проводили на территории Центральной и Южной Якутии. Выделение суммарных белков, аналитический электрофорез, блоттинг белков и идентификацию дегидринов с использованием специфических антител осуществляли, как приведено в работах [3-5].

Нами впервые показан значительный индивидуальный полиморфизм дегидринов в почках северных популяций *Betula pendula* во время

зимнего покоя. У изученных экземпляров растений обнаруживались множественные формы дегидринов: в интервале 56-73 кДа – до десяти, а в интервале 15-21 кДа – до четырех.

Среднемолекулярные дегидрины (56–73 кДа) в почках березы повислой представлены круглогодично почти на одинаковом уровне, а низкомолекулярные (14–21 кДа), преобладающим из которых являлся 17 кДа дегидрин, характеризовались выраженной сезонной динамикой. Низкомолекулярные дегидрины полностью исчезали по мере распускания почек в начале вегетации (май) и синтезировались исключительно в начале осени (август-сентябрь). Начало спада уровня этих дегидринов фиксировалось раньше видимых фенотипических изменений у растений, например, сокодвижения и набухания почек березы. Так, снижение содержания 17 кДа дегидрина в условиях Якутии наблюдается уже при отрицательных дневных температурах воздуха (до 0 °С). Вновь низкомолекулярные дегидрины появлялись осенью при подготовке растений к покою и снижении содержания воды в их органах. Данные дегидрины достигали относительно высокого стационарного уровня, необходимого для перезимовки растений, в конце осени; такое состояние сохранялось в течение всего периода с низкими зимними температурами. Сравнительные исследования дегидринов *Betula pendula* из других северных регионов (Республика Карелия) также выявляют сходный характер состава и сезонных изменений дегидринов в годичном цикле березы повислой при специфических особенностях их поведения, определяемых климатическими характеристиками [4].

Впервые в почках *B. pendula*, произрастающей в условиях криолитозоны, выявлены внутривидовой полиморфизм и сезонные изменения стрессовых белков-дегидринов. Наибольшим сезонным вариациям подвержены низкомолекулярные дегидрины с молекулярной массой 15-21 кДа со стабильно высоким содержанием в период покоя. Эта группа дегидринов может быть использована в качестве маркеров морозоустойчивости как элемент современной биотехнологии.

Выявленные особенности сезонных изменений дегидринов в почках березы повислой указывают на их непосредственное участие в формировании криоустойчивости данного вида к экстремальным условиям климата Якутии.

Литература

1. Strimbeck, G.R. Extreme low temperature tolerance in woody plants / G.R. Strimbeck, P.G. Schaberg, C.G.Fossdal et al // Frontiers in Plant Science. – 2015. – V. 6. – P. 1-16.

2. Abedini1, R. Plant dehydrins: shedding light on structure and expression patterns of dehydrin gene family in barley / R. Abedini1, F. GhaneGolmohammadi1, R. PishkamRad et al // J. Plant Res. doi: 10.1007/s10265-017-0941-5.

3. Ponomarev, A.G. Dehydrins associated with the development of frost resistance of asian white birch / A.G. Ponomarev, T.D.Tatarinova, A.A. Perk et al // Russian Journal of Plant Physiology. – 2014. – V. 61. – № 1. – P. 105-111.

4. Tatarinova, T.D. Dehydrin stress proteins from buds of silver birch growing in the contrasting climate regions / T.D. Tatarinova, V.V. Bubyakina, L.V. V etchinnikova et al // Cell and Tissue Biology. – 2017. – V. 11. – № 6. – P. 483-488.

5. Tatarinova, T.D. Dehydrin stress proteins in Pinus sylvestris L. needles under conditions of extreme climate of Yakutia / T.D. Tatarinova, A.A. Perk, V.V. Bubyakina et al // Doklady Biochemistry and Biophysics. – 2017. – V. 473. – P. 98-101.

УДК 582.776.6:630*4(571.56-191.2)

ДИНАМИКА ФИТОМАССЫ ИВАН-ЧАЯ УЗКОЛИСТНОГО НА ГАРЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Л.П. Габышева
Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
пр. Ленина, 41, г. Якутск, Россия, llp77@yandex.ru

Ключевые слова: *гари, фитомасса, Центральная Якутия, Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.*

Центральная Якутия является одним из наиболее пожароопасных регионов Якутии. Ежегодно пожарами уничтожаются тысячи га леса. За последние 10 лет, с 2007 по 2016 г., средняя площадь пожара в лесах Лено-Амгинского междуречья составила в среднем 14800 га, только в 2012 г. площадь пожаров составила 74302,9 га. Все эти послепожарные площади образуют разновозрастные гари, на которых формируется специфически развивающаяся послепожарная растительность.

Иван-чай узколистный *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. – пионерный вид нарушенных территорий (вырубок и гарей), по мере появления кустарников и деревьев с течением сукцессионного времени вымирает. Характерен для сообщества вырубок и гарей, где является диагностическим видом. Иван-чай узколистный издавна использовался в народной медицине (Атлас…, 2005) и является одним из кормовых растений копытных животных (Габышева, 2017).

Цель работы – изучение динамики фитомассы иван-чая узколистного на гарях Центральной Якутии.

Материалы статьи собраны в ходе изучения динамики растительности гарей, лесовосстановления на гарях в 2001–2003 гг. в Мегино-Кангаласском и Таттинском лесничествах Республики Саха (Якутия). Материалы данной работы дополнят сведения о запасе иван-чая узколистного как лекарственного и кормового растения.

Учет проводился с использованием метода укосов в трех-, пятикратной повторности. Исследования проводились в вегетационный период во второй половине июля – начале августа в период максимального накопления фитомассы. Надземная часть растений срезалась у корневой

шейки, разбиралась по видам. Данные по фитомассе и их анализ приведены в абсолютно сухом состоянии. Обработка материала проводилась с использованием программы MS Excel.

В первые годы после пожара на гарях (1-2-летняя гарь) формируется иван-чаево-маршанциевая синузия. Иван-чай узколистный, являясь пионером нарушенных участков, обычно быстро заселяет освободившиеся территории и становится доминантом в первые четыре года. Благодаря хорошей ветроопыляемости, высокой плодовитости и всхожести (90-93%), а также энергии прорастания семян (27-72%) вид достигает максимального роста по густоте и распространения по площади нарушенной территории (Перевозникова, 1989 и др.). Запас фитомассы иван-чая узколистного составляет 4,74-5,45 (в среднем 5,095) т/ га (табл.), это 60,8% от общего запаса фитомассы гари. Высокий запас фитомассы объясняется высокой плотностью (встречаемость – 98%) и крупными размерами побегов иван-чая узколистного на влажных и богатых почвах при достаточной освещенности гари.

Таблица

Фитомасса иван-чая узколистного на разновозрастных гарях Центральной Якутии

Стадии и возрасты гарей	Фитомасса, т/ га	Доля фитомассы от общей, %
Травяная стадия (1-летняя гарь) – начальная стадия	4,74	60,8
Травяная стадия (2-летняя гарь) – начальная стадия	5,45	62,0
Березово-кустарниковая стадия (9–12-летние гари)	0,46	12,6
Средневозрастные гари – березово-лиственничный молодняк (22–24-летние гари)	0,33	8,6

К 9-12 годам жизненный цикл у иван-чая узколистного входит в завершающую стадию. Фитомасса достигает лишь 0,46 т/ га. После активного разрастания и плодоношения в первые годы после пожара у данного и у других инициальных видов снижается побегообразовательная способность корневых систем, уменьшаются размеры надземных побегов, сокращается плодоношение. Это связано с постепенным снижени-

ем плодородия почвы и изменением микроклиматических и почвенных условий на гари, в частности влажности почвы. Вследствие этого они утрачивают доминирующую роль в составе и структуре травяного покрова и постепенно сменяются злаково-разнотравными видами (лимнасом Стеллера, княженикой, хвощом камышковым, чиной приземистой, викой приятной и др.).

На 22-24-летней гари постепенно происходит смена растительности в сторону лесной обстановки. Травяно-кустарничковый покров изреженный (покрытие до 25%). Ведущую роль здесь уже играют лесные виды – брусника (от 61 до 80% запаса фитомассы), линнея северная. На гари данного возраста рассеянно встречается низкорослый и угнетенный иван-чай узколистный (от 0,11 до 0,45 т/га). Присутствие данного вида в составе растительного покрова на данной стадии сукцессии можно связать с его замедленным развитием и растянувшимся вегетационным периодом.

Таким образом, изучение динамики фитомассы иван-чая узколистного в разновозрастных гарях показало, что наибольшей фитомассы иван-чай достигает только на начальных стадиях на 1-2-летних гарях до 4-5-летнего возраста. В этот период рекомендуется сбор трав иван-чая узколистного с целью использования как лекарственного и пищевого растения. На начальных стадиях также увеличивается доля посещения копытными животными гарей. Начиная с 5-6-летнего возраста, со сменой пионерных видов растений луговым разнотравьем, доля и фитомасса иван-чая узколистного снижается, в связи с чем массовый сбор нецелесообразен.

Литература

1. Атлас лекарственных растений Якутии. Т. 2: Лекарственные растения, используемые в народной медицине / Л.В. Кузнецова, Л.Г. Михалева, В.И. Захарова и др. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. – 224 с.

2. Габышева, Л.П. Растительность гарей Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия) как кормовая база копытных / Л.П. Габышева // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (44). – С. 18-28.

3. Перевозникова, В.Д. Эколого-ценотические особенности кипрея узколистного (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub.) на вырубках сосновых лесов / В.Д. Перевозникова // Ботанические исследования в Сибири. – Красноярск, 1998. – Вып. 6. – С. 77-82.

УДК (581.6: 58.01/.07 + 581.5)(517.56-13)

РАСТЕНИЯ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ – ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ К СТРЕССОГЕННЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Н.В. Зайцева

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
филиал в г. Нерюнгри, Россия, nz_demetra@mail.ru

Ключевые слова: *Южная Якутия, экстракты растений, хлоридное засоление, пониженные температуры, УФ-облучение, устойчивость, рост-стимулирующее действие.*

Главной целью этой серии лабораторных испытаний была проверка гипотезы о том, что растения, произрастающие в условиях Южной Якутии (в нашем случае в г. Нерюнгри), могут быть источниками биологически активных веществ (БАВ), повышающих устойчивость культурных растений к некоторым стрессогенным факторам. Исходными положениями для выдвижения этой гипотезы являются наблюдения за аборигенными растениями, данные анализов их химического состава, результаты изучения жизненных циклов, перезимовки, приспособлений к экстремальным погодным условиям.

По результатам химического анализа экстрактов растений методами качественных реакций на БАВ и тонкослойной хроматографии [1, 2, 3] для эксперимента нами были отобраны: представители семейства *вересковые* (багульник болотный *Ledum palustre* L., брусника *Vaccinium vitis-idaea* L., рододендрон золотистый *Rhododenron aureum* Georgi, толокнянка боровая *Arctostaphulos uva-ursi* (L.) Spreng.); *водяниковые* (водяника черная *Empetum nigrum* L.); *камнеломковые* (бадан толстолистый *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch.); *березовые* (ольха кустарниковая *Dushekia fruticosa* (Rupr.) Pozar., ольха волосистая *Alnus hirsute* (Spach.) Rupr.); *бобовые* (донник белый *Mellilotus albus* L., клевер луговой *Trifolium pretense* L., клевер ползучий *Trifolium repens* L., клевер гибридный *Trifolium hybridum* L., люцерна посевная *Medicago sativa* L.); *лютиковые* (ветренница вильчатая *Anemone dichoforma* L., купальница сибир-

ская *Trollius sibiricus* Schipcz.); *норичниковые* (вероника длиннолистая *Veronica longifolia* L.); *гречишные* (горец змеиный *Polygonum bistorta* L.); *кипрейные* (Иван-чай узколистый *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.); *астровые* (какалия копьевидная *Cacalia hastate* L., пижма обыкновенная *Tanacetum vulgare* L.); *мареновые* (подмаренник настоящий *Galium verum* L.); *синюховые* (синюха голубая *Polemonium coeruleum* L.); *хвощевые* (хвощ полевой *Equisetum arvense* L.). Основанием для выбора именно этих растений в качестве источника БАВ явилось отнесение растений к лекарственным [4, 5], их широкая представленность в растительных сообществах г. Нерюнгри и его окрестностей.

Методика проведения исследований. Семена огурца сорта «Каскад» замачивали в разбавленных экстрактах растений в течение 24 часов, затем высаживали в чашки Петри на фильтровальную бумагу. Семена проращивали в течение 14 дней, после чего производили их измерения.

Стрессовые условия моделировали следующим образом: I. *«Нормальные условия».* Обработанные семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. Выращивали при температуре 20-22 ^{o}C. II. *«Хлоридное засоление».* Семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную 0,8%-ным р-ром хлорида натрия (NaCl) в дистилиированной воде (концентрация раствора соли для моделирования стрессогенных условий была подобрана в предварительно проведенных опытах). Выращивали семена при t^{o} = 20-22 ^{o}C. III. *«Пониженные температуры».* Семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой, проращивали в течение 3 дней при t^{o} = 20-22 ^{o}C, затем помещали в холодильник (t^{o} = 5 ^{o}C) на 5 дней. После извлечения из холодильника чашки Петри с проростками содержали в течение 6 дней при комнатных условиях (t^{o} = 20-22 ^{o}C). IV. *«Облучение ультрафиолетовым светом».* Семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой, проращивали в течение 7 дней при температуре t^{o} = 20-22 °C, облучали УФ светом в течение 10 мин. Затем выращивали в течение еще 7 дней при комнатных условиях.

Приготовление растворов экстрактов растений. Растворы для замачивания семян (D1-D10) готовили по принципу десятичных разведений и потенцирования (встряхивания). Приготовление раствора D1: 10 г абсолютно сухого измельченного вещества растений заливали 90 мл

дистиллированной воды. Настаивли сутки в условиях комнатной температуры, периодически встряхивая емкость. После 24 часов экстракт сливали через фильтр с чистую сухую посуду и использовали в опытах в качестве концентрированного раствора. Разведения D2-D10: отбирали 10 мл предыдущего по ряду разведения, переносили их в колбу на 100 мл, в эту же колбу добавляли 90 мл дистиллированной воды, закрывали пробкой и 20 раз встряхивали сверху вниз.

Контрольный вариант – семена замачивали в дистиллированной воде (+20 встряхиваний). Количество семян в 1 чашке Петри: 20. Повторность: 4-кратная.

Результаты испытаний экстрактов растений, произрастающих в Южной Якутии, в качестве антистрессовых препаратов. Анализ результатов применения экстрактов отобранных растений в качестве средства, снимающего состояние стресса у проростков огурца, показывает, что в условиях хлоридного засоления высокой эффективностью в качестве антистрессовых препаратов обладают экстракты бадана толстолистого (D3), брусники (D2), водяники черной (D7), клевера гибридного (D2), ольхи волосистой (D8), ольхи кустарниковой (D10), пижмы обыкновенной (D1), подмаренника настоящего (D7), рододендрона золотистого (D7). Замачивание семян в растворах экстрактов этих растений повысило всхожесть семян с 50 до 85-100%; длину корневой системы – на 79-300% к контролю, выращенному в условиях хлоридного засоления (KII); длину побега – на 30-121% к KII; массу проростков – на 30-146% к KII. Экстракты рододендрона золотистого, клевера гибридного, ольхи волосистой, подмаренника настоящего, пижмы обыкновенной обладали очень высокой эффективностью и не только снимали состояние стресса у проростков, но и существенно стимулировали рост и развитие растений (т.е. обработанные растения превосходили даже вариант KI, выращенный в нормальных условиях), в т.ч. и за счет повышения устойчивости к гнилям, формирования более мощной корневой системы.

В условиях пониженных температур наиболее эффективными были экстракты брусники (D10), ветреницы выльчатой (D3), горца змеиного (D10), кипрея узколистого (D6), купальницы сибирской (D8), люцерны посевной (D9), ольхи волосистой (D4), пижмы обыкновенной (D1), подмаренника настоящего (D6), толокнянки боровой (D7), хвоща полевого (D4). Замачивание семян в растворах экстрактов этих растений повы-

сило всхожесть семян с 60 до 85-100%; длину корневой системы – на 7-243% к контролю, выращенному в условиях пониженных температур (KIII); длину побега – на 27-253% к KIII; массу проростков – на 36-164% к KIII. Экстракты хвоща, подмаренника, Иван-чая, ветреницы, люцерны, пижмы проявили также и ростстимулирующий эффект.

Эстракты всех изученных нами видов растений довольно эффективно снимали состояние стресса у проростков, подвергнутых УФ-облучению, что вполне объяснимо, т.к. аборигенные растения содержат много флавоноидов и дубильных веществ, выполняющих функции фотопротекторов и антиоксидантов. Высокую эффективность в качестве средств, повышающих устойчивость проростков к УФ-лучам, в наших опытах проявили экстракты: багульника болотного (D5), брусники* (D8), ветреницы выльчатой (D10), горца змеиного (D10), донника белого* (D9), клевера лугового (D1), клевера ползучего* (D1), купальницы сибирской* (D1), люцерны посевной* (D6), ольхи волосистой* (D1), ольхи кустарниковой* (D10), пижмы обыкновенной* (D8), подмаренника настоящего* (D6), рододендрона золотистого (D3), синюхи голубой* (D8), хвоща полевого* (D2). Замачивание семян в растворах экстрактов этих растений повысило всхожесть семян с 75 до 85-100%; длину корневой системы – на 55-205% к контролю, подвергшемуся УФ-облучению (KIV); длину побега – на 20-87% к KIV; массу проростков – на 25-142% к KIV. Ростстимулирующий эффект наблюдался в вариантах, отмеченных «*».

Таким образом, полученные нами результаты подтверждают возможность применения разбавленных экстрактов растений, произрастающих в Южной Якутии, в качестве средств, снимающих состояние стресса у культурных растений и стимулирующих процессы роста и устойчивости к неблагоприятным факторам и заболеваниям.

Литература

1. Зайцева, Н.В. Биологически активные вещества растений Южной Якутии: онтогенетический и экологический аспекты / Н.В. Зайцева, И.А. Погуляева // Перспективы фитобиотехнологии для улучшения качества жизни на Севере : материалы международной конференции, г. Якутск, СВФУ БГФ, 11-16.10.2010 г. – Якутск : Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2010. – С. 125-129.

2. Зайцева, Н.В. Особенности химического состава растений Южной Якутии / Н.В. Зайцева, И.А. Погуляева // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 5. – № 11. – С. 145-155.

3. Зайцева, Н.В. Эколого-биохимические особенности растений рода Trifolium L., произрастающих в Южной Якутии (на примере г. Нерюнгри) / Н.В. Зайцева, И.А. Погуляева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19. – № 2-3. – С. 441-447.

4. Телятьев, В.В. Целебные клады / В.В. Телятьев. – Иркутск : Восточно-Сибирское книжное изд-во, 1991. – 400 с.

5. Макаров, А.А. Лекарственные растения Якутии и перспективы их освоения / А.А. Макаров. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – 264 с.

УДК 581.15

ПОДБОР ПРАЙМЕРОВ К RAPD ОБРАЗЦОВ ДНК, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ARTEMISIA L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ

С.С. Иванова, Ж.М. Охлопкова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, aku.drova.ru@mail.ru

RAPD-анализ (Random Amplified Polymorphic DNA) включает в себя проведение полимеразной цепной реакции (ПЦР) с использованием одного или двух декануклеотидных праймеров с произвольной нуклеотидной последовательностью. Продукты RAPD-анализа образуются в результате амплификации фрагмента геномной ДНК, фланкированного инвертированной последовательностью данных праймеров.

Род Artemisia L., или Полынь, является одним из самых крупных родов сем. Asteraceae Dumort, распространен по всему северному полушарию. Данный род имеет большое количество интересных видов, из которых часть имеет народное применение в качестве носителей целебных свойств, имеет статус лекарственного растения и сырья, а часть остается неизученной. Во флоре Якутии (Республика Саха (Якутия)) насчитывается 39 видов, включая эндемичные и редкие растения, из них 9 видов успешно введены в культуру в условиях Ботанического сада СВФУ и Якутского ботанического сада ИБПК СО РАН.

Целью настоящего исследования является подбор произвольных RAPD праймеров, подходящих для изучения полиморфизма амплифицированной ДНК представителей рода *Artemisia,* произрастающих на территории Якутии.

Произведены ПЦР-амплификации образцов ДНК представителей рода *Artemisia* с последующим электрофоретическим разделением его результатов. Оптимизированы протоколы-программы амплификации, адаптированные под особенности температуры отжига праймера. Анализированы восемь произвольных RAPD праймеров с нуклеотидными последовательностями, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Праймеры, используемые для подбора подходящего праймера к RAPD образцов ДНК, выделенных из представителей рода *Artemisia*

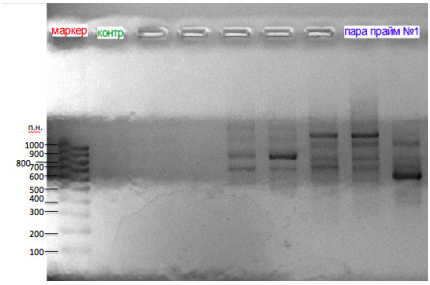
Пр-р	Артикул праймера	Последовательность 5’-3’
P1	921-184	GGA GGG TGT T
P2	921-181	GAA ACG GGT G
P3	921-190	CAG GAT TCC C
P4	921-183	GTT TCG CTC C
P5	921-185	TGA GTG GGT G
P6	921-192	GTC CAT TA
P7	921-179	AAT CGG GCT G
P8	921-194	GTC CAG TC

Все перечисленные восемь праймеров были распределены на семь произвольных комбинаций-пар: первая пара – P7 и P8; вторая пара – P1 и P3; третья пара – P2 и P6; четвертая пара – P4 и P5; пятая пара – P4 и P8; шестая пара – P4 и P7 и последняя седьмая пара – P6 и P8.

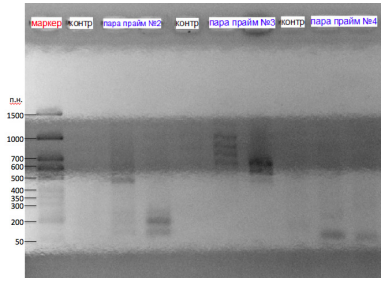
Образец ДНК матрицы для ПЦР-амплификации взят из выделенных геномных ДНК у корня *A. jacutica*, собранной в июне 2017 г. в Амгинском районе, и из фитомассы *A. kruhsiana*, собранной в Оймяконском районе (июнь 2017 г.).

По результатам RAPD-анализа (рис. 1) в качестве подходящих праймеров для амплификации ДНК представителей р. *Artemisia L*, произрастающих на территории Якутии, выбраны P4 и P7 (6 пара), выводящие широкий спектр размеров ПЦР-продуктов и большее их количество разделенных фрагментов по молекулярной массе, чем в остальных шести парах исследуемых праймеров.

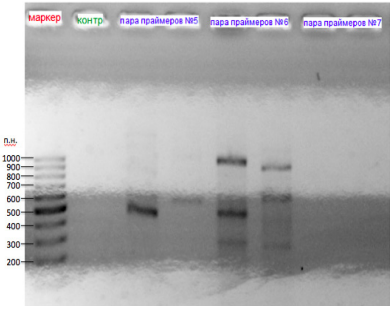
Полученные данные составили основу для изучения внутри- и межвидовой изменчивости представителей рода *Artemisia L*, произрастающих на территории Якутии.



а



б



в

Рис. 1. Результат подбора RAPD праймера. Контроль состоит из реакционной смеси ПЦР, прямого и обратного праймера и стерильной деионизированной воды:

а – ДНК маркер «Step 100» из 10 фрагментов ДНК 100-1000 п.н., (BioLabMix). Температура отжига (*Ta*) первой пары = 28°C;

б – ДНК маркер «Step 50» из 13 фрагментов ДНК, 50 – 1500 п.н. (BioLabMix). *Ta* второй пары=25°C. *Ta* третей пары =22°C. *Ta* четвертой пары= 28°C;

в – ДНК маркер «GeneRuler™ 100 bp DNA Ladder» из 10 фрагментов ДНК 100-1000 п.н.; *Ta* пятой пары=24°C. *Ta* шестой пары=27°C. *Ta* седьмой пары= 19°C. Условия электрофореза: 100 минут при 70 В в 1х ТАЕ буфере

УДК 636.085:663(212.3)

ОСЕННИЙ КРИОКОРМ – УНИКАЛЬНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НА СЕВЕРЕ

В.В. Нохсоров, А.А. Перк, К.А. Петров

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия
Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия,
nohvasyavas@mail.ru, kap_75@bk.ru

Ключевые слова: травянистые растения, холодовое закаливание, криокорм, питательная ценность.

Особую актуальность в условиях Севера представляет изучение эколого-физиологических и биохимических особенностей формирования криорезистентности осенневегетирующих травянистых растений. Формирование высокой устойчивости растений к низкотемпературному стрессу происходит в результате холодового закаливания, когда они переходят из вегетирующего в морозостойкое состояние. На разных этапах онтогенеза способность к закаливанию неодинакова: она тем меньше, чем ближе растение к репродуктивной фазе. Практическую значимость имеет то, что в летне-осенний период в условиях высоких широт именно отава, отросшая на сенокосах и пастбищах после скашивания и стравливания злаковых и осоковых кормовых трав, является ценным нажировочным кормом для местных растительноядных животных.

При благоприятных условиях осени (сентябрь) отава, подвергаясь холодовому закаливанию, сохраняется до начала зимы в зеленом виде и в таком состоянии уходит под снег. Это связано с тем, что холодовая адаптация осенневегетирующих отав к холоду приводит к накоплению в них самых энерго- и материалоемких питательных (белки, углеводы, жиры), а также высоко- и низкомолекулярных антиоксидантных веществ. В составе мембран возрастает уровень фосфолипидов. Повышается содержание ненасыщенных жирных кислот, главным образом, незаменимых полиненасыщенных жирных кислот – линолевой и альфа-линоленовой, что показано в наших работах [1, 2].

Среди механизмов адаптации к действию пониженных температур – синтез ряда стрессовых белков, к которым относят десатуразы, дегидрины, а также белки холодового шока. Они разобщают окислительное фосфорилирование. Возрастает альтернативный путь дыхания, усиливающий рассеивание энергии в виде тепла, что, по-видимому, также является одной из основных причин консервации питательных и биологически активных веществ.

Таким образом, процесс адаптации травянистых растений к холоду непосредственно связан с формированием их высокой питательной ценности, особенно у осенневегетирующей растительности, состоящей из отав кормовых трав, замороженных естественным холодом. Эти корма во многом и обеспечивают жизнедеятельность не впадающих в спячку и зимне-спящих растительноядных животных в условиях экстремально холодного зимнего периода, характерного для мерзлотных экосистем. В этой схеме взаимосвязей особую роль, по-видимому, играют образующиеся из незаменимых жирных кислот – линолевой и альфа-линоленовой – длинноцепочечные (в первую очередь, эйкозапентаеновая и эйкозагексаеновая), являющиеся предшественниками многочисленных биологически активных веществ. Имеются достаточно убедительные доказательства того, что указанные выше полиненасыщенные жирные кислоты, содержащиеся в местных мясных продуктах, способны предотвращать сердечно-сосудистые и другие заболевания человека, улучшая качество жизни населения на Севере. Помимо непосредственного использования отавы многолетних трав в осенне-зимний период, эффективным является поздний посев (середина лета) овса и других холодостойких однолетних культур, накапливающих в результате осеннего закаливания значительное количество питательных и биологически активных веществ и уходящих под снег в зеленом состоянии, что также позволяет создать уникальную биотехнологию для производства зеленого криокорма.

Литература

1. Petrov, K.A. Linoleic and other fatty acids, cryoresistance, and fodder value of Yakutian plants // Linoleic acids. Sources, biochemical properties and health effects / K.A. Petrov, A.A. Perk, V.A. Chepalov V.A. Chapter IV. Ed. I. Onakpoya. – N.Y.: Nova Science Publishers. – 2012. – P. 83-96.

2. Petrov, K.A. The role of plant fatty acids in regulation of the adaptation of organisms to the cold climate in cryolithic zone of Yakutia / K.A. Petrov, L.V. Dudareva, V.V. Nokhsorov et al // J. Life Sci. – 2016. – V. 26. – № 5. – P. 519-530.

УДК 581.15

ВНУТРИВИДОВАЯ И МЕЖВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РОДА DRACOCEPHALUM

А.К. Семенова, Ж.М. Охлопкова

Северо-Восточный федеральный университет им М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, climentevna1997@mail.ru

Ключевые слова: *фенетика, генетическое разнообразие, изменчивость, Якутия, Lamiaceae, Dracocephalum.*

Род *Dracocephalum* L. объединяет ценные декоративные и эфиромасличные растения и насчитывает более 70 видов на планете [1]. В последнее время большое внимание уделяется роду *Dracocephalum* и его химическим компонентам из-за их противоопухолевой, антиоксидантной, антигипоксической и иммуномодулирующей активности [2]. Их лекарственные свойства обусловлены также содержанием в надземной части растений биологически активных веществ – карденолидов, алкалоидов, дубильных веществ, кумаринов, флавоноидов [3].

В связи с практическим применением змееголовников представляется акутальным изучение их внутривидовой и межвидовой изменчивости. Целью данной работы явилось изучение межвидовой и внутривидовой изменчивости представителей рода *Dracocephalum*, произрастающих на территории Якутии.

Для создания коллекции образцов ДНК был собран растительный материал 5 видов рода *Dracocephalum*. Сбор материалов проводили на территории Амгинского, Оймяконского районов Якутии, на территории Якутского ботанического сада из плантаций интродуцированных растений. Образцы ДНК экстрагировали из листьев, высушенных на силикагеле. После произведения количественной и качественной оценки образцы ДНК подвергались амплификации. Мы применили подход RAPD, который является одним из молекулярных маркеров, широко используемых для изучения генетического разнообразия в растениях и изучения видовых отношений [4].

Амплификация проведена на термоциклере (BioRad C1000™ Thermal Cycler) с программой начальной стадии денатурации в течение 5 минут

при 95°C, при 45 циклах денатурации при 95°C в течение 15 секунд, при отжиге праймеров в течение 10 сек. при 50°C и элонгации в течение 1 минуты при 65°C. Финальная элонгация была выполнена при 72°C. Амплификаты были разделены в 2%-м агарозном геле, в 1x TAE буфере при 70В в течение 100 минут и затем окрашены бромистым этидием (0,5μg/ml). Гель с фрагментами амплификации визуализировали в системе гель-документирования. Полученные результаты показали наличие определенных маркерных бендов в представителях рода.

Литература

1. Буданцев, А.Л. Виды рода Dracocephalum L. флоры СССР : автореф. дис. ... канд. биол. н. / А.Л. Буданцев. – Ленинград : ЛГУ, 1987. – С. 22.

2. Zeng, Q. Chemical Constituents of Plants from the Genus / Zeng, Q., Jin HZ, Qin JJ, Fu JJ, Hu XJ, Liu JH, Yan L, Chen M, Zhang WD *// Dracocephalum*. Chem Biodiversity 7:1911-1929.

3. Буданцев, А.Л. Химический состав и полезные свойства видов Dracocephalum L. флоры СССР. Сообщ. 2 / А.Л. Буданцев, А.Л. Шаварда // Растительные ресурсы. – 1987. – Т. 23. – Вып. 2. – С. 287-295.

4. Boagini, P. Identification of olive tree cultivars by using Random Amplified Polymorphic DNA / P. Boagini, D. Cavalieri, R. Petruccelli, G. Roselli (1994) // Acta Hort 356:98-101.

УДК 631.53.011.2:633.88:58.006(571.56)

ПОЛЕВАЯ ВСХОЖЕСТЬ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ЯКУТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

В.В. Семенова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
пр. Ленина, 41, г. Якутск, Россия, vvsemenova-8@yandex.ru

Ключевые слова: *полевая всхожесть, Якутский ботанический сад, лекарственные растения, коллекция лекарственных растений.*

В последнее время увеличились заболевания, связанные с использованием синтетических лекарственных препаратов. Часто стали встречаться такие заболевания, как сердечно-сосудистые, онкологические, ожирение, сахарный диабет и др. Синтетические препараты зачастую убирают только симптомы заболеваний, переводя болезни в хронические. Природные препараты, близкие к организму человека, действуют мягко и не имеют побочных эффектов. Поэтому актуально стало выращивать лекарственные растения на дачных участках и в специализированных питомниках.

Целью исследования является изучение полевой всхожести лекарственных растений в условиях Центральной Якутии.

Объектами исследования были 13 лекарственных растений, из них 10 видов из флоры Якутии: ромашка приполярная, подорожник большой, патриния сибирская, кровохлебка лекарственная, валериана очереднолистная, пижма обыкновенная, родиола розовая, чистотел большой, вероника седая, синюха кистистая и 3 инорайонных вида – бурачник лекарственный, шлемник байкальский, бадан толстолистный. Источником семян были материнские растения, которые испытываются в условиях культуры в коллекции лекарственных растений Якутского ботанического сада.

Семена были собраны в 2014 г. и в этот же год осенью был проведен подзимний их посев в 4 повторностях по 100 шт. По результатам полученных данных в полевых условиях семена некоторых видов из флоры Якутии (вероники седой, кровохлебки лекарственной, родиолы розовой)

не проросли. Вероятно, для пробуждения этих семян от физиологического покоя нужны дополнительные мероприятия, такие как стратификация, скарификация и др. Наиболее высокие значения полевой всхожести из исследуемых видов были у синюхи кистистой (52,25%) и валерианы очереднолистной (36,25%). В исследованиях В.В. Семеновой (2006) у валерианы очереднолистной в условиях Якутии полевая всхожесть была от 6,64 до 65,4% в зависимости от срока и нормы высева. Высокую лабораторную и полевую всхожесть показывают свежесобранные семена. В наших исследованиях у остальных дикорастущих видов Якутии (патринии скальной, пижмы обыкновенной, подорожника большого, ромашки приполярной и чистотела большого) были низкие значения – 2,75–18,0%.

Из инорайонных видов в результате исследования высокие значения полевой всхожести показали семена шлемника байкальского (45,5%), низкие – бурачника лекарственного (2,75%) и не дали всхожести семена бадана толстолистного.

Таким образом, полевая всхожесть семян у исследованных лекарственных растений – ниже среднего. Для получения высокого урожая сырья лекарственных растений в условиях Крайнего Севера в зависимости от вида и его всхожести следует увеличить норму высева в 2–10 раз и использовать дополнительные мероприятия по выведению семян из физиологического покоя.

Литература

Семенова, В.В. Поливариантность онтогенеза *Valeriana alternifolia* Ledeb. и структура ее природных ценопопуляций в Якутии / В.В. Семенова, П.С. Егорова. – Новосибирск : Наука, 2013. – 111 с.

УДК 581.6:615.014

ИЗУЧЕНИЕ БИОАКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛЫНИ ЯКУТСКОЙ

С.В. Сивцева, И.П. Цыпандина

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, SV.Sivtseva@mail.ru

Ключевые слова: *Artemisia yacutica Drob., Якутия, биологически активные вещества, экстракты, тест-культуры, фитопрепараты.*

Применение биологически активных соединений растительного происхождения в настоящее время имеет ряд преимуществ по сравнению с синтетическими лекарственными препаратами. Поиск новых источников растительного происхождения является актуальной проблемой биомедицины, биотехнологии, агрономии и фармакологии. Особый интерес исследователей привлекают экстракты растений. Активность экстрактов обусловлена наличием в них определенных химических веществ. Это действующие биологически активные вещества, имеющие разнообразный состав и относящиеся к различным классам химических соединений (флавоноиды, гликозиды, сапонины, витамины, фитогормоны и т.д), которые обладают различными свойствами (антибактериальными, антигрибными, антиоксидатными и другими) [1; 5; 6; 7; 8]. Среди интересных представителей можно отметить род *Artemisia.* Анализ качественного состава и антибактериальной активности сухих экстрактов и эфирного масла *Artemisia yacutica* Drob., произрастающей на территории экологически чистых природных фитоценозов Центральной (ЦЯ) и Южной Якутии (ЮЯ), является целью данной работы.

Надземная фитомасся *Artemisia yacutica* Drob. была собрана на территории центральной части (N 60˚31′09.0″, E 131˚26′26.7″) и южной части Якутии (N 59°28′09″, E 119°17′37″) с 2011 по 2017 г. в соответствии с общепринятыми ГОСТ [2; 4] в течение периода с июня по август. После камеральной обработки фитомасса высушивается открытым способом в хорошо вентилируемом помещении. Высушенная фитомасса подвергается измельчению [3] с помощью ступки и пестика и профильтрована

через сито диаметром 1 мм, хранится в маркированных пакетах из крафта в холодильных условиях.

Сухие экстракты из надземной фитомассы получены концентрированием на роторном испарителе и сушкой на лиофилизаторе метанольных извлечений, полученных на перемешивающем устройстве в течение 48 ч. и профильтрованных через антибактериальный фильтр. Качественный анализ сухих экстрактов выполнен с помощью ТСХ на пластинах Sorbfil и выявил: парами NH_3 – коричные кислоты; 3%-м спиртовым раствором $FeCl_3$ – флавоноидные, 10%-м спиртовым раствором NaOH – терпеноидные, 10%-м раствором КОН с нагреванием – кумариновые, с парами J – сапониновые, парами HCl – дубильные соединения.

Оценка антибактериальной активности экстрактов выполнена диско-диффузионным методом посева тест-культур *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* BL21 и *Klebsiella pneumoniae* ATCC 1003 с ДМСО (контрольные линии), с экстрактами полыни якутской (опытные линии). По отношению к кокковой микрофлоре активность показал экстракт из полыни, произрастающей в условиях ЮЯ, в траве которой преобладает содержание флавоноидов, сапонинов и кумаринов по сравнению с образцами из ЦЯ (задержка роста тест-культуры на 17,35% по сравнению с контролем). Данный экстракт оказался активным и по отношению к кишечной палочке (18,5%). По отношению к двум палочковидным тест-культурам активностью отличается экстракт из полыни, произрастающей в условиях ЦЯ (18-20%), в траве которой преобладает содержание терпеноидов, алколоидов, дубильных веществ и коричных кислот.

Эфирное масло из надземной фитомассы полыни якутской, полученное парофазным методом, показало высокую активность по отношению к *Staphylococcus aureus* (задержка роста на 90-95% по сравнению с контролем) и к *Klebsiella pneumoniae* (на 85%). К двум тест-культурам эфирное масло не проявило активности. Качественный анализ эфирного масла из полыни якутской (ЦЯ) на ВЭЖХ-МС показал преобладание пиненов, цинеола, хамазулена и бисаболола.

Сравнение результатов показывает перспективность применения эфирного масла *Artemisia yacutica* Drob. Якутии к разработкам профилактических и лекарственных средств антибактериального действия.

Литература

1. Батаева, Ю.В. Исследование рост стимулирующей и фунгицидной активности циано-бактериальных сообществ из экосистем Астраханской области / Ю.В. Батаева // Естественные науки – 2011. – № 3 (36). – С. 81-86.

2. ГОСТ 6077-80. Сырье лекарственное растительное. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.

3. ГОСТ 24027-1-80. Определение подлинности сырья, измельчённости, содержания примесей. – Москва, 1982. – 25 с.

4. Государственная фармакопея СССР. II-е изд. Вып 2. – Москва, 1990. – 400 с.

5. Запрометов, М.Н. Фенольные соединения / М.Н. Запрометов. – Москва : Наука, 1993. – 272 с.

6. Carratu, B. Sostanze biologicamente attive presenti negli di origine vegetali / Brunella Carratu, Elisabetta Sanzini // Ann Ist Super Sanita. – 2005. – № 41(1).

7. Egorov, M.A. Antioxidant action of biologically active substance of brassinosteroids class – phytohormone epibrassinolide / M.A. Egorov // Biotechnology in Medicine, Foodstuffs, Biocatalysis, Environmment and Biotechnology. – New-York : Scince Nova Publishers, 2010. – P. 23-31.

8. Шаршунова, М. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии / М. Шаршунова, В. Шварц, И. Михайлец. – Москва, 1980.

УДК 581.1

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВИОЛАКСАНТИНОВОГО ЦИКЛА ПРИ ХОЛОДОВОЙ АДАПТАЦИИ ХВОИ PINUS SYLVESTRIS

В.Е. Софронова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
пр. Ленина, 41, г. Якутск, Россия, vse07_53@mal.ru

Ключевые слова: *Pinus sylvestris, виолаксантиновый цикл, низкие температуры.*

Снижение фотосинтеза у вечнозеленых хвойных растений в осенний период сопровождается адаптацией процессов нефотохимического тушения в антенных комплексах ФС II, что позволяет избежать накопления избыточной световой энергии и генерации АФК в хлоропластах [1]. Хорошо известно, что они тесно связаны с функционированием виолаксантинового цикла (ВКЦ).

В данной работе проведены комплексные исследования процессов нефотохимического тушения в ССК (светособирающий комплекс) ФС II и пигментного состава при холодовой адаптации хвои *P. sylvestris* в естественных условиях Центральной Якутии. Для этого отслеживали пигментный состав и определяли *in vivo* в полевых условиях параметры флуоресценции хлорофилла (ФХ): ϕ_{PSII}, ϕ_{NPQ}, $\phi_{f,\ D}$ – квантовые выходы фотохимического, нефотохимического тушения и конститутивных (нерегулируемых) потерь энергии. Эксперименты охватывали необходимые этапы формирования морозоустойчивого состояния растений – летнюю вегетацию, переход в состояние покоя, затем первую (днем около 2…10°С, ночью около 0…6°С) и начало второй фазы закаливания (среднесуточная температура от 0 до –3..5°С). Исследования проводили на территории Ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (62°15′ с.ш., 129°37′ в.д.). Содержание Кар (каротиноидов) определяли спектрофотометрически. Анализ состава каротиноидов (Кар) проводили методом ВЭЖХ [2]. Параметры Фл Хл определяли с помощью флуориметра PAM-2500 («Walz», Германия) [3].

Сумма Кар в течение экспериментов практически не изменялась и варьировала в пределах 0.42…0.45 мг/г сухой массы. Основные изменения в составе Кар наблюдали в сентябре (рис. 1).

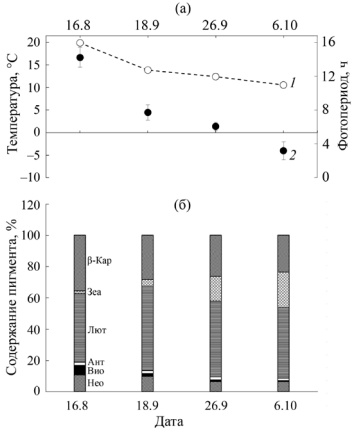


Рис. 1. Динамика содержания индивидуальных каротиноидов (% от суммы каротиноидов) в хвое текущего года *P. sylvestris* при сезонном снижении фотопериода (*1*) и ночной температуры (*2*)

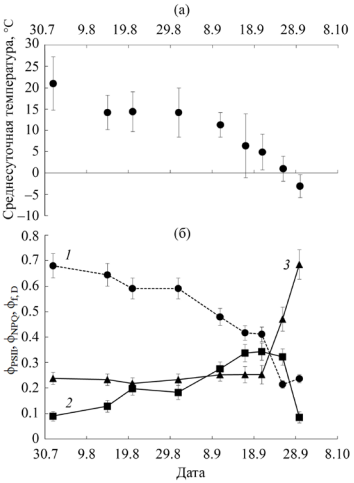


Рис. 2. Сезонные изменения среднесуточной температуры (а) и параметров фотохимического и нефотохимического тушения (б) в хвое первого года *P. sylvestris*. Индукцию ϕ_{PSII} (*1*), ϕ_{NPQ} (*2*) и $\phi_{f,D}$ (*3*) запускали актиничным светом интенсивностью 250 мкмоль фотонов/(м^2 с). Измерения флуоресценции проводили на неотделенной хвое в полевых условиях. Все приведенные данные представляют среднее ±SD (n = 3–5)

qE ($\phi_{NPQ} \approx \phi_{qE}$) тушение, с которым тесно связано функционирование ВКЦ, включает несколько ключевых элементов: рост транстилакоидного ΔpH, изменение свойств антенных пигмент-белковых комплексов (ПБК) и аккумуляцию/активацию тушителей (PsbS белок, Зеа, Лют) [1]. Динами-

ка изменения ϕ_{NPQ} показала наличие трех последовательных фаз (рис. 2): 1) постепенное повышение до максимальных значений с середины августа до середины сентября; 2) сохранение стабильно высоких значений 0,32…0,34 в сентябре при понижении среднесуточной температуры от 6,4 до 1°С; 3) быстрое падение в конце сентября, когда среднесуточные температуры понижались до 0…−3°С. Увеличение ϕ_{NPQ} во второй половине августа, начале сентября обусловлено сменой фаз годичного ростового цикла *P. sylvestris* при сокращении фотопериода.

Мы предполагаем, что адаптивные изменения в макроструктурной организации антенных ПБК ФС II, циклический электронный транспорт вокруг ФС I позволяют поддерживать высокие значения ϕ_{NPQ} в конце второй и начале третьей декад сентября при низких положительных температурах (+1...+6°С) (рис. 2). При переходе через 0°С ФС II резко ослабевали процессы нефотохимического тушения (ϕ_{NPQ}), одновременно резко возрастали величина конститутивного (pH-независимого) тушения $\phi_{f,D}$ (рис. 2) и содержание Зеа (рис. 1). При этом регулируемое светом *qE* тушение быстро сменяется не зависимыми от света конститутивными формами тушения с участием Зеа и Лют. Функционирование ВКЦ переходит из летнего в «зимний» режим.

Литература

1. Ensminger, I. Photostasis and cold acclimation: sensing low temperature through photosynthesis / I. Ensminger, F. Busch, N.P.A. Huner // Physiol. Plant. – 2006. – V. 126. – P. 28–44.

2. Gilmore, A.M. Resolution of lutein and zeaxanthin using a non-endcapped, lightly carbon loaded C18 high performance liquid chromatographic column / A.M. Gilmore, H.Y. Yamamoto // J. Chromatogr. – 1991. – V. 35. – P. 67–78.

3. Klughammer, Chr. Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method / Chr. Klughammer, U. Schreiber // PAM Application Notes. – 2008. – V. 1. – P. 27–35.

УДК 631.529:634.72(571.56)

ИНТРОДУКЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ СВФУ

И.Г. Трофимова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, botsad_nefu@mail.ru

Ключевые слова: *растительные ресурсы, древесные растения, интродукция, коллекция, ботанический сад, Якутия.*

В Ботаническом саду Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова фундаментальные и прикладные исследования направлены на сохранение, изучение и обогащение генофонда растительных ресурсов природной и культурной флоры (Борисова, Иванова, 2015; Интродукция …, 2017). В 2001 г. были подведены первые итоги многолетнего эксперимента, проанализированы и обобщены результаты интродукции в условиях Центральной Якутии, выявлены закономерности поведения растений в культуре (Кадастр, 2001). На основе оценки интродукционных возможностей показана высокая перспективность выращивания в условиях культуры как местных, так и инорайонных видов деревьев и кустарников. Результаты исследований послужили серьезной основой для разработки путей озеленения северных городов и поселков республики.

Основой для решения фундаментальных и прикладных задач являются специальные коллекции живых растений, позволяющие наиболее эффективно вести научную, образовательную и практическую деятельность. В настоящее время продолжаются работы по привлечению в культуру новых видов и сортов древесных растений для интродукции в условиях Якутии. В таблице 1 указаны таксоны основной коллекции, выращиваемые 5 и более лет. Наибольшим разнообразием отличаются семейства *Rosaceae*, *Caprifoliaceae*, *Fabaceae*, *Grossulariaceae* и *Oleaceae*.

Таблица 1

Состав коллекции древесных растений Ботанического сада СВФУ (2017 г.)

Семейство	Число		
	родов	видов	форм, сортов
Aceraceae Juss. – Кленовые	1	3	
Araliaceae Juss. – Аралиевые	1	1	
Berberidaceae Juss. – Барбарисовые	1	7	
Betulaceae S.F. Gray. – Березовые	1	2	
Caprifoliaceae Juss. – Жимолостные	1	14	4
Cornaceae Dumort. – Дереновые	1	1	
Cupressaceae Rich. ex Bartl. – Кипарисовые	1	2	
Elaeagnaceae Juss. – Лоховые	1	1	1
Ericaceae Juss. – Вересковые	1	1	
Fabaceae Lindl. – Бобовые	1	7	3
Grossulariaceae DC – Крыжовниковые	2	10	5
Hydrangeaceae Dumort. – Гортензиевые	1	1	
Juglandaceae A. Rich. ex Kunth – Ореховые	1	1	
Menispermaceae Juss. – Лунносемянниковые	1	1	
Oleaceae Hoffmgg. & Link – Масличные	2	14	
Pinaceae Lindl. – Сосновые	4	4	1
Ranunculaceae Juss. – Лютиковые	2	5	
Rosaceae Juss. – Розоцветные	16	52	5
Salicaceae Mirb. – Ивовые	1	1	
Sambucaceae Batsch ex Borkh. – Бузиновые	1	3	
Solanaceae Juss. – Пасленовые	1	1	
Viburnaceae Rafin. – Калиновые	1	1	
Tiliaceae –Липовые	1	1	

В коллекции 32 вида из 11 семейств, входят в Красные книги и охраняются в регионах Дальнего Востока и Сибири. К их числу относятся охраняемые в России виды *Armeniaca mandshurica* (Maxim.), *Cotoneaster alaunicus* Golitsin, *C. lucidus* Schltdl., редкие виды Якутии *Juniperus davurica* Pall. и *Sorbocotoneaster pozdnjakowii* Pojark., последний вид внесен в Красную книгу Российской Федерации. Интродукция в ботанических садах редких и исчезающих видов служит одним из способов их

охраны. Изучение биологии уязвимых растений позволяет разработать действенные меры по сохранению разнообразия флоры.

Результаты, полученные при анализе интродукционного эксперимента, позволят значительно расширить ассортимент декоративных, лекарственных, пищевых растений, отличающихся высокой устойчивостью и экологической пластичностью, пригодных для использования в Якутии.

UDC 581.1

ENZYMES OF XANTHOPHYLL CYCLE; A NEW FAMILY OF ENZYMES REQUIEING NON-BILAYER LIPIDS FOR THEIR ACTIVITY

K. Strzalka

Malopolska Centre of Biotechnology and Faculty of Biochemistry, Biophysics and Biotechnology, Jagiellonian University, Gronostajowa Str. 7A, Krakow, Poland, kazimierzstrzalka@gmail.com

Keywords: *de-epoxidation; diadinoxanthin; non-bilayer lipids; violaxanthin; xanthophyll cycle.*

Plants growing in natural environment are exposed to varying light conditions. For plants illuminated with high light overexcitation and photodamage is a serious problem as it leads to photoinhibition which impairs photosynthetic performance and productivity of plants resulting in economic losses. Especially sensitive to intensity of light is the photosynthetic apparatus. In high light, the photochemical reactions became saturated and the excess light energy absorbed by photosynthetic pigments is used to form reactive oxygen species (ROS) which may damage not only the components of the photosynthetic apparatus but also many other important molecules and processes of vital importance for plant growth and performance (damage of plastid DNA, oxidation of unsaturated fatty acids etc.). On the other hand, in low light plants also reduce their photosynthetic performance and biomass production because of insufficient capture of photons. Therefore it is obvious that during evolution, plants created several mechanisms ensuring that optimal amount of light energy will be harvested to keep efficient work of the photosynthetic reaction centers in changing light conditions. Several such mechanism have evolved and they are operating on a different level of complexity (leaf orientation toward incident light, organelle movement and positioning in dependence of light intensity and finally several mechanisms operating at molecular level). Among molecular mechanisms the most important and widespread is the xanthophyll cycle [1]. It operates in such taxonomical groups of plants as angiosperms, gymnosperms, ferns, mosses

and several groups of algae. There are many variations of the xanthophyll cycle which differ in the chemistry and compounds involved [1].

The most common and widespread type of the xanthophyll cycle is the violaxanthin cycle where interconversion of three xanthophylls: violaxanthin, antheraxanthin and zeaxanthin takes place. In darkness and low light plants accumulate a di-epoxide xanthophyll, violaxanthin, which has an antenna function, harvesting light at the wavelengths not absorbed by chlorophylls. Excited violaxanthin transfers its electronic excitation energy to chlorophylls thus increasing the photosynthetic efficiency. In the conditions of excess of light violaxanthin is converted by the enzyme violaxanthin de-epoxidase (VDE) to a mono-epoxide, antheraxanthin, and further to zeaxanthin which is an epoxide-free xanthophyll [2]. Zeaxanthin, contrary to violaxanthin, does not play antenna function but protects the photosynthetic apparatus from photodamage by quenching the excess of excitation energy and scavenging the reactive oxygen species. In darkness, another enzyme, zeaxanthin epoxidase, converts zeaxanthin to violaxanthin via antheraxanthin as the intermediate step [3].

Violaxanthin de-epoxidase is a member of lipocalin family [4] and is localized in chloroplasts in the lumen of thylakoids. In darkness when the pH of the thylakoid lumen is about 7 the enzyme is non-active and is not associated with thylakoid membranes. During intensive photosynthesis proton pumps are activated and in a consequence the thylakoid lumen became acidified. Drop of pH to the value of about 5 triggers conformational changes of the enzyme molecule and converts it from inactive to active, membrane bound form. For its activity *in vitro*, apart of acidic pH, VDE requires also ascorbate as a reductant and presence of the lipid monogalactosyldiacylglycerol (MGDG). This particular lipid is necessary for the VDE activity because of its ability to form inverted hexagonal phases (H_{II} phase) [5]. The presence of such phase has a great impact on the process of de-epoxidation both *in vitro* and *in vivo*. H_{II} phase facilitates VDE binding, violaxanthin solubilization, diffusion and rotation of an intermediary product – anteraxanthin [5, 6, 7]. Interestingly, violaxanthin de-epoxidase is active also in the presence of phosphatidylethanolamine (PE), a charged phospholipid very different in chemical character from MGDG. The only common feature the MGDG and PE share is conical shape of their molecules hence they form in water the inverted hexagonal phases. On the contrary, in the presence of MGDG homolog,

digalactosyldiacylglycerol (DGDG) or phospholipid phosphatidylcholine (PC), which are bilayer forming lipids, no de-epoxidation activity is observed.

In vivo majority of violaxanthin molecules are bound to proteins at various sites where they are not accessible to the violaxanthin de-epoxidase. To be de-epoxidised violaxanthin must detach from its protein binding site and migrate to MGDG inverted phase domains where removal of epoxide groups by VDE takes place [8]. Acidification of thylakoid lumen during intensive photosynthesis and aggregation of the light-harvesting complex of photosystem II (LHCII) a promote and facilitate formation of MGDG inverted hexagonal phase to which violaxanthin has a higher affinity than to the bilayer part of thylakoids and where the de-epoxidation takes place [9, 10]. Phosphorus NMR and other techniques confirmed existence of non-bilayer lipid phases in thylakoid membrane under certain conditions [11].

Requirement of non-bilayer lipids for enzymatic activity is not restricted only to the VDE. Also diadinoxanthin de-epoxidase which participates in another type of xanthophyll cycle, the diadinoxanthin cycle present in diatoms, is active only in the presence of lipids forming inverted hexagonal phase. These two enzymes are the first members of a new family of enzymes which activity depends on the presence of non-bilayer lipids. These findings may be important for industrial use of certain enzymes.

References

1. Latowski D., Grzyb J., Strzalka K. The xanthophyll cycle – molecular mechanism and physiological significance. Acta Physiol. Plant. 2004, 26, 197-212.

2. Misra A.N., Latowski D., Strzalka K. Photosynthetic excitation pressure causes violaxanthin de-epoxidation in aging cabbage (*Brassica oleracea* L.) leaves. J. Life Sci. 2011, 5, 182-191.

3. Jahns P., Latowski D., Strzalka K. Mechanism and regulation of the violaxanthin cycle: the role of antenna proteins and membrane lipids. Biochim. Biophys. Acta 2009,17, 3-14.

4. Grzyb J., Latowski D., Strzalka K. Lipocalins – a family portrait. J. Plant Physiol. 2006, 163, 895-915.

5. Latowski D., Akerlund H.-E., Strzalka K. Violaxanthin de-epoxidase, the xanthophyll cycle enzyme, requires lipid inverted hexagonal structures for its activity. Biochemistry 2004, 43, 4417-4420.

6. Goss R., Lohr M., Latowski D., Grzyb J., Vieler A., Wilhelm Ch., Strzalka K. Role of hexagonal structure forming lipids in diadinoxanthin and violaxanthin solubilization and de-epoxidation. Biochemistry 2005, 44, 4028-4036.

7. Goss R., Latowski D., Grzyb J., Vieler A., Lohr M., Wilhelm Ch., Strzalka K. Lipid dependence of diadinoxanthin solubilization and de-epoxidation in artificial membrane systems resembling the lipid composition of the natural thylakoid membrane. Biochim. Biophys. Acta 2007, 1768, 67-75.

8. Schaller S., Latowski D., Jemioła-Rzeminska M., Wilhelm C., Strzalka K., Goss R. The main thylakoid membrane lipid monogalactosyldiacylglycerol (MGDG) promotes the de-epoxidation of violaxanthin associated with the light-harvesting complex of photosystem II (LHCII). Biochim. Biophys. Acta 2010, 1797, 414-424.

9. Schaller S., Latowski D., Jemiola-Rzeminska M., Dawood A., Wilhelm C., Strzalka K., Goss R. Regulation of LHCII aggregation by different thylakoid membrane lipids. Biochim. Biophys. Acta 2011, 1807, 326-335.

10. Schaller-Laudel S., Latowski D., Jemiola-Rzemińska M., Strzalka K., Daum S., Bacia K., Wilhelm C., Goss R. Influence of thylakoid membrane lipids on the structure of aggregated light-harvesting complexes of the diatom *Thalassiosira pseudonana* and the green alga *Mantoniella squamata.* Physiol. Plantarum 2017, 160, 339-358.

11. Haranczyk H., Strzalka K., Dietrich W., Blicharski J.S. ^{31}P-NMR observation of the temperature and glycerol induced non-lamellar phase formation in wheat thylakoid membranes. J. Biol. Phys. 1995, 21, 125-139.

УДК 635.63:581.175

РОСТ, РАЗВИТИЕ, ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЛА У РАСТЕНИЙ

В.Н. Хрянин

Пензенский государственный университет,
ул. Красная, 40, г. Пенза, Россия, viktor.khryanin@gmail.com

Ключевые слова: *пол растений, дифференциация, эволюция.*

Еще в доисторический период, когда были созданы основные культурные растения, человек уже понял, что растения размножаются половым путем, как и животные. Об этом говорят памятники культуры в Вавилонии и Египте. В частности, на барельефе IX века до н.э. изображено искусственное опыление финиковой пальмы. Земледельцы знали, что для получения фиников необходимо опыление женских цветков пыльцой из мужских. Т.е. они понимали, что у растений одного и того же вида имеются разные типы цветков. В Древней Руси, видимо, также знали о существовании у растений двух полов и понимали их функции, называя женские растения «матерка», а мужские – «посканью». Философы Эмпедокл (483-423 до н.э.), Аристотель (384-322 до н.э.), Фэофраст (370-286 до н.э.) впервые указали на наличие пола у растений. Большой вклад в раскрытие проблемы пола внесли Р. Камерариус, К. Линней, И. Кёльрейтер, а из отечественных ученых: И.А. Двигубский, С.Г. Навашин, Н.И. Вавилов, Е.Г. Минина, Л.И. Джапаридзе, Г.Х. Молотковский, Н.Н. Гришко, И.Н. Львова, С.С.Хохлов, А.Г. Сидорский и др.

Первоначально Л.С.Берг (1925) высказал мысль о том, что мужским и женским организмам свойственны гормоны, являющиеся общими для высших животных и растений. Затем М.Х. Чайлахян (1937) предположил наличие половых гормонов у растений во время перехода их от вегетации к цветению. Открытие половых гормонов у животных (Brown-Sequard M., 1889) натолкнуло ученых на мысль о возможном их существовании у растительных организмов. По мере того, как открывались фитогормоны и доказывалась роль в процессах роста и развития, появились данные об их участии в процессах цветения и проявления пола.

Использование интегральной модели и метода водных культур с введением в среду ауксинов, гиббереллинов, абсцизовой кислоты в присутствии и отсутствии адвентивных корней или листьев позволило выяснить роль органов и синтезируемых в них фитогормонов в определении признаков пола у растений (корни, в которых синтезируются цитокинины – в проявлении женского пола, листья, в которых образуются гиббереллины – мужского). Действие других фитогормонов опосредовано через стимуляцию и ингибирование активности этих важнейших фитогормонов. Подобные результаты были получены нами и в опытах с культурой зародышей растений. Методами иммунохимического и хроматографического анализа, раздельной и совместной обработки фитогормонами и ингибиторами нуклеинового и белкового синтеза показано, что действие гиббереллинов и цитокининов на проявление признаков пола происходит на разных уровнях регуляции синтеза белка. Обнаруженные специфические белки и цитокинины у женских растений позволяют говорить об образовании между ними гормон-акцепторного комплекса, который регулирует активность генов, ответственных за проявление признаков женского пола. Если учесть, что путь образования гиббереллинов и животных половых гормонов одинаков (из ацетата через мевалоновую кислоту, сквален и т.д.), то вполне логично отнести гиббереллины к мужским половым гормонам. К тому же их структура близка к андрогенам. Действие фитогормонов зависит от компетенции клеток апексов стебля на разных этапах онтогенеза. Дифференциация пола тесно связана с процессами роста и развития растений, но строгой корреляции не обнаруживается. Хотя стимуляция роста под влиянием ГК ведет к проявлению признаков мужского пола, а ингибирование этого процесса под действием ЦТК и АБК – к женской сексуализации.

Что касается полового диморфизма, то его нельзя считать только приспособительным признаком, который появился в процессе эволюции. Несомненно, это и следствие физиолого-биохимической разнокачественности мужских и женских организмов. Выявление полового диморфизма древних растений может также указывать, что онтогенез палео- и сохранившихся растений был сформирован в различных экологических условиях. В этом отношении интересные данные С. Яшиной и др. (2012) о культуре ткани семян смолевки узкой *(Silene stenophylla Ledeb),* пролежавших там ≈ 32 тысячи лет, которые они взяли в вечной

мерзлоте (Северная Якутия) на глубине 38 метров. У древних растений большинство первичных цветков были строго женские, а только затем были сформированы бисексуальные. Мы считаем, что низкие температуры (криоконсервация) способствовали синтезу цитокининов, определяющих женскую сексуализацию, и это соответствует нашей эколого-гормонально-генетической концепции проявления признаков пола у растений. Согласно этой концепции, влияние экологических факторов реализуется через воздействие на эндогенную гормональную систему, которая в свою очередь взаимодействует с генетическим аппаратом и обуславливает проявление пола у растений.

Мы проводили эксперименты на двудомных растениях и однодомных с раздельнополыми цветками. Но пока трудно сказать, как происходит проявление пола у растений с бисексуальными и гермафродитными цветками. Видимо, у таких растений вместо преобладания того или иного гормона (ЦТК>ГК или ГК>ЦТК) существует определенный (тонкий) баланс фитогормонов, который и приводит к бисексуальному цветку. Широкое распространение гермафродитных цветков позволяет думать, что требуемый баланс не столько относительный, сколько контролируемый какими-то стабилизирующими факторами. При широкой вариации соотношений гормонов у специфически мужских и женских цветков трудно предположить, что точный баланс, необходимый для гермафродизма, будет происходить так часто без какого-то специально регулирующего воздействия. Рассматривая необычную роль гормонов в проявлении пола у растений, мы имеем дело не только с их функцией на молекулярном, клеточном уровнях, но и можем представить себе более широкую картину, распространяя взаимодействие фитогормонов на целое растение.

Подсекция.
СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 576.53

ПРЯМОЙ ВКЛАД КЛЕТОК MUSE В РЕГЕНЕРАЦИЮ ТКАНЕЙ

И.И. Бояров

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 48, г. Якутск, Россия, boyarov.kesha93@gmail.com

Ключевые слова: *мезенхимальные стволовые клетки (MSC), плюрипотентные стволовые клетки, Muse, костный мозг, мышцы, клеточная терапия.*

Стволовые клетки определяются как клетки, которые обладают способностью к самообновлению и дифференциации. В соответствии с их способностью дифференцировки стволовые клетки классифицируются как тотипотентные стволовые клетки, представленные оплодотворенными яйцами, которые способны генерировать как эмбриональные (все клетки тела, за исключением внеэмбриональных клеток), так и внеэмбриональные клетки (трофтодермальный, желточный мешок, амнион, и т.д.); плюрипотентные стволовые клетки, представленные внутренней клеточной массой, которые способны генерировать все клетки организма, такие как все клетки трех зародышевых слоев, за исключением внеэмбриональных клеток; мультипотентные стволовые клетки, которые генерируют некоторые, но не все клетки тела, которые могут включать один или два типа клеток линии; и унипотентные стволовые клетки, представленные мышечными стволовыми клетками, которые генерируют только один тип клеток [1].

Как нервные и гемопоэтические стволовые клетки, соматические стволовые клетки могут дифференцироваться в клетки, которые составляют ткань, в которой они находятся [2, 3]. Хотя изначально предполагалось, что соматические стволовые клетки не могут пересекать границы между тремя зародышевыми слоями (трансдифференцировка), эта догма была оспорена открытием потенциала дифференциации мезенхи-

мальных стволовых клеток (MSCs). MSC представляют собой соматические стволовые клетки, собранные из мезенхимальных тканей, таких как костный мозг (BM), жировая ткань, пуповина и зубная пульпа [4-7].

Первый отчет о дифференциации BM-MSCs в остеоцитах, хондроцитах и адипоцитах в присутствии цитокиновых коктейлей [5] вскоре сопровождался сообщениями о том, что MSC из почти всех типов мезенхимальной ткани способны дифференцироваться в клетки, представляющие все три зародышевых слоя путем введения гена или индукции цитокинов. Например, MSCs дифференцируют in vitro в эндотелиальные клетки, клетки сердечной мышцы, клетки скелетных мышц, гепатоциты, клетки нейронов, эпителиальные клетки, периферические глиальные клетки и инсулин-продуцирующие клетки [8-10]. Однако эффективность дифференциации MSCs обычно невелика, что указывает на то, что в дифференциации участвует лишь небольшая субпопуляция MSCs.

Muse-клетки экспрессируют маркеры плюрипотентности, способны генерировать клетки, представляющие все три зародышевых слоя из одной клетки, и их способность к тромбобластическому дифференцированию на уровне одной клетки воспроизводится в течение поколений, предполагая, что они самовосстанавливаются и сохраняют свою плюрипотентность. Поэтому эти клетки отвечают критериям для плюрипотентных стволовых клеток. Muse-клетки распределяются спорадически в соединительной ткани почти каждого органа и, похоже, не связаны со структурной нишей. Важно отметить, что клетки, отличные от клеток Muse, которые содержат MSC, не экспрессируют гены плюрипотентности и не пересекают границы олиголизеров между мезодермой, эктодермой и энтодермой. Другими словами, MSC могут быть четко разделены на ячейки Muse и non-Muse на основе их плюрипотентности.

Клетки Muse являются толерантными к стрессу и выражают некоторые факторы, связанные с переносимостью стресса. Поврежденная ткань обычно является очень враждебной средой, в которой физиологический гомеостаз нарушается гибелью клеток и инфильтрацией иммунологическими клетками. Предыдущие сообщения показали, что клетки Muse доставляют поврежденную ткань и выживают после интеграции, тогда как клетки, не содержащие Muse, – нет. Поэтому клетки Muse считаются подходящими стволовыми клетками для лечения острых или подострых фаз болезни, когда микроокружение является особенно враждебным.

Таким образом, клетки Muse уникальны своей способностью эффективно мигрировать и интегрироваться в поврежденную ткань, нетуморогенностью и способностью спонтанно дифференцироваться в клетки, совместимые с самонаводящейся тканью, делая индукцию в клетках-мишенях до трансплантации ненужной. Клетки Muse могут восстанавливать ткани двумя простыми стадиями: 1) сбор из мезенхимальных тканей, таких как BM, и 2) внутривенная инъекция. Поэтому клетки Muse с их впечатляющими регенеративными характеристиками могут обеспечить простую возможную стратегию лечения различных заболеваний. Кроме того, такой простой и доступный подход может снизить препятствие регенеративной медицине, позволяющее применять клеточную терапию в общей медицине.

Литература

1. Lovell-Badge, R. The future for stem cell research.2001.

2. Gage, F. H. Mammalian neural stem cells.2000.

3. Weissman, I. L.; Shizuru, J. A. The origins of the identification and isolation of hematopoietic stem cells, and their capability to induce donor-specific transplantation tolerance and treat autoimmune diseases. 2008.

4. Gimble, J.; Guilak, F. Adipose-derived adult stem cells: Isolation, characterization, and differentiation potential. 2003.

5. Pittenger, M. F.; Mackay, A. M.; Beck, S. C.; Jaiswal, R. K.; Douglas, R.; Mosca, J. D.; Moorman, M. A.; Simonetti, D. W.; Craig, S.; Marshak, D. R. Multilineage potential of adult human mesenchymal stem cells. 1999.

6. Shi, S.; Gronthos, S. Perivascular niche of postnatal mesenchymal stem cells in human bone marrow and dental pulp. 2003.

7. Uchida, H.; Morita, T.; Niizuma, K.; Kushida, Y.; Kuroda, Y.; Wakao, S.; Sakata, H.; Matsuzaka, Y.; Mushiake, H.; Tominaga, T.; Borlongan, C. V.; Dezawa, M. Transplantation of unique subpopulation of fibroblasts, muse cells, ameliorates experimental stroke possibly via robust neuronal differentiation. 2016.

8. Oswald, J.; Boxberger, S.; Jorgensen, B.; Feldmann, S.; Ehninger, G.; Bornhauser, M.; Werner, C. Mesenchymal stem cells can be differentiated into endothelial cells in vitro. Stem Cells 2004.

9. Makino, S.; Fukuda, K.; Miyoshi, S.; Konishi, F.; Kodama, H.; Pan, J.; Sano, M.; Takahashi, T.; Hori, S.; Abe, H.; Hata, J.; Umezawa, A.; Ogawa, S. Cardiomyocytes can be generated from marrow stromal cells in vitro. 1999.

10. Dezawa, M.; Ishikawa, H.; Itokazu, Y.; Yoshihara, T.; Hoshino, M.; Takeda, S.; Ide, C.; Nabeshima, Y. Bone marrow stromal cells generate muscle cells and repair muscle degeneration. 2005.

УДК 611.013

ПОДХОДЫ К РЕПРОГРАММИРОВАНИЮ СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК

А.А. Федоров, И.П. Троев

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, brusfed1994@mail.ru

Ключевые слова: *репрограммирование, стволовые клетки, соматические клетки, плюрипотентность, молекулярные механизмы.*

Возвращение соматической клетки в первоначальное плюрипотентное состояние может быть достигнуто такими способами, как перенос в ядро соматической клетки, слияние клеток и воздействие 4 факторов Oct4, Sox2, Klf4 и c-Myc, также известными как коктейль Яманаки [1]. Понимание молекулярных процессов, лежащих в основе, является критичным для создания высококачественных плюрипотентных клеток, и они могут быть полезны не только для терапевтических целей, таких как пересадка, но и исследование токсического действия препаратов. Кроме того, получение информации о процессах, происходящих в клетке, способствует пониманию фундаментальных вопросов о клеточной пластичности, идентичности клетки и гибели клетки.

Существуют следующие стратегии репрограммирования для получения ПСК (плюрипотентных стволовых клеток) с генетическим дефектом для воссоздания модели болезни. Это получение от здорового донора и от больного донора, клетки здорового донора проходят фертилизацию и развиваются до эмбриональных стволовых клеток, затем с помощью редакции генов или спонтанной хромосомной мутации получается человеческий ПСК, несущий генетический дефект. В свою очередь, у клеток больного донора есть два пути – фертилизация и репрограммирование соматических клеток. Рассмотрим подробнее репрограммирование – это воздействие с помощью ядерного переноса или с помощью определенных факторов, чтобы превратить их в ПСК [3]. Впервые это удалось совершить нобелевскому лауреату Синье Яманаке в 2007 г., используя взрослые дермальные фибробласты, веретеновидные синовиоциты и неонатальные фибробласты крайней плоти. Ученый использовал четыре

гена, которые показали лучшие результаты, чем другие гены, и получил конструкцию, соединенную с ретровирусом. Ретровирус осуществляет перенос и внедрение этих генов в ядро и геном фибробласта. При этом полученные клетки возвращались к исходному состоянию, т.е. эмбриональному. После этой работы началась череда открытий в использовании моделей плюрипотентных клеток для исследования болезней [4-6]. Эти работы раскрыли преимущества и недостатки индуцированных плюрипотентных стволовых клеток для изучения заболеваний, такие как диабет (первого типа) и использование эмбриональных клеток для скрининга в преимплантационном генетическом диагнозе болезни Хантингтона. Также раскрываются методы взращивания вместе с клетками, несущими генетический дефект. Рассматриваются методы взращивания клеток у пациентов с известным фенотипом и известным или неизвестным генотипом, включая нейродегенеративные, сердечные и другие заболевания. Учитывается, что плюрипотентные клетки пациентов могут служить отличной моделью для испытания лекарств на токсичность и поиск новых мишеней терапии, однако спонтанные мутации и дифференцирование в различные ткани могут помешать чистоте эксперимента.

Наибольшей сложностью при использовании плюрипотентных стволовых клеток является их широкая дифференциация в различные виды клеток, однако существует множество различных механизмов, которые следует изучить в будущем. Примером может послужить международное сотрудничество по вопросам репрограммирования и плюрипотентных стволовых клеток в целом [7, 8]. Также важны эпигенетические предпосылки образования клеток [9, 10].

Таким образом, репрограммирование соматических клеток является одним из перспективных направлений развития современной медицины, т.к. возможности неоценимы при разработке препаратов и индивидуализированной терапии.

Литература

1. Tachibana M. et al. Human embryonic stem cells derived by somatic cell nuclear transfer // Cell. – 2013. – № 6 (153). – P. 1228-1238.

2. Buganim, Yosef, Dina A. Faddah, and Rudolf Jaenisch. Mechanisms and Models of Somatic Cell Reprogramming // Nature reviews. Genetics. – 2013. – 14.6. – P. 427-439. PMC. Web. 17 Dec. 2017.

3. Avior Y., Sagi I., Benvenisty N. Pluripotent stem cells in disease modelling and drug discovery // Nature Reviews Molecular Cell Biology. – 2016. – N 3 (17). – P. 170-182.

4. Yamada M. et al. Human oocytes reprogram adult somatic nuclei of a type 1 diabetic to diploid pluripotent stem cells // Nature. – 2014. – 510. – P. 533-536.

5. Sterneckert J.L., Reinhardt P. & Scholer H.R. Investigating human disease using stem cell models // Nat. Rev. Genet. – 2014. -15. – P. 625-639.

6. Bellin M., Marchetto M.C., Gage F.H. & Mummery C.L. Induced pluripotent stem cells: the new patient? // Nat. Rev. Mol. Cell Biol. – 2012. -13. – P. 713-726.

7. Soares F.A., Sheldon M., Rao M., Mummery C. & Vallier L. International coordination of large-scale human induced pluripotent stem cell initiatives: Wellcome Trust and ISSCR workshops white paper // Stem Cell Rep. – 2014. – 3. – P. 931-939.

8. Paull D. et al. Automated, high-throughput derivation, characterization and differentiation of induced pluripotent stem cells // Nat. Methods. – 2015. – 12. – P. 885-892.

9. Polo Jose M. et al. A Molecular Roadmap of Cellular Reprogramming into iPS Cells // Cell. – 2012. – 151.7. – P. 1617-1632. PMC. Web. 19 Dec. 2017.

10. Liang Gaoyang, Yi Zhang. Embryonic Stem Cell and Induced Pluripotent Stem Cell: An Epigenetic Perspective // Cell Research. – 2013. – 23.1. – P. 49-69. PMC. Web. 19 Dec. 2017.

ЗАОЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

Секция 1.
БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.143.6

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАЛЛУСО- И МОРФОГЕНЕЗА В КУЛЬТУРЕ ТКАНИ ЯЧМЕНЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

С.Ш. Асадова[1, 2], З.А. Гарибов[2], А.М. Лабазанова[2], П.И. Гамбарова[3]

[1]Институт молекулярной биологии и биотехнологий НАН Азербайджана,
пр. Метбуат, 2А, г. Баку, Азербайджан, biotexnoloqaz@mail.ru
[2]Научно-исследовательский институт земледелия МСХ Азербайджана,
пос. Пиршаги, совхоз № 2, г. Баку, Азербайджан, zohrab_79@mail.ru
[3]Азербайджанский государственный аграрный университет МСХ Азербайджана,
пр. Ататюрка, 262, г. Гянджа, Азербайджан, pervin.qemberova@gmail.com

Ключевые слова: *ячмень, зрелый зародыш, каллусогенез, морфогенез.*

Ячмень играет важную роль в экономике сельского хозяйства Азербайджана, т.к. по площади выращивания зерновых культур занимает второе место. Урожайность ячменя непосредственно зависит от устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды и в зависимости от климатической зоны и года выращивания может значительно колебаться. Поэтому работы по созданию высокоурожайных сортов, устойчивых к полеганию, болезням, с требуемым качеством зерна на сегодняшний день остаются актуальными. Наряду с фенологическими и полевыми исследованиями различных сортов ячменя, начали проводиться исследования с применением технологии *in vitro*. Поскольку ранее в республике ячмень в культуру *in vitro* не вводился, на начальном этапе исследований, цель проводимых работ заключалась в разработке методических подходов для успешного получения клеточных культур и стабильной регенерации. Для решения данной задачи необходим подбор эксплантов, питательных сред и условий культивирования. Известно,

что традиционным эксплантом для зерновых культур является незрелый зародыш. Однако уже достаточное количество экспериментов проводится со зрелыми зародышами, зерновками [1; 2], фрагментами колоса [3]. Увеличение ассортимента используемых эксплантов, изучение их компетентности, определяющей тот или иной путь морфогенеза, интенсивность регенерации и, что самое главное, качество растений-регенерантов делает возможным осуществление экспериментов определенной направленности. Конечно, без подбора сбалансированной питательной среды выявить потенциал эксплантов невозможно. Поэтому ранее для разработки методических подходов в эксперименте использовались незрелые зародыши молочной и восковой спелости, зрелые зерновки, этиолированные проростки различных местных сортов ячменя, которые культивировались на питательных средах Мурасиге-Скуга и Гамборга (B_5) с увеличенным содержанием нитрата аммония и добавлением различных концентраций 2,4-Д (5; 2,5; 2 мг/л), БАП (0,5 мг/л), КИН (1; 01 мг/л) в разных вариантах [2; 4].

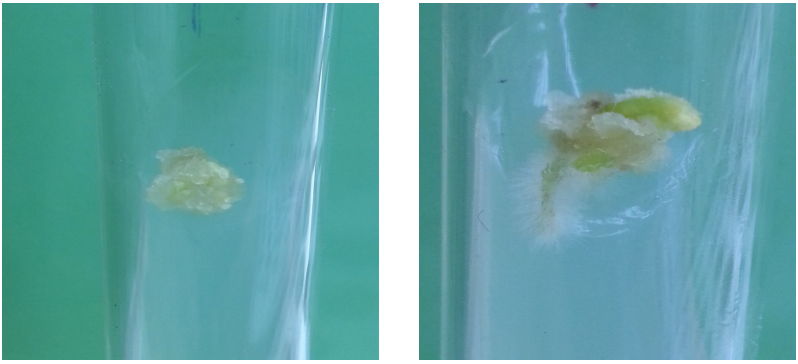
В этой работе представлены данные, полученные в экспериментах, где в качестве эксплантов использованы зрелые зародыши сортов: Гудратли 48, Джалилабад 19, Нахчевандани, Бахарлы, Даянатли. Сорта различаются по числу рядов, устойчивости к мучнистой росе, гельминтоспориозу и ринхоспориозу.

Перед вычленением зародышей стерилизация зерновок проводилась в 2 вариантах: 1 вариант – 15-минутная стерилизация в 50% серной кислоте, 5-минутная – в 70 % этаноле, 18-минутная – в 5% гипохлорите натрия; 2 вариант: 5-минутная стерилизация в 70 % этаноле, 18-минутная – в 5% гипохлорите натрия. После каждой смены стерилизующего раствора зерновки 3-4 раза промывались дистиллированной водой. Извлеченные зародыши высаживались на 2 варианта среды для каллусогенеза с 50-кратно увеличенным содержанием $CuSO_4$, добавлением гидролизата козеина, 2,4-Д+БАР (1вариант) и 2,4-Д+КИН (2 вариант). Культивирование осуществлялось в темноте и на свету при температуре 26°С. При индукции морфогенеза культивирование проводили на свету при температуре 26°С.

Ранее проведенные нами работы показали, что незрелые и зрелые зародыши используемых сортов ячменя на средах для индукции каллусогенеза имели тенденцию к прорастанию при культивировании их

в темноте [2; 4]. Увеличенное количество сульфата меди и гидролизата козеина добавлялось с целью предотвращения прорастания зародышей и выявления условий, благоприятных для индукции каллусо- и морфогенеза. Учитывалось влияние на эти процессы композиции фитогормонов. Содержание зародышей в темноте и в условиях освещенности также имело целью выявить оптимальные условия культивирования.

Наблюдениями выявлено определенное преимущество второго варианта питательной среды, содержащей в качестве фитогормонов 2,4-Д и кинетин. При культивировании зародышей в одинаковых условиях освещения и температуры во втором варианте опыта случаев прорастания было несколько меньше. Если и наблюдалось прорастание зародыша, то оно сопровождалось каллусогенезом (рис. 1).



а б

Рис. 1. Каллусогенез (а) с одновременным прорастанием зародыша (б)

В условиях выбранной температуры значительного влияния светового и темнового культивирования на каллусо- и морфогенез не выявлено. Вероятно, такой эффект наблюдается при одновременном воздействии освещенности и высокой температуры [5].

Обсуждается влияние композиции фитогормонального состава питательной среды на пути морфогенеза.

Литература

1. Чернов, В.Е. Сравнительная оценка каллусогенеза и регенерации у различных видов ячменя / В.Е. Чернов, Г.И. Пендинен // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 1. – С. 44-53.

2. Асадова, С.Ш. Нитрат аммония в культуре клеток некоторых сортов и сортообразцов ячменя / С.Ш. Асадова, З.А. Гарибов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы XII Международного симпозиума, Пущино, 19-23 июня 2017. – Москва, 2017. – С. 177-179.

3. Акинина, В.Н. Использование клеточных биотехнологий для создания линий тритикале с хозяйственно-ценными признаками : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.Н. Акинина. – Саратов, 2013. – 19 с.

4. Asadova, S.Sh.. Morphogenesis in tissue culture of the different ages immature embryos of local barley varieties. Transactions pf the İnstitute of Molecular Biology and Biotechnologies / S.Sh. Asadova // ANAS, vol.1, P. 172-178.

5. Зобова, Н.В. Условия обеспечения эффективных процессов регенерации в культуре изолированных зародышей ячменя, пшеницы и овса / Н.В. Зобова, С.Ю. Луговцова, В.Ю. Ступко // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 109-115.

УДК 577.175.12

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ОРГАНОГЕНЕЗ ОРХИДЕЙ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

Е.В. Большакова, О.А. Ведяшкина, И.С. Емельянова, А.С. Лукаткин

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
ул. Большевистская, 68, г. Саранск, Россия, aslukatkin@yandex.ru

Ключевые слова: *орхидеи, in vitro, клональное размножение, питательные среды, регуляторы роста, органогенез.*

Орхидные (Orchidaceae Lindl.) – одно из самых многочисленных семейств цветковых растений. Известен ряд видов, произрастающих в средней полосе Российской Федерации; как правило, их популяции находятся в неоптимальном состоянии, практически всегда их включают в группу редких и исчезающих видов растений. В настоящее время в цветоводстве используется большое количество декоративных орхидей, преимущественно тропического происхождения. Как для первой группы (редких видов средней полосы), так и для второй (декоративных тропических видов) большую проблему представляет их ускоренное размножение. Одним из высокоэффективных методов размножения орхидных и увеличения численности популяций является микроклональное размножение в культуре *in vitro*. При этом для каждого нового объекта необходимо учитывать особенности, связанные с методическими вопросами клонального микроразмножения, в первую очередь – подбор питательных сред для каждого таксона растений, введение в питательные среды регуляторов роста, подбор температурных и световых условий на всех стадиях клонального микроразмножения и т.п. В связи с этим для ряда орхидей изучали особенности органогенеза на различных питательных средах и зависимость формирования и роста органов от содержания в среде регуляторов роста.

Объектами исследования были пробирочные растения *Vanda hybrida*, *Liparis loesélii* (L.) Rich *и Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl. Клонально размножаемые растения высаживали на среды разного состава

– Мурасиге-Скуга (МС), Фаста, Кнудсона, с добавлением или без активированного угля и регуляторов роста – индолилуксусная кислота (ИУК, 0,5 мг/л) + кинетин (0,5 мг/л – 4,0 мг/л), ИУК (0,5 мг/л) + 6-бензиламинопурин (6-БАП, 0,5 мг/л – 4,0 мг/л) (для разных объектов). Далее пробирочные растения культивировали до 10 недель при температуре 20–24°С и 16-часовом фотопериоде. Измерения проводили еженедельно, учитывали количество и размер листьев, количество и длину побегов, образование и длину корней. Все опыты повторяли не менее трех раз, в каждом опыте было от 5 до 15 биологических повторностей. Статистическую обработку проводили по стандартным биометрическим методам, с использованием пакетов программ Microsoft Excel.

Сравнение органогенеза у клонально размножаемых орхидей на разных средах показало, что побегообразование для ванды гибридной лучше выражено на среде Фаста, а для анектохилуса – на среде МС (для липариса образование побегов не регистрировали). Среда Кнудсона оказала самое слабое действие на побегообразование у орхидей. Добавление в среду активированного угля не повлияло на формирование побегов ванды и анектохилуса *in vitro*.

Длина формируемых побегов играет важную роль в клональном размножении пробирочных растений. Наши опыты показали, что растения ванды гибридной быстрее росли на среде Фаста (как с добавлением активированного угля, так и без него), средний прирост за 4 недели составил 5,5 мм (на среде МС – около 2,5 мм). На побеги анектохилуса существенное влияние также оказала среда Фаста, средний прирост за 9 недель составил около 10 мм, в то время как на среде МС – лишь 2,7 мм. У побегов липариса наблюдали хорошую динамику роста, средний прирост за 9 недель роста на среде Фаста оказался больше (9,5 мм) в сравнении со средой МС (5,8 мм). Среда Кнудсона не оказала значительного положительного эффекта на длину побегов, как и на их количество у орхидей.

При исследовании влияния питательной среды на листовой органогенез (количество и размер листовой пластины) выяснили, что для ванды максимальное количество листьев и наибольшая их длина были получены на среде Фаста (особенно с добавлением активированного угля) – около 3,78 шт. и 12,3 мм соответственно. Для анектохилуса лучший

показатель был при культивировании на среде МС, для липариса – на среде Кнудсона.

Помимо влияния сред разного состава изучали влияние регуляторов роста. Использовали среду МС с добавлением 0,5 мг/л ИУК и варьированием концентраций 6-БАП и кинетина. Для ванды гибридной наибольшее количество образовавшихся побегов зафиксировано на среде с добавлением 1,5 мг/л 6-БАП (1,25 шт./эксплант), для анектохилуса количество побегов колебалось в пределах от 1 до 2 шт./эксплант; оптимальной оказалась концентрация 2 мг/л 6-БАП.

При исследовании регуляторов роста на длину побега следует отметить влияние кинетина, так как в вариантах с его использованием установлены максимальные значения по данному критерию. Наилучшим оказалось сочетание кинетин (2,5 мг/л) и ИУК (0,5 мг/л), длина побега составила здесь в среднем 60,33 мм. Среди вариантов с использованием 6-БАП максимальное значение данного показателя было при использовании сочетания его в концентрации 3,0 мг/л и 0,5 мг/л ИУК.

На длину побегов анектохилуса лучшее действие оказал кинетин в концентрации 2,0 мг/л в сочетании с 0,5 мг/л ИУК, максимальное значение в среднем 43,8 мм. Несколько меньшие значения получены при использовании 6-БАП, здесь пиковое значение зафиксировано при концентрации 3,5 мг/л 6-БАП + 0,5 мг/л ИУК.

При изучении влияния регуляторов роста на образование и длину листьев ванды гибридной существенных различий по количеству листьев отмечено не было. Данный показатель при использовании обоих регуляторов роста колебался в пределах от 3 шт./эксплант до 4 шт./эксплант. Однако длина листьев существенно возрастала в варианте с использованием кинетина, максимальное значение (в среднем 37,2 мм) выявлено на среде с добавлением 2,5 мг/л кинетина и 0,5 мг/л ИУК. В опыте с 6-БАП максимум (26,2 мм) отмечен в варианте с концентрацией 4,0 мг/л.

Для анектохилуса также было изучено влияние регуляторов роста на количество образовавшихся листьев. Наилучший результат (7,75 шт./эксплант) был установлен в варианте с использованием 2,0 мг/л 6-БАП и 0,5 мг/л ИУК. На среде с кинетином максимум был отмечен при таком же соотношении гормонов, но значение было несколько ниже (в среднем 5,4 шт./эксплант). Максимальное значение размера листьев анектохилуса было одинаковым как при использовании кинетина, так и 6-БАП

– 8,8 мм, при этом оптимальная концентрация кинетина была 0,5 мг/л, а 6-БАП – 1,0 мг/л (вкупе с 0,5 мг/л ИУК). В обоих опытах размер листьев орхидей уменьшался с увеличением концентрации цитокининов.

Количество корней растений-регенерантов ванды при использовании регуляторов роста колебались в небольших пределах – от 2,7 до 4,4 шт./эксплант в опыте с 6-БАП и от 2,3 до 4,2 шт./эксплант в опыте с кинетином. Максимальные значения выявлены в вариантах с 3,0 мг/л 6-БАП и 2,0 мг/л кинетина. Для анектохилуса лучший ризогенез (2,6 шт./эксплант) получен в варианте 2,0 мг/л кинетина + 0,5 мг/л ИУК.

Длина корней ванды была максимальной (13 мм) при дозе 2,5 мг/л кинетина + 0,5 мг/л ИУК. В опыте с 6-БАП максимум был при концентрации 3,0 мг/л + 0,5 мг/л ИУК. Что касается влияния регуляторов роста на длину корней анектохилуса, наибольшее значение (12,4 мм) достигнуто в варианте 4,0 мг/л 6-БАП + 0,5 мг/л ИУК. При использовании кинетина, наоборот, максимум (6,9 мм) был при наименьших концентрациях кинетина – 0,5 мг/л.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что состав среды оказывает большое влияние на органогенез орхидей, который зависит от вида регуляторов роста, их концентрации и соотношения. Лучшие значения органогенеза и роста для всех орхидей получены на среде Фаста. Для ванды по большинству измеряемых параметров хорошие результаты показала среда с использованием регуляторов роста – 2,5 мг/л кинетина + 0,5 мг/л ИУК. Для анектохилуса однозначного заключения по оптимальной дозе цитокининовых препаратов сделать нельзя.

УДК 581.143

ОСОБЕННОСТИ КАЛЛУСОГЕНЕЗА РАЗНЫХ ВИДОВ НАПЕРСТЯНКИ DIGITALIS LANATA **EHRH.,** D. GRANDIFLORA **MILL.,** D. CILIATA **TRAUTV**

Е.С. Глаголева, Е.А. Лабунская, А.С. Тухтаманова, С.В. Томилова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
ул. Ленинские горы, 1, стр. 12, г. Москва, Россия, lanatomilova@yandex.ru

Ключевые слова: *каллусогенез, наперстянка, Digitalis spp.*

В последнее время в качестве новых перспективных противоопухолевых средств начали рассматривать сердечные гликозиды, которые относятся к изопреноидам и используются для лечения больных с сердечно-сосудистой недостаточностью свыше 200 лет. Растения являются основным источником данных соединений. Наиболее известным продуцентом сердечных гликозидов считается *Digitalis* L. (наперстянка) – род травянистых растений, принадлежащий к семейству *Plantaginaceae*, который включает в себя более 30 видов. Качественное и количественное содержание сердечных гликозидов в интактных растениях – непостоянная величина, которая зависит от климатических условий, срока вегетации растения и даже от времени суток, в которое производится сбор [1 – 2]. В связи с этим в качестве нового источника сердечных гликозидов может выступать культура клеток высших растений, которая дает возможность получать экологически чистое растительное сырье с контролируемым составом и содержанием целевых веществ независимо от климатических и погодных условий.

Целью данной работы стало получение каллусных культур клеток разных видов наперстянки (*Digitalis lanata* Ehrh., *D. grandiflora* Mill., *D. ciliata* Trautv.).

Задачи работы:

1. Получить каллусные культуры клеток *D. lanata*, *D. grandiflora*, *D. ciliate.*

2. Выявить особенности каллусогенеза у наперстянок в зависимости от вида растения и происхождения экспланта.

В процессе работы для получения каллусных культур клеток использовали асептические проростки, выращенные из семян *D. lanata*, *D. grandiflora*, *D. ciliata,* взятых из Ботанического сада биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Семена стерилизовали смесью детергента Tween-20 (Sigma, Германия) и 50% раствора гипохлорита натрия («Белизна», Россия), промывали стерильной дистиллированной водой и высевали на чашки Петри с агаризованной средой Мурасиге – Скуга (MS) [3] без добавления фитогормонов. Чашки Петри помещали на стеллажи под люминесцентные лампы дневного света и проращивали при 25°С и 16-часовом световом дне. Семядольные листья и гипокотили асептических проростков использовали для получения каллусов. Первичный каллус индуцировали на чашках Петри с агаризованной средой MS, дополненной α-нафтилуксусной кислотой (НУК (Merck, Германия)) и кинетином (Merck, Германия). Культивирование проводили на стеллажах под люминесцентными лампами дневного света на 16-часовом световом дне при 25°С. Первичные каллусы через 2 – 3 недели переносили на свежую питательную среду MS, дополненную НУК и кинетином.

Стоит отметить, что если для *D. lanata* в литературе есть сведения о получении каллусных и суспензионных культур клеток [4], для *D. grandiflora* имеются некоторые данные по изучению морфогенеза в культуре *in vitro* [5], то относительно *D. ciliata* подобная информация отсутствует.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что на данной питательной среде у *D. lanata* формировались ризогенные культуры, в некоторых случаях происходил некроз ризогенной ткани, образования каллусной культуры клеток не наблюдалось. Для *D. grandiflora* наравне с ризогенезом был отмечен каллусогенез, который характеризовался появлением как фотосинтезирующих (зеленых), так и нефотосинтезирующих (светло-желтых) каллусов. У *D. ciliata* формировались в основном фотосинтезирующие каллусы и лишь в некоторых случаях был отмечен ризогенез.

Было проведено сравнение органогенеза и каллусогенеза для эксплантов листового и гипокотильного происхождения. У *D. lanata* на питательной среде с НУК и кинетином для гипокотильных эксплантов отмечали некроз сформировавшейся ризогенной ткани, в отличие от

листовых эксплантов, для которых был характерен активный ризогенез. В случае с *D. grandiflora* листовые и гипокотильные экспланты обладали одинаковой способностью к ризогенезу, однако на эксплантах листового происхождения чаще формировались фотосинтезирующие и нефотосинтезирующие каллусы. Для *D. ciliata* было отмечено, что листовые и гипокотильные экспланты в равной степени обладали небольшой способностью к ризогенезу и активно формировали фотосинтезирующие каллусы.

В результате выполнения работы были получены каллусные культуры клеток *Digitalis grandiflora* Mill. и *D. ciliata* Trautv. и ризогенная культура *D. lanata* Ehrh.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Растения *D. lanata*, *D. grandiflora* и *D. ciliata* обладают высокой способностью к ризогенезу и каллусогенезу. Образование различных вариантов культур *in vitro* зависит от видовых особенностей растений.

2. Степень ризогенеза и каллусогенеза зависит от природы эксплантa. На эксплантах гипокотильного происхождения чаще наблюдается образование ризогенных культур, при этом для *D. lanata* отмечали некроз сформировавшейся ризогенной ткани. Листовые экспланты обладают способностью как к ризогенезу, так и каллусогенезу, при этом в ряде случаев для них характерен более эффективный каллусогенез.

Литература

1. Newman, R.A. Cardiac Glycosides as Novel Cancer Therapeutic Agents / R.A. Newman, P. Yang, A.D. Pawlus, K.I. Block // Molecular interventions. – 2008. – Vol. 8. – № 1. – P. 36–49.

2. Величко, Н.А. Получение сердечных гликозидов из клеточной культуры *Digitalis purpurea* L / Н.А. Величко, Я.В. Смольникова. – Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т., 2014. – 98 с.

3. Murashige, T., A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15. – № 3. – P. 473–497.

4. Verma, S.K. *In vitro* culture of *Digitalis* L. (Foxglove) and the production of cardenolides: An up-to-date review / S.K. Verma, A.K. Das, G.S. Cingoz, E. Gurel // Industrial Crops and Products. – 2016. – Vol. 94. – P. 20–51.

5. Зарипова, А.А. Изучение морфогенеза *Digitalis grandiflora* Mill. в культуре *in vitro* / А.А. Зарипова, А.Ш. Ахметова, А.А. Мухаметвафина // Аграрная Россия. Молекулярная биология и биотехнология. – 2015. – № 1. – С. 20–25.

УДК 57.085.23

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АППАРАТУРНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК IN VITRO В РОССИИ

Дь.А. Попов, М.Т. Ханды

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, julus.ppv@rambler.ru

Ключевые слова: *биореактор, культуры клеток растений, штамм-продуцент.*

Культура клеток высших растений является альтернативным источником получения сырья для косметической, фармацевтической, пищевой промышленностей [1]. При этом можно выращивать как каллусные, так и суспензионные культуры клеток. С технологической точки зрения, наиболее выгодным для высокой продукции биомассы является культивирование суспензий. Для культивирования суспензионных растительных клеток используют различные системы: колбы на качалке, роллеры и биореакторы. Биореактор – это емкость, в которой создаются условия, обеспечивающие жизнедеятельность биологических объектов [2].

Известны несколько типов биореакторов для культивирования клеток. По способу подачи воздуха в аппарат:

• без подводки стерильного воздуха, в таких аппаратах культивируют анаэробные микроорганизмы;

• с подводкой стерильного воздуха (их используют для культивирования аэробов). Аэрация жидкости в биореакторах может обеспечиваться механическими мешалками или потоком воздуха [3].

По способу перемешивания:

1) барботажные с механическим перемешиванием;

2) эжекционные с самовсасывающей турбинной мешалкой, с внешним циркуляционным потоком;

3) барботажные, форсуночные, колонные, барботажно-аэрлифтные.

На сегодняшний день для культивирования растительных клеток *in vitro* в России используются следующие виды биоректоров:

1. Барботажный ферментер (разработка Отдела биологии клетки и биотехнологии ИФР РАН): точечное аэрирующее устройство; общий объём 20 л; рабочий 15 л. Для снижения степени повреждения клеток при перемешивании на начальных фазах роста устанавливается минимальный расход воздуха на барботаж по отсутствию седиментации клеток в пределах 0,1-1,0 л/мин. в зависимости от типа биореактора и дыхательной активности культур, обеспечивая различные значения коэффициента массопередачи по кислороду (KLa, ч–1). Концентрация растворенного кислорода (pO_2) поддерживается на уровне 10-40% от насыщения при отсутствии интенсивного пенообразования. Температура суспензии поддерживается на уровне 26±0,5°С [4].

2. Аппарат с барботажем и механическим перемешиванием (фирма «Electrolux» , Швеция): общий объём 75 л; рабочий объём 50 л; точечное аэрирующее устройство; тип перемешивающего устройства «морской винт», частота вращения мешалки при культивировании 30-65 об/мин. При использовании аппарата с механическим перемешивающим устройством для снижения стрессового механического воздействия на начальных фазах роста устанавливается минимальная скорость перемешивания порядка 35-40 об/мин. (по отсутствию седиментации клеток). По мере роста культур клеток скорость вращения мешалки увеличивается до максимально возможной, не приводящей к разрушению клеток – 55-60 об/мин. [4].

3. Барботажный аппарат (1Т, ОКБА, Йошкар-Ола): кольцевое аэрирующее устройство; общий объём 630 л; рабочий объём 550 л. Для реализации «отъемно-доливного» режима культивирования используется ряд аппаратов с рабочим объемом от 15 до 550 литров и различной системой перемешивания, причем аппараты меньшего объема используются как инокуляторы для аппаратов большего объема [4].

На этих трех биореакторах культивировали суспензионные штаммы *Panax japonicus* (продуцент гинзенозидов), *Polyscias filicifolia* (комплекс биологически-активных соединений, в том числе тритерпеновых гликозидов на основе олеаноловой кислоты) и *Dioscorea deltoidea* (продуцент фуростаноловых гликозидов) [4, 5].

4. Ферментер New Brunswick™: общий объем 10 л; рабочий объём 7 л с механическим перешиванием. Расход воздуха – 0,1-1,0 л/л/мин., скорость перемешивания – 200 об/мин., концентрацию растворенного

кислорода (pO_2) поддерживали на уровне 10-40% от насыщения, температура выращивания 26±0,5°С. В данном аппарате выращивали *Tribulus terrestris* [6].

Таким образом, из исследованной литературы можно заключить, что сейчас в России для исследования и производства культур клеток растений используются биореакторы Electrolux, ОКБА, New Brunswick™ с модификациями в виде дополнительной аэрации и с видоизменением перемешивающего устройства, а также собственные разработки исследовательских институтов (биореактор, разработанный Отделом биологии клетки и биотехнологии ИФР РАН). Стоить отметить, что в обзоре не представлены данные российских коммерческих организаций, таких как ОАО «Биохиммаш», ООО «Биофарматокс», занимающихся биотехнологическим выращиванием и продажей субстанций из культур клеток высших растений, т.к. авторы не нашли открытых источников об используемом оборудовании в производстве.

Литература

1. Бутенко, Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений / Р.Г. Бутенко. – Москва : Наука, 1964. – 350 с.

2. Бутенко, Р.Г. Культура клеток растений / Р.Г. Бутенко. – Москва : Наука, 1981. – 166 с.

3. Воробьева, Е.С. База данных по биореакторам / Е.С. Воробьева // 2015. – Статья № 3. – С. 210-213.

4. Титова, М.В. Влияние смены системы культивирования на дыхательную активность суспензионной культуры клеток *dioscorea deltoidea wall* / М.В. Титова, Н.А. Шумило, И.Е. Куличенко и др. // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология : сборник тезисов X Международной конференции. – Казань, 2013. – С. 391–391.

5. Решетников, В.Н. Биотехнология растений и перспективы ее развития / В.Н. Решетников, Е.В. Спиридович, А.М. Носов // Физиология растений и генетика. – 2014. – Т. 46. – № 1. – С. 3–18.

6. Ханды, М.Т. Получение и характеристика каллусных и суспензионных культур клеток якорцев стелющихся *tribulus terrestris* l. – продуцента стероидных гликозидов / М.Т. Ханды, Д.В. Кочкин, С.В. Томилова и др. // Биотехнология. – 2016. – Т. 32. – № 4. – С. 21–30.

УДК 581.143

ОСОБЕННОСТИ РОСТА КАЛЛУСНОЙ ТКАНИ AJUGA TURKESTANICA (RGL.)

Р.П. Закирова, А.М. Нигматуллаев, Г.И.Соболькова, Ш.Ш. Сагдуллаев, А.М. Носов

Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз,
г. Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: ranozakirova@mail.ru
Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва, Россия

Ключевые слова: *Ajuga turkestanica, экдистероиды, каллусная ткань, стеблевой морфогенез, корневой морфогенез.*

Многие виды растений, представляющие большой практический интерес, относятся к редким, исчезающим или эндемичным видам. Альтернативой получения растительного сырья является метод клеточных технологий. Кроме того, культуры клеток широко используются в фундаментальных исследованиях в качестве моделей для изучения биосинтеза вторичных соединений.

Ajuga turkestanica (Rgl.) Briq. (Lamiaceae) является источником экдистероидов, веществ, обладающих широким спектром фармакологической активности [1]. Растение является эндемиком Западного Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая. На основе вышеизложенного следует, что разработка биотехнологических методов для данного вида является актуальной.

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния регуляторов роста на морфогенетические и ростовые процессы каллусной ткани *Ajuga turkestanica* в процессе двухлетнего культивирования.

Исходная каллусная ткань была получена из листьев дикорастущего растения-донора *Ajuga turkestanica.* Культуру выращивали на питательной среде Мурасиге и Скуга с добавлением сахарозы 30 г/л, мезоинозита 100 мг/л, тиамина HCl – 0,4 мг/л, агар-агара 0,75%, PH-5,7. Ткани выращивали при температуре 26˚С в темноте.

В течение первых 6 пассажей при культивировании каллусов на среде без фитогормонов и на среде с НУК 0,1 мг/л наблюдался стеблевой морфогенез. На средах с добавлением НУК 1 мг/л или в сочетании НУК 1 мг/л с БАП 0,2 мг/л в течение первых четырех пассажей наблюдался

активный ризогенез – на поверхности каллусов развивались многочисленные воздушные корни. При дальнейшем культивировании культуры способность к органогенезу терялась. Стеблевой морфогенез можно было индуцировать при переносе каллусов на среду с внесением БАП в концентрации 0,2 мг/л. Культура приобретала глобулированный характер с хорошо выраженными очагами меристематической активности. На 7-10 день культивирования наблюдалось образование почек. С повышением концентрации до 1 мг/л и 2 мг/л количество побегов увеличивалось. На пятом пассаже на безгормональной среде была выделена линия каллусной ткани, отличающаяся высокой морфогенной активностью, условно названная А-1. Линия характеризовалась незначительным приростом и высоким регенерационным потенциалом, сохраняющимся в течение более 2 лет культивирования. В процессе культивирования было отмечено повышение ростовой активности дедифференцированной культуры. Так, если на 3 пассаже на безгормональной среде сырой вес каллусов увеличивался в 1,22 раза, то на 7 пассаже – в 3,44 раза, при выращивании на среде с внесением НУК 1 мг/л вес каллусов увеличивался соответственно в 3,3 и в 3,86 раза.

Таким образом, изучена ростовая и морфогенетическая активность каллусной ткани *Ajuga turkestanica* в первые два года культивирования.

Литература

1. Саатов, З. Фитоэкдистероиды растений рода *Ajuga* и их биологическая активность. Распространение и химические структуры выделенных соединений / З. Саатов, В.Н. Сыров, А.У. Маматханов, Н.К. Абубакиров // Химия природных соединений. – 1994. – № 2. – С. 152-154.

УДК 57.085.23

ВЛИЯНИЕ МЕТИЛЖАСМОНАТА НА РОСТОВЫЕ И БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТУРЫ КЛЕТОК ДИОСКОРЕИ ДЕЛЬТОВИДНОЙ

М.Т. Ханды[1], Е.С. Суханова[2], Д.В. Кочкин[2], А.М. Носов[2]

[1]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 48, г. Якутск, Россия, handy_89@mail.ru
[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, г. Москва, Россия

Ключевые слова: *культура клеток, протодиоцин, дельтозид, R- и S-изомерия.*

Одним из основных способов регулирования вторичного метаболизма растительных клеток является воздействие регуляторами роста. Установлено, что метиловый эфир жасминовой кислоты (метилжасмонат, МЖ) является сигнальной молекулой для формирования быстрого ответа растений на атаку патогенов. При этом он стимулирует синтез цитотоксичных вторичных метаболитов. В ранних работах было показано, что фуростоноловые гликозиды стимулируют пролифирацию в культуре клеток *Dioscorea deltoidea.*

Таким образом, жасмонаты можно использовать для доказательства положительной корреляции ростовых процессов с биосинтезом фуростаноловых гликозидов. Логично предположить, что если добавление МЖ в среду выращивания суспензионной культуры клеток *Dioscorea deltoidea* приведет к замедлению роста, то вместе с ростовыми характеристиками произойдет и снижение содержания фуростаноловых гликозидов.

Исходя из данных литературы метилжасмонат добавили непосредственно в среду культивирования клеток *in vitro* на 7-е сутки выращивания (начало экспоненциальной фазы) в концентрации 100 мкМ на литр суспензии. Полученные результаты представлены в таблице и на рисунках 1 и 2.

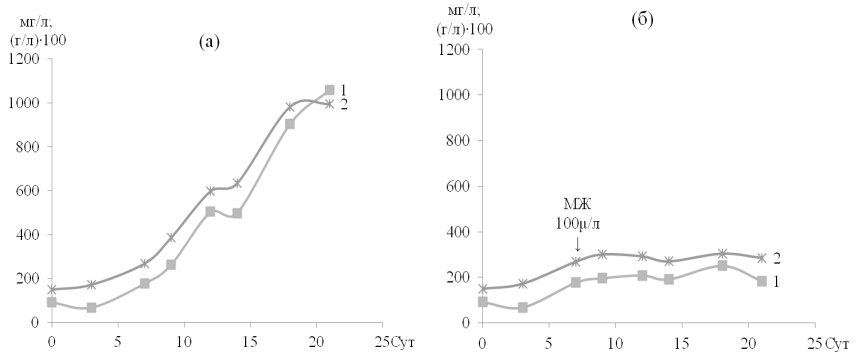


Рис. 1. Ростовые кривые и содержание суммы фуростаноловых гликозидов на литр суспензии в цикле субкультивирования в культуре клеток D. deltoidea при выращивании в стандартной среде и в среде с добавлением метилжасмоната (МЖ).

Обозначения: (а) – стандартная среда; (б) – среда с МЖ; 1 – сухая масса, (г/л)·100; 2 – сумма ФГ, мг/л

Таблица

Ростовые показатели суспензионной культуры клеток Dioscorea deltoidea при выращивании в стандартной питательной среде и в среде с добавлением метилжасмоната (МЖ)

Среда	M_{max}, г/л	V, %	μ, сут$^{-1}$	I
Стандартная	10,6	70-95	0,16	6,6
С добавлением МЖ	3,0	70-91	0,11	2,0

В результате проведённых экспериментов установлено, что добавление метилжасмоната в среду выращивания культуры клеток диоскореи дельтовидной, как и предполагалось, ухудшает ростовые характеристики культуры: индекс роста (I) снизился на 70 %, удельная скорость роста (μ) − на 30 % и максимальное накопление биомассы (Mmax) упало на 70 %, при незначительном снижении жизнеспособности. Угнетение роста клеток *in vitro* сопровождалось существенным снижением и суммарного содержания фуростаноловых гликозидов в биомассе. Если в контрольном варианте содержание олигофуростанозидов на 14-е сутки культивирования составляло 78,6 мг/г от сухой биомассы, на 21-е сут-

ки – 106,5 мг/г, то в ходе эксперимента на 14-е сутки – 70,8 мг/г, на 21-е сутки – 64,6 мг/г.

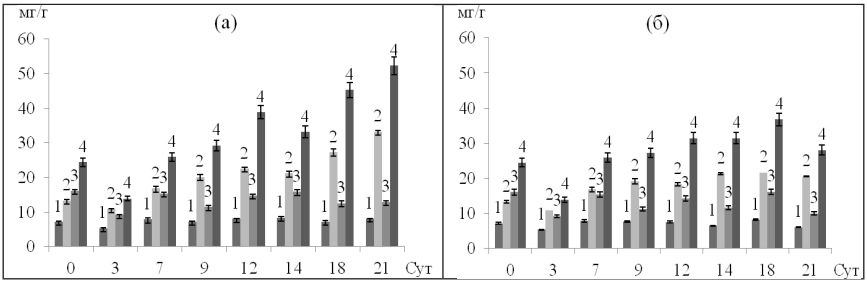


Рис. 2. Содержание дельтозида и протодиосцина и их (25S)-форм в цикле субкультивирования в культуре клеток D. deltoidea при выращивании в стандартной среде и в среде с добавлением метилжасмоната (МЖ).

Обозначения: (а) – стандартная среда; (б) – среда с МЖ; 1 – (25S)-дельтозид, мг/г; 2 – дельтозид, мг/г; 3 – (25S)-протодиосцин, мг/г; 4 – протодиосцин, мг/г

Таким образом, использование метилжасмоната привело к часто наблюдаемому снижению ростовых характеристик культуры, но, в отличие от большинства вторичных метаболитов, и к снижению образования фуростаноловых гликозидов. Это доказывает ранее выдвинутое предположение, что в клетках *in vitro* образование ФГ положительно коррелирует с ростовыми характеристиками. Следовательно, стероидные гликозиды ряда фуростана можно отнести к особой группе изопреноидов, способствующей пролиферативной активности клеток высших растений, что обуславливает их высокое стабильное содержание в популяциях дедифференцированных растительных клеток *in vitro*.

УДК 576.5:543.544.5.068.7:547

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ФИТОЭКДИСТЕРОИДОВ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК AJUGA TURKESTANICA

Т.Д. Харитонов[1], М.В. Титова[1], Г.И. Соболькова[1], Е.И. Чернобурова[2], И.В. Заварзин[2]

[1]Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,
ул. Ботаническая, 35, г. Москва, Россия, Khartimur@mail.ru
[2]Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН,
Ленинский пр., 47, г. Москва, Россия

Ключевые слова: *Ajuga turkestanica (живучка туркестанская), фитоэкдистероид (экдистерон), туркестерон, экстракция, ВЭЖХ.*

Фитоэкдистероиды – широко известная группа природных нетоксичных полиоксистероидов (группа полигидроксилированных стероидных соединений). Впервые эти низкомолекулярные биорегуляторы были выделены из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori* А. Бутенандом и П. Карлсоном в 1954 г. [1]. Однако структура первого выделенного экдистероида – α-экдизона была установлена лишь спустя 11 лет с помощью рентгеноструктурного анализа [2]. Было показано, что фитоэкдистероиды обладают высокой биологической активностью и выполняют функции гормонов линьки и метаморфоза насекомых [3]. Научным прорывом стало обнаружение этого класса веществ в растениях. Почти одновременно экдистероиды были обнаружены в *Podocarpus elatus* R. Br., *Achyranthes fauriei* Levl., *Polypodium vulgare* L. и *Taxus baccata* L. К настоящему времени экдистероиды обнаружены в грибах, водорослях, папоротникообразных, голосеменных и цветковых растениях [4]. В связи с тем, что экдистероиды широко распространены в мировой флоре, интерес к ним не уменьшается и в настоящее время.

Живучка туркестанская *Ajuga turkestanica* (Rgl.) Briq. – многолетнее травянистое растение, относится к семейству Lamiaceae – эндемик Западного Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая, произрастает на территории Узбекистана и Таджикистана, полукустарник семейства Яснотковые. Побеги живучки туркестанской применяются в спортивной медицине и косме-

тологии благодаря наличию в них специфического фитоэкдистероида – туркестерона, который по анаболическому эффекту не уступает синтетическим препаратам, не являясь при этом допингом. Туркестерон не токсичен, проявляет тонизирующее действие, стимулирует работоспособность, предохраняет от негативного воздействия различных стрессорных факторов. Живучка туркестанская является источником разнообразных фитоэкдистероидов. Это растение продуцирует экдистерон, аюгалактон, аюгастерон, циастерон, 22-ацетилциастерон, туркестерон [5]. Для этих соединений установлен широкий спектр биологической активности при различных экспериментальных патологических состояниях [6]. Сумма экдистероидов растения обладает гипогликемической активностью [7]. Экдистерон и туркестерон оказывают благотворное действие на энергетические реакции организма [8]. Также эти соединения обладают способностью блокировать процессы свободнорадикального окисления.

Живучка туркестанская является среднеазиатским эндемиком с узким ареалом распространения. В связи с этим большой интерес представляет разработка биотехнологического способа получения экдистероидов с использованием культур клеток *Ajuga turkestanica*.

Цель: разработка оптимальных условий выращивания культур клеток *Ajuga turkestanica* с максимальным накоплением фитоэкдистероидов, преимущественно туркестерона.

Задачи:

- разработка метода химического анализа содержания туркестерона в биомассе культуры клеток *Ajuga turkestanica;*
- химический анализ содержания туркестерона в каллусных и суспензионных культурах клеток.

Каллусные и суспензионные культуры были получены в Институте физиологии растений РАН. Культуры *Ajuga turkestanica* выращивали на модифицированной среде Мурасиге и Скуга с добавлением фитогормонов.

На первом этапе работы было проведено изучение влияния различных условий экстракции на извлечение экдистероидов из лиофилизированной биомассы культуры клеток *Ajuga turkestanica*. Также была проведена оптимизация методики очистки полученных экстрактов. В процессе работы сопоставляли различные методы экстракции: н-бутанолом,

этилацетатом, хлороформом, водой и смесью этанол/вода (в разных соотношениях и при различных температурах). Кроме того, изучали влияние кислотного гидролиза биомассы смесью Килиани и 1,0 н. HCl в 50% MeOH на выход экдистероидов. Оптимальным методом экстракции культуры оказалась экстракция горячим 80% этиловым спиртом с последующей очисткой экстракта с использованием патрона Supelclean ENVI-18 SPE.

Очищенные экстракты анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), которую проводили на приборе Agilent 1200 Compact LC (Agilent Technologies, США). После оптимизации условий разделения был выбран изократический режим анализа с использованием колонки Zorbax C18 (250×4,6 мм), размер частиц 5 мкм. В качестве компонентов подвижной фазы использовали ацетонитрил и воду. Соотношение ацетонитрил : вода 15:85 по объему.

В результате был разработан метод количественного определения содержания экдистероидов в биомассе каллусных и суспензионных культур клеток *Ajuga turkestanica* методом высокоэффективной ВЭЖХ. С использованием этого метода проведен скрининг более 50 образцов биомассы культур клеток живучки туркестанской на содержание этих соединений. Показано, что в некоторых линиях каллусных и суспензионных культур клеток *Ajuga turkestanica* содержатся туркестерон и экдистерон, при этом в ряде случаев их содержание может быть сопоставимо с интактным растением.

Литература

1. Butenandand, A. Uber die isolerung eines metamorphose – hormone der insect in kristallisierter / A. Butenandand, P. Karlson // Z. Naturforschung. – 1954. – № 6. – P. 389-391.

2. Huber, R. Die Kristal –und Molekul strukturanalyse des Insekt-enverpuppungs hormons Ecdyson mit der automatisierten Falmolekulmethode / R. Huber, Hoppe W. // Chem. Ber. – 1965. – Vol. 98. – P. 2403-2424.

3. Goodwin, T.W. Ecdysteroids. A genetic term. / T.W. Goodwin, D.H.S. Horn, P. Karlson // Nature. – 1978. – Vol. 272. – P. 122.

4. Ахрем, А.А. Экдистероиды: химия и биологическая активность / А.А. Ахрем, Н.В. Ковганко.– Минск : Наука и техника, 1989. – 327 с.

5. Усманов, Б.З. Фитоэкдизоны *Ajuga turkestanica* V. / Б.З. Усманов, М.Б. Горовиц, Н.К. Абубакиров // Химия природных соединений. – 1977. – № 5. – P. 710-714.

6. Саатов, З. Фитоэкдистероиды растений рода *Ajuga* и их биологическая активность. 1. Распространение и химические структуры выделенных соединений / З. Саатов, В.Н. Сыров, А.У. Маматханов, Н.К. Абубакиров // Химия природных соединений. –1994. – № 2. – С. 152.

7. Кутепова, Т.А. Гипогликемическая активностьсуммы экдистероидов из Ajuga turkestanica / Т.А. Кутепова, В.Н. Сыров, З.А. Хушбактова, З. Саатов // Химико фармацевтический журнал, – Т. 35. – № 11. – С. 24-25.

8. Ташмухамедова, М.А. Функционирование митохондрий печени крыс при введении им фитоэкдистероидов и неробола / М.А. Ташмухамедова, К.Г. Алматов, З.А. Хушбактова, В.Н. Сыров, А.А. Абидов // Узбекский биологический журнал. – 1987 – Т. 3 – С. 3.

Секция 2.
РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ

УДК 577.164.21

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ДИКОРОСАХ ВИЛЮЙСКОГО УЛУСА

В.С. Анисимова

Тасагарская средняя общеобразовательная школа им. Н.Н. Каратаева»,
ул. Советская, 33, с. Тасагар, Вилюйский р-н, Республика Саха (Якутия), Россия,
valentina.anisimova.9191@mail.ru

Ключевые слова: *витамин С, дикоросы, титрование.*

В рациональном, здоровом питании важная роль принадлежит достаточному и сбалансированному потреблению незаменимых пищевых продуктов – макронутриев и так называемых микронутиентов (витаминов, микроэлементов, минералов, жирных кислот, незаменимых аминокислот). Актуальность темы обусловлена тем, что в условиях Крайнего Севера потребность в аскорбиновой кислоте возрастает. Обеспеченность организма аскорбиновой кислотой в современных социально-экономических условиях изучена недостаточно. Рост поставок некачественных лекарственных препаратов и суровый климат нашей страны требуют постоянной профилактики.

Целью данной работы является изучение содержания аскорбиновой кислоты в дикоросах Вилюйского улуса.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить биологические свойства витамина С;
- определить уровень аскорбиновой кислоты в источниках витамина С – шиповнике иглистом (Rosa acicularis L.), красной смородине (Ribes rubrum L.), черной смородине (Ribus nigrum), голубике обыкновенной (Vassinium uliginosim), бруснике (Vaccinium vitis-idaea L.);
- сравнить содержание аскорбиновой кислоты в дикоросах Вилюйского улуса.

Метод исследования – определение содержания аскорбиновой кислоты методом титрования.

Было определено содержание аскорбиновой кислоты в плодах шиповника иглистого (Rosa assicularis), красной смородины (Ribus Rubrum), черной смородины (Ribus nigrum), голубики обыкновенной (Vassinium uliginosim) и брусники (Vassinium). Количество витамина С в пробе (мг) находят по формуле:

$$M_{витС}=V*0,875,$$

где m – масса чая, V – объем раствора потраченного на титрование,

$M_{брус}=0,4*0,875=0,35$, $M_{крсмор}=1,2*0,875=1,05$, $M_{черсмор}=1,8*0,875=1,58$, $M_{шип}=2,1*0,875=1,84$, $M_{гол}=1,5*0,875=1,31$.

Согласно полученным нами данным, наиболее богатыми по содержанию витамина С являются плоды шиповника, а наименьшее содержание витамина С констатировано в ягодах брусники (рис. 1).

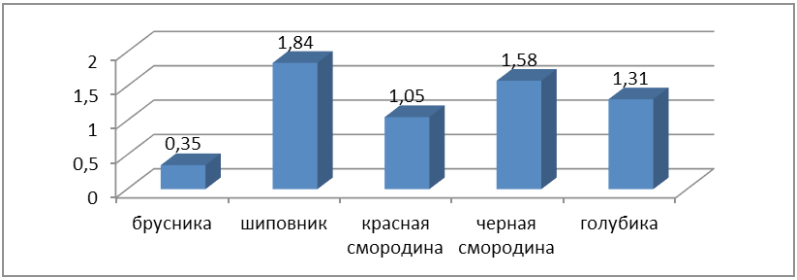


Рис. 1. Содержание витамина С в плодах дикоросов

При этом содержание витамина С в бруснике было в 5,25 раз, в черной смородине – в 1,16 раза, в красной смородине – в 1,55, в голубике – 1,4 раза ниже, чем в шиповнике. Полученные нами результаты противоречат литературным данным. Так, в литературе имеются данные о том, что плоды шиповника в среднем содержат до 170-300 мг в 100 г витамина С, в ягодах брусники – до 30 мг в 100 г, а в красной смородине – 25-55,8 мг в 100 г. Известно, что растения Крайнего Севера накапливают большое количество биологически активных веществ за короткий вегетационный период. Учитывая тот факт, что у жителей Якутии имеет место гиповитаминоз С, рекомендуется дополнительный прием аскор-

биновой кислоты. Для того чтобы обеспечить поступление суточной дозы витамина С (60 мг), необходимо ежедневно принимать 35 г сухих плодов шиповника, 80 г свежих ягод красной смородины, 200 г ягод свежей брусники, 45 г черной смородины или 60 г свежей голубики. Если у человека есть заболевания желудочно-кишечного тракта, рекомендуем принимать дикоросы в виде морса, сока, настоя или в виде варенья.

Витамины являются органическими соединениями различной химической природы. Они играют большую роль в процессах жизнедеятельности организма и синтезируются главным образом в клетках растений и микроорганизмов. Источником большинства витаминов для человека и животных служит пища. Поэтому питание человека может быть рациональным лишь в том случае, если она удовлетворяет потребностям организма не только в белках, жирах, углеводах, минеральных солях и воде, но и в различных витаминах.

Изучив литературу и проведя свой эксперимент, мы пришли к выводу, что наибольшее содержание аскорбиновой кислоты в шиповнике (1,84), а наименьшее – в бруснике (0,35).

Литература

1. Доценко, В.А. Лечебно-профилактическое питание / В.А. Доценко // Вопросы питания. – 2001.

2. Крель, П.Е. Витамины в лечебном арсенале / П.Е. Крель. – Москва : Медицина, 1971.

3. Солодова, В.И. Определение витамина С в овощах и фруктах / В.И. Солодова, Л.А. Волкова, В.Н. Волков // Химия в школе. – 2002. – № 6. – С. 63-66.

УДК 581.1

ГЕНЫ PAP-БЕЛКОВ И ИХ УЧАСТИЕ В РЕГУЛЯЦИИ ТЕПЛОВЫМ ШОКОМ

А.А. Андреева[1, 2], И.А. Бычков[1], М.Н. Данилова[1], А.С. Дорошенко[1], Н.В. Кудрякова[1]

[1]Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва, Россия,
[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
Alexaa27@mail.ru

Ключевые слова: *хлоропластный геном, PAP-белки, тепловой шок.*

Механизмы повреждающего действия повышенной температуры на хлоропласты, как и механизмы их адаптации к действию повышенных температур, во многом определяются экспрессией компонентов пластидной транскрипции как ядерного, так и хлоропластного кодирования. Среди них особое место принадлежит PAP-белкам (12 белков, ассоциированных с РНК-полимеразой бактериального типа), которые обнаруживаются в ходе превращения этиопластов в хлоропласты. Регуляция экспрессии кодирующих их генов не ясна, однако инактивация любого из них приводит к бесхлорофильному фенотипу. Так как некоторые PAP-белки непосредственно связаны с редокс-зависимой регуляцией генов, вполне возможно, что они значимы и для экспрессии пластидного генома в условиях теплового стресса.

Целью данной работы явилось изучение воздействия теплового шока на экспрессию генов PAP-белков у *Arabidopsis thaliana*. Поскольку реакция растений на гипертермию зависит от величины и длительности стрессорного воздействия, мы определяли динамику накопления транскриптов генов PAP при пролонгированном действии повышенной температуры (38°C, 24 ч.). Материалом для исследований служили 2-недельные растения *A. thaliana,* выращенные на питательной среде Мурасиге и Скуга (MS) в климатической камере (MLR-352H-PE Sanyo, Japan) при освещении 100 μE м-2 с-1, температуре 23°C и продолжительности светового периода 16 ч. Экспрессию генов PAP анализировали методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени после об-

ратной транскрипции на приборе LigthCyclerR96 (Roche, Швейцария) согласно методике, описанной ранее [1]. Уровень экспрессии целевых генов был нормализован к уровню экспрессии гена полиубиквитина *UBQ10.*

Как показали полученные результаты, в первый час воздействия повышенной температуры наблюдалось резкое падение экспрессии всех исследованных генов PAP (от 2 до 10 раз), обусловленное корректировкой энергетического гомеостаза и реорганизацией транскрипционно-трансляционного аппарата в стрессовых условиях [2, 3]. В дальнейшем накопление транскриптов большинства генов слабо возрастало и в течение 3-6 часов поддерживалось на уровне, близком к контрольным значениям, после чего снижалось. Исключение составили два гена – *PAP6* и *PAP8*. Увеличение экспрессии этих генов под действием теплового шока в 2-3 раза превышало значения, зафиксированные для контрольных образцов в те же временные периоды (рис. 1). Белок PAP6 имеет фосфофруктокинизный домен и относится к группе PAP-белков, непосредственно связанных с редокс-регуляцией и защитой от окислительного стресса. Он способен взаимодействовать с тиоредоксином z (Trx z) *in vitro* в двугибридной дрожжевой системе, а также с тиоредоксиновым доменом белка PAP10/TrxZ *in vivo*, образуя функциональный модуль для проведения редокс сигнала от тилакоидов к PEP [4, 5]. PAP8 не имеет аналогов среди известных белков. Он может быть отнесен (как и PAP6) к белкам с локализацией в пластидах и ядре, поскольку имеет хлоропластный транс пептид и сигнал ядерной локализации. Это осложняет выяснение его возможной функции при тепловом стрессе, так как наряду с защитой PEP комплекса PAP8 мог участвовать в приспособительных реакциях к тепловому шоку, связанных с ядром. Кроме того, PAP8 является специфическим регулятором гена *psbA* [6], кодирующего D1 белок второй фотосистемы, который, согласно нашим результатам, активируется повышенными температурами.

Таким образом, реакция *PAP*-генов на температурный стресс варьировала, хотя при нормальной температуре все 12 *PAP*-генов продемонстрировали высокую степень корегуляции [7]. Эти данные свидетельствуют о дифференциальной роли различных PAP-белков в реакциях теплового шока, которая могла быть связана как с хлоропластными, так и ядерными функциями.

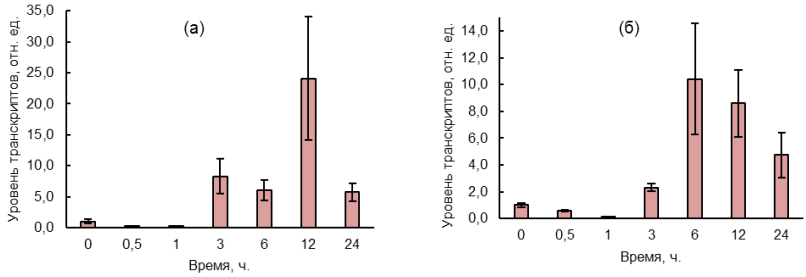


Рис. 1. Влияние гипертермии (38°С, 24 ч.) на экспрессию генов *PAP6 (а)* и *PAP8 (б)* у растений *Arabidopsis thaliana,* экотип Columbia 0.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда, Проект № 14-14-00584Р.

Литература

1. Danilova et al. Opposite roles of the Arabidopsis cytokinin receptors AHK2 and AHK3 in the expression of plastid genes and genes for the plastid transcriptional machinery during senescence // Plant Mol Biol. – 2017. – V. 93. – P. 533-546.

2. Caldana C. et al. High-density kinetic analysis of the metabolomic and transcriptomic response of Arabidopsis to eight environmental conditions // The Plant Journal. – 2011. – . V.67 – № . 5. – P. 869-884.

3. Cramer G. R. et al. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective // BMC plant biology. – 2011. – V. 11. – № . 1. – P. 163.

4. Yu et al. Nuclear-encoded factors associated with the chloroplast transcription machinery of higher plants //Frontiers in plant science. – 2014. –. V. 5 article 316.

5. Arsova B. et al. Plastidial thioredoxin z interacts with two fructokinase-like proteins in a thiol-dependent manner: evidence for an essential role in chloroplast development in Arabidopsis and Nicotiana benthamiana //The Plant Cell. – 2010. – V. 22. – № . 5. – P. 1498-1515.

6. Pfalz et al. pTAC2, -6, and -12 are components of the transcriptionally active plastid chromosome that are required for plastid gene expression // Plant Cell V. 18: P. 176-197.

7. Steiner et al. Identification of essential subunits in the plastid-encoded RNA polymerase complex reveals building blocks for proper plastid development // Plant Physiol. – 2011. – V. 157. – P. 1043-1055.

УДК 633.88

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЯ И ГОМЕОПАТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ШЛЕМНИКА БАЙКАЛЬСКОГО (SCUTELLARIA BAICALENSIS **GEORGI**.)

Л.В. Бабенко

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений, г. Москва, Россия, a250abcd@yandex.ru

Ключевые слова: *шлемник байкальский (Scutellaria baicalensis G.), микроудобрения, стилуляторы роста, гомеопатические препараты, рассада.*

Введение. Шлемник байкальский *(Scutellaria baicalensis* Georgi.) – многолетнее травянистое растение семейства Яснотковые *(Lamiaceae)*. Стебли многочисленные, четырёхгранные, ветвистые, высотой 15-35 см. Листья узколанцетовидные, супротивные, сидячие или короткочерешковые, цельнокрайние, голые, лишь по краю реснитчатые. Цветки сидят по одному в пазухах мелких верхних листьев, образуя на вершине стебля и ветвей простые односторонние кисти. Чашечка цветка двугубая, длиной около 3 см, фиолетовая, колокольчатая с особым выростом (щитком) на верхней губе; венчик двугубый, синий, длиной 2-2,5 см, с вогнутой цельной верхней губой (шлемом) и трёхлопастной нижней губой. Корень вертикальный, с коротким, многоглаво разветвленным корневищем. Цветёт в июле. Плоды созревают в конце августа – сентябре. Осеменение растений происходит в течение 2-3 недель. В России шлемник байкальский встречается в Забайкалье, Бурятии по суходолам, Среднем Приамурье и южном Приморье [1]. Заготовку корневищ с корнями начинают после полного обсеменения растений. Сырьё шлемника байкальского обладает гипотензивным, седативным и противоаллергическим действием [1, 2]. Шлемник байкальский включен в Красную книгу России.

Одним из методов восстановления и охраны природных ресурсов является интродукция лекарственных растений. Шлемник байкальский в природе размножается в основном семенным путём, поэтому для данной культуры актуальны вопросы семеноводства [3, 4]. Применение го-

меопатических препаратов в период вегетационного роста, по данным исследователей, повышает устойчивость растений и способствует увеличению их биомассы [5, 6].

Методы и материалы. Исследования проводились в 2016-2017 гг. в отделе агробиологии и селекции растений ВИЛАР согласно [7]. Использовали семена шлемника байкальского репродукции ВИЛАР. Для предпосевной обработки применили раствор «Микровит-6 (кремний)» в концентрации 1 мл/л воды с экспозицией 48 часов. В контроле семена замачивали на 48 часов в воде. Посев провели в марте 2016 г. в условиях защищённого грунта. Рассада выращивалась в течение 2 месяцев при температуре +18 – +20°С. Состав почвенной смеси: торф: песок: дерновая земля 1:1:1; $N:P_2O_5:K_2O$-250:400:500 мг/кг; pH 6-7. Для обработок рассады применялись гомеопатические препараты растительного происхождения «Calendula C30», «Calendula C6», «Aconitum C200» и «Belladonna C200» в разведении 1 гранула на 1 л воды согласно опыту К. Маунди (2017 г.), где C6; C30 и C200 – концентрация действующего вещества (потенцирование). Полив проводился через 7 дней по мере высыхания грунта. Растения контроля поливались тем же объемом чистой воды. Измерялась высота растений от области корневой шейки до верхушечной почки, длина корневой системы; сырая и сухая масса.

Результаты и обсуждение. Изменение биометрических показателей 30-дневной рассады шлемника байкальского приведено в табл.

Таблица 1

Влияние корневых обработок гомеопатическими препаратами на биометрические показатели рассады шлемника байкальского, посев 01.03.2017 г.

Варианты опыта	Высота, см	Длина корневой системы, см	Сырая масса 1-го растения, г		Общая масса 1-го растения, г.	
			наземная часть (стебли и листья)	корневая система	сырая	сухая
1. Контроль (без обработки)	15,0±0,4	6,1±0,2	0,10±0,03	0,04±0,003	0,14±0,01	0,04±0,001
2. Calendula C6	16,8±0,5	5,7±0,3	0,20±0,02	0,05±0,002	0,25±0,02	0,07±0,002

3. Aconitum C200 + через 7 дней Belladonna C200	16,1±0,6	11,2±0,6	0,15±0,01	0,06±0,001	0,21±0,01	0,06±0,001
4. Aconitum C200 + через 7 дней Belladonna C200 + через 7 дней Calendula C30	18,2±0,4	10,4±0,4	0,16±0,01	0,06±0,003	0,22±0,02	0,06±0,001
5. Предпосевная обработка микровит-6 (кремний) + Calendula C6	16,4±0,5	12,5±0,5	0,11±0,01	0,05±0,002	0,16±0,01	0,05±0,001

На основании полученных данных можно сказать, что применение при поливе раствора «Calendula C6» способствовало увеличению высоты рассады и позволило получить значительное (в 1,5-1,8 раза) увеличение общей сырой и сухой массы по сравнению с контролем. Длина корневой системы обработанных растений не изменилась.

Применение раствора «Aconitum C200» и «Belladonna C200» (3 вариант) дало увеличение длины корневой системы в среднем на 60-80%. Прирост по общей сырой массе обработанных растений составил более 40% при существенном увеличении сырой массы корневой системы по сравнению с контролем.

Полив тремя гомеопатическими препаратами (4 вариант) вызвал увеличение всех измеряемых параметров. По сравнению с контролем обработанные растения увеличили высоту на 15-25%; длину корневой системы – более чем на 50%; по общей сырой массе прибавка составила более 33% и по общей сухой массе – более 20%.

Предпосевная обработка семян микровит 6 (кремний) в сочетании с поливом раствором «Calendula C6» вызвала наибольшее (в 1,8-2,0 раза) увеличение длины корневой системы по сравнению с контролем. Прибавка по высоте оказалась незначительной.

Заключение. Применение раствора «Calendula C6» способствует нарастанию надземной части рассады, не вызывая удлинения корневой системы. Использование гомеопатических препаратов «Aconitum C200»;

«Belladonna C200» и «Calendula C30» стимулирует увеличение длины корневой системы и наземной массы растений. Рекомендуется применять данные препараты в комплексе, так как при высаживании рассады в поле для её приживаемости одним из наиболее значимых параметров является развитость и длина корневой системы растений.

Литература

1. Попов, М.Г. Флора Средней Сибири / М.Г. Попов. – Москва ; Ленинград : Изд. АН СССР, 1957. – 919 с.

2. Дикорастущие лекарственные растения России : сбор, сушка, подготовка сырья (сборник инструкций) / Общ. ред. Сидельников Н.И. и др. – Москва : ФГБНУ ВИЛАР, 2015. – 344 с.

3. Маняхин, А.Ю. Интродукция шлемника байкальского в условиях юга Приморского края / А.Ю. Маняхин, С.П. Зорикова, О.Г. Зорикова // Известия Самарского научного центра Российского академии наук. – 2013. – Т. 15. – С. 744–747.

4. Бакаева, Ю.А. Шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis* Georgi.*)*: экология, биология, интродукция : дис. канд. биологических наук СО РАН, Центральный Сибирский ботанический сад / Ю.А. Бакаева. – Новосибирск, 1997. – 177 с.

5. Маунди, К. Гомеопатия для растений / К. Маунди. – Новосибирск : Гомеопатическая книга, 2017. – 200 с.

6. Кавираджа, В.Д. Гомеопатия для фермы и сада. Гомеопатическое лечение и защита растений / В.Д. Кавираджа. – Новосибирск : Гомеопатическая книга, 2013. – 432 с.

7. Методика исследования по интродукции лекарственных растений. – Москва : Министерство медицинской промышленности, 1994. – 56 с.

УДК 581.5

ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ VERONICA INCANA В УСЛОВИЯХ АЛАСОВ УСТЬ-АЛДАНСКОГО УЛУСА

Ю.А. Бурцева

Мюрюнская станция юных натуралистов МР «Усть-Алданский улус (район)»,
с. Борогонцы, Усть-Алданский улус, РС (Я), Россия, myrystan_dod@mail.ru

Ключевые слова: вероника седая, виталитет, алас.

Veronica incana L. – один из тех видов, на численность которого особенно сказывается воздействие различных форм деятельности человека. Это обусловлено, с одной стороны, его декоративными и лекарственными свойствами, а с другой – особенностями его биологии и структуры популяции. В связи с этим очень важно отметить, что данный вид, а также его ценопопуляция и местообитание нуждаются в детальном изучении. В условиях аласов Усть-Алданского улуса *Veronica incana L* мало изучена.

Алас является издревле излюбленным местом проживания коренного населения – якутов, аласы подвергаются сильному антропогенному влиянию, что приводит к дигрессии их растительности. В том числе и *Veronica incana*, поэтому требуется более внимательное отношение со стороны специалистов-экологов и населения.

Цель: изучение виталитетного спектра ценопопуляций Veronica incana L.

Задачи:

1. Изучение биологии *Veronica incana* (морфология, распространение и применение) на основе литературных источников.

2. Проведение геоботанических исследований на местах произрастания объекта и анализ их экологических условий.

3. Расчет виталитета (IVC) особей и ЦП *Veronica incana* и анализ его зависимости от экологических факторов.

4. Определение стратегии вида *Veronica incana.*

Гипотеза. Жизненный состав ценопопуляций *Veronica incana L.* изменяется в зависимости от эколого-ценотических условий аласа.

Практическая значимость. Изучение *Veronica incana L* в условиях аласов.

Новизна. *Veronica incana L*. изучается в условиях аласов впервые.

Объект исследования: *Veronica incana L.*

Методика исследования. Геоботанические и ценопопуляционные методы.

Методы исследования. Сбор материала проводился на основе общепринятых геоботанических и популяционных методов.

Жизненность, или виталитетное состояние, особей и ЦП изучали по методикам, разработанным Ю.А. Злобиным [1, 2] и дополненным А.Р. Ишбирдиным и М.М. Ишмуратовой [3]. Для оценки виталитета особей используют индекс виталитета особи (IVC). Индекс виталитета особи рассчитывают усреднением нормированных значений всех оцениваемых признаков растений. Ранжированные по индексу IVC ряды особей разбивают на три класса: a (высший), b (средний), c (низший).

Исследование проводили в 2015 г. на территории Усть-Алданского района, с. Борогонцы в аласах Кыыс Хана, Быйды 1, Ньээкэ 1. Изучали 3 ценопопуляции (ЦП). В 2016 г. в аласах Ньээкэ 2, Быйды 2, Аччыгый алас, Мурутээйи, Андыйыкы, Нэлээн. В 2017 г. летом с 1 по 7 июля изучили 5 ценопопуляций (ЦП): Нэлээн, Андыйыкы, Мастаах, Быйды, Кыыс Хана.

В каждой ценопопуляции проводили учет 10 биоморфологических признаков 20-30 генеративных особей – количество побегов со цветком, высота побега, количество пар листьев, любой лист посередине стебля (длина, ширина), количество цветков и бутонов, диаметр 1 цветка, длина междоузлий после укороченных узлов – снизу.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. *Veronica incana* в аласах Усть-Алданского улуса произрастает на степных и луговых сообществах, характеризующихся условиями сухолугового увлажнения, на довольно богатых почвах, испытывающих слабое или умеренное влияние выпаса.

2. По результатам сравнения средних значений морфологических параметров за 2015–2017 гг. больших изменений не наблюдается. Некоторые изменения коснулись таких параметров: количество пар листьев, количество цветков.

3. В наших расчетах можно отметить, что в ЦП Быйды 1, Ньээкэ 1, Ньээкэ 2, Быйды 2, Нэлээн, Аччыгый, Мурутээйи максимальным значе-

ниям виталитета соответствует максимальная выраженность процветания, в ЦП Кыыс Хана, Андыйыкы минимальные значения виталитета, что соответствует минимально выраженному депрессивному состоянию. Таким образом, наиболее оптимальные условия для роста и развития у *Veronica incana* из исследованных ценопопуляций создаются во всех ЦП, кроме Кыыс Хана и Андыйыкы.

4**.** IVC зависит от комплекса экологических факторов (увлажнения, богатства-засоленности почв и плотности особей), из которых прямое влияние имеет фактор богатства-засоленности почв.

5. Стратегия жизни *Veronica incana* – стрессово-защитная, вид является патиентом.

6. Жизненное состояние ценопопуляций *Veronica incana* аласов Усть-Алданского улуса на данный момент относительно оптимальное и связано с эколого-фитоценотическими условиями мест произрастания.

Данные выводы являются предварительными и могут трансформироваться в ходе дальнейших исследований.

Литература

1. Саввинов, Д.Д и др. Алас Мюрю / Отв.ред. Д.Д. Саввинов. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. – 128 с.

2. Охрана природы Якутии. Рекомендательный указатель литературы / Сост. А.Н Алексеева – Якутск : Книжн. изд-во, 1983. – 64 с.

3. Босиков, Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии / Н.П. Босиков. – Якутск : ИМЗ СО АН СССР, 1991. – 128 с.

4. Максимов, Г.Н. Родная Якутия: природа, люди, природопользование / Г.Н. Максимов ; науч. ред. М.Ю. Присяжный. – Якутск : Бичик, 2003. – 168 с.

5. Данилова, Н.С. Интродукция многолетних травянистых растений флоры Якутии / Н.С. Данилова. – Якутск : ЯНЦ СО РАН, 1993. – 164 с.

6. Саввинов, Д.Д. Аласные экосистемы / Д.Д. Саввинов, Н.П. Прокопьев, В.В. Федоров и др.. Якутск, 2002. – 68 с.

7. Злобин, Ю.А. Принципы и методы ценотических популяций растений / Ю.А. Злобин. – Казань, 1989. – 146 с.

8. Гоголева, П.А. Синтаксономия и симфитосоциология растительности аласов Центральной Якутии / П.А. Гоголева, К.Е. Кононов, Б.М. Миркин, С.И. Миронова. – Иркутск : Изд-во Иркутского ун-та, 1987. – 176 с.

9. Кононов, К.Е. Сенокосы и пастбища Центральной Якутии / К.Е. Кононов, П.А. Гоголева, Е.И. Бурцева. – Якутск : Якут. кн. изд-во, 1979. – 160 с.

УДК 581.5

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ И СТРАТЕГИЯ ЖИЗНИ ГВОЗДИКИ РАЗНОЦВЕТНОЙ (DIANTHUS VERSICOLOR) В АЛАСАХ УСТЬ-АЛДАНСКОГО УЛУСА

З.В. Васильева

Мюрюнская станция юных натуралистов МР «Усть-Алданский улус (район)»,
с. Борогонцы, Усть-Алданский улус, РС (Я), Россия, myrystan_dod@mail.ru

Ключевые слова: *гвоздика разноцветная, стратегия жизни, изменчивость.*

Природная флора Якутии богата разнообразным декоративным материалом, обладающим широким диапазоном экологических свойств, что дает возможность использовать их в самых разнообразных условиях. Часто угроза существования вида находится в прямой зависимости от его хозяйственных качеств. В силу своей привлекательности, а также их использования в качестве целебных растений многие декоративные виды интенсивно истребляются на букеты и на лекарственное сырье. В результате некоторые из них значительно сократили численность популяций.

В связи с сохранением биоразнообразия Земли изучение биологии видов, популяционной жизни, стратегий выживания может дать объективную оценку состояния ценопопуляций видов и организовать их действенную охрану.

Примененные методы исследования могут быть использованы для изучения других декоративных растений Якутии.

Целью данной работы является выявление изменчивости признаков и оценка стратегии жизни ценопопуляций гвоздики разноцветной (Dianthus versicolor) на аласах Усть-Алданского улуса.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

1. Изучение литературы об исследуемом виде.
2. Изучение морфологических параметров.
3. Статистическая обработка данных.

4. Сравнение морфологических параметров растений в различных условиях произрастания.

5. Оценить жизненную стратегию гвоздики разноцветной (Dianthus versicolor) в аласах Усть-Алданского улуса.

Объект исследования – гвоздика разноцветная (Dianthus versicolor).

Новизна темы заключается в том, что впервые в условиях Усть-Алданского улуса изучены стратегия жизни и изменчивость признаков гвоздики разноцветной (Dianthus versicolor).

Методы исследования: биометрический метод, корреляционный анализ.

Сбор и обработка материалов. Сбор вида производился в 4 аласах Усть-Алданского улуса – Мюрю – участок Нэлээни и Чаарыс Тумса, Кыыс Хана, Ньээкэ и Дуодэ.

При сборе учитывалась площадное покрытие растений, факторы: увлажнение, засоление и вытаптывание. В каждой из 5 ЦП было измерено по 15 параметров у 30 растений. При помощи морфометрического метода производили промеры растения, изучали его внешнее строение.

Методы исследований. С помощью программы Excel (анализ данных) были сделаны следующие рассчеты:

- среднее значение всех признаков по ЦП;
- среднее отклонение всех признаков по ЦП;
- коэффициент вариации по формуле:

V(%) = (стандартное отклонение/среднее значение)*100;

- корреляционное число;
- коэффициент детерминации.

Для координации ЦП по градиенту комплексного фактора благоприятности условий роста использовались: коэффициент жизненности по размерному спектру (IVC); коэффициент детерминации (r^2), показывающий среднее значение квадратов коэффициентов попарной корреляции всех признаков; коэффициент вариации (CV%), который показывает, насколько изменился данный признак.

Анализ экологических условий. Один из эффективных путей анализа растительности основывается на использовании экологических шкал растений. По определению Б.М. Миркина с соавторами (1989), экологические шкалы представляют собой балльные оценки отношения видов к факторам среды, получаемые при непрямой ординации.

Шкалы, разработанные Л.Г. Раменским и его учениками, и их основные положения до сегодняшнего времени берутся в основу экологических исследований разного рода.

Структура изменчивости морфологических признаков. Изменчивость признаков рассчитали по методике Ростовой Н.С.

Эколого-фитоценотические стратегии (ЭФС) видов (тип поведения) – наиболее обобщенная и информативная характеристика вида, которая позволяет объяснить его реакцию на стресс, вызываемый абиотическими и биотическими факторами, нарушениями и, как итог, его место в растительных сообществах.

Интенсивность воздействия человека на природу с каждым годом усиливается, в этой связи мировое сообщество приходит к пониманию необходимости сохранения биологического разнообразия. Изучение биологии видов, популяционной жизни, стратегий выживания может дать объективную оценку состояния ценопопуляций видов и организовать их действенную охрану.

В результате проделанной работы мы пришли к следующим выводам:

1. Анализ экологических данных показывает, что все ценопопуляции Усть-Алданского улуса характеризуются сухолуговыми условиями увлажнения. В то же время в Якутии нет видов сухостепного увлажнения.

2. По увлажнению ценопопуляций самое высокое значение отмечается в ЦП 1, алас Нэлээн, по богатству засоленности – ЦП 2, алас Кыыс Хана, а пастбищная дигрессия – тоже в ЦП 2, алас Кыыс Хана, так как в аласе Кыыс Хана есть достопримечательность, которую посещает много людей.

3. Наиболее изменчивыми признаками является число открытых цветков и число нераскрывшихся бутонов в кусте, число генеративных бутонов. Наименее изменчивыми признаками является число метамеров. Наиболее согласованный признак имеет число генеративных побегов. Наименее согласованный признак – длина лепестка максимального генеративного побега.

4. По жизненности ценопопуляций (IVC) гвоздики разноцветной в благоприятных условиях находится ЦП алас Дуодэ. Плохие условия в аласах: Кыыс Хана, Нэлээн, хорошие условия: Чаарыс, Ньээкэ.

В результате проведенных нами исследований мы пришли к выводу, что гвоздика разноцветная в ценопопулциях Усть-Алданского улуса чувствует себя стабильно.

Литература

1. Босиков, Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии / Н.П. Босиков. – Якутск : ИМЗ СО АН СССР, 1991. – 128 с.

2. Миркин, Б.М. Современная наука о растительности : учебник / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – Москва : Логос, 2002. – 264 с.

3. Саввинов, Д.Д. Аласные экосистемы / Д.Д. Саввинов и др. – Якутск, 2002. – 68 с.

4. Королюк, А.Ю. Экологическая оценка флоры и растительности Центральной Якутии / А.Ю. Королюк, Е.И. Троева, М.М. Черосов и др. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. – 108 с.

5. Ростова, Н.С. Корреляции: структура и изменчивость : монография / Н.С. Ростова. – Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. – 308 с.

УДК 581.5

ФЛОРА РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ПРИАЛДАНСКИЙ»

А.А. Винокуров

Мюрюнская станция юных натуралистов МР «Усть-Алданский улус (район)»,
с. Борогонцы, Усть-Алданский улус, РС (Я), Россия, myrystan_dod@mail.ru

Ключевые слова: *флора, резерват, приалданский.*

Явления глобального экологического кризиса вынуждают уделять внимание растительному миру и сохранению его разнообразия как составной части окружающей среды. Для разработки мероприятий охраны необходимо глубокое и всестороннее изучение фитоценозов. Ресурсный резерват «Приалданский» организован в соответствии с постановлением Правительства Республики Саха (Якутия) от 12 мая 1997 г. № 191 на территории Усть-Алданского улуса Республики Саха (Якутия). Находится на правом берегу реки Алдан, простирается до административных границ 3 смежных улусов – Намского, Кобяйского и Томпонского. Общая площадь территории ресурсного резервата составляет 476,0 тыс. га.

Использованы следующие методики: систематический анализ, экологический анализ, анализ по жизненным формам И.Г. Серебрякова и Раункиера, хорологический анализ. Работа выполнена по материалам экспедиций «Таас урэх» по изучению РР «Приалданский» с 2006 по 2013 г. Использованы следующие методики: систематический анализ, экологический анализ, анализ по жизненным формам И.Г. Серебрякова и Раункиера, хорологический анализ .

Изучение флоры является основой для решения многих теоретических и практических вопросов систематики, ботанической географии, ресурсоведения, а также для выяснения истории флоры и прогнозирования ее дальнейших изменений.

Цель – инвентаризация флоры ресурсного резервата «Приалданский».

Задачи:

1. На основе собственных полевых исследований установить видовой состав сосудистых растений и составить конспект данной флоры.

2. Провести таксономический, биоморфологический, эколого-ценотический и хорологический анализ исследуемой флоры.

3. Выявить виды растений, нуждающихся в охране на региональном и федеральном уровнях (с мотивацией необходимости охраны и предложениями по их охране).

В результате проделанной работы мы пришли к следующим выводам:

1. В общий состав флоры ресурсного резервата «Приалданский» входят 230 видов сосудистых растений, относящихся к 49 семействам. Ведущие семейства: Астровые (AsteraceaeDumort.), Осоковые (CyperaceaeJuss.), Лютиковые (RanunculaceaeJuss.), Розоцветные (RosaceaeJuss.), Мятликовые (Poaceae Barnhart). Из экологических групп преобладают мезофиты.

2. Анализ жизненных форм по Серебрякову показал, что во флоре резервата преобладают травянистые многолетники (75,6%), на втором месте – кустарники высотой менее 1,5 м (6,086 %) и травы-двулетники (5,21%). По классификаци жизненных форм Раункиера видно абсолютное преобладание гемикриптофитов (68,7%) .

Анализ по географическому составу по широтным группам показывает преобладание бореальных (30,8%), лесостепных (23,4%) и полизональных видов (15,6%.)

В районе исследования были встречены 7 видов растений из 6 семейств, которые занесены в Красную книгу Республики Саха (Якутия): Trollius sibiricus Schipcz. – Жарок сибирский, Cypripedium guttatum Sw. – Башмачок капельный, Lilium pensylvanicum Ker.-Gawl. – Лилия пенсильванская, Iris laevigata Fisch. et C. A. Mey. – Касатик сглаженный, Viola dactyloides Schult. – Фиалка пальчатая, Nypharpumila (Timm.) DC. – Кубышка малая, NymphaeatetragonaGeorgi – Кувшинка четырехугольная.

Проведенные изучения растительности на территории ресурсного резервата позволяют говорить о перспективности дальнейшего научного исследования.

Литература

1. Гоголева, П.А. Полевые работы по изучению растительности (методические указания) / П.А. Гоголева. – Якутск : Изд-во ЯГУ, 2003. – 21 с.

2. Захарова, В.И. Разнообразие растительного мира Якутии / В.И. Захарова. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. – 328 с.

3. Конспект флоры высших сосудистых растений Центральной Якутии: справочное пособие. – Якутск, 2003. – 64 с.

4. Красная книга РС (Я). Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / М-во охраны природы РС (Я), Департамент биологических рес-ов. – Якутск : Сахаполиграфиздат, 2000. – 256 с.

5. Саввинов, Д.Д. Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика / Д.Д. Саввинов, Н.П. Миронова, Н.П. Босиков и др. – Новосибирск : Наука, 2005. – 264 с.

УДК 581.192.2

РОД ARTEMISIA КАК ИСТОЧНИК ВЕЩЕСТВ ВТОРИЧНОГО СИНТЕЗА РАСТЕНИЙ

Н.Н. Кириллина, М.Т. Ханды

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, nana95@bk.ru

Ключевые слова: *Artemisia, вторичный метаболизм, флавоноиды, сесквитерпеновые лактоны.*

Последние десятилетия характеризуются бурным развитием разделов биохимии и физиологии растений, связанным с изучением вторичных метаболитов. Такие соединения в литературе иногда даже называли «веществами роскоши клеток». Однако их роль ничуть не меньше, чем физиологическая значимость первичных метаболитов. Является заблуждением, что вторичные метаболиты, излишки растения вызваны тем, что в отличие от первичных метаболитов, как правило, они весьма специфичны для каждого рода и вида растения [1].

Обширный род полыни (*Artemisia*), объединяющий более 500 видов, издревле известен своими лекарственными свойствами за счет содержания флавоноидов и изопреноидов. К примеру, в *Artemisia annua* L. методом хроматографического разделения выделены 6 соединений. На основании спектральных данных были обнаружены флавоноиды: 4-метиловый эфир кверцетина, флавоны, 2,2-дигидрокси-6-метоксихромен и 2,2,6-тригидроксихромен, хризопленетин, кастицин, эвкапин, артемитин [2]. *A. annua* L. использовали при лечении 52 болезней [3].

Из *Artemisia baldshuanica* выделены 6 соединений, относящиеся к флавоноидам. Из них 5-гидрокси-7,4’-диметоксифлавон обладает антиаллергической и антибактериальной активностью против *Vibrio cholerae* и *Enterococcus faecalis*, при этом не проявляя токсического эффекта на человеческие лимфоциты. Также показано, что это соединение в составе смеси четырех флавонов обладает анальгетической активностью [4].

В *A. tenuisecta* идентифицированы 36 соединений, относящиеся к гемитерпеноидам [4]. Следует отметить, что циклические монотерпеноиды-

ды (камфора, 1,8-цинеол, туйон и др.) являются мощными ингибиторами семян и проростков, произрастающих рядом растений [6]. α-Пинен выступает как детергент, отпугивающий насекомых. Вербенон и цинеол, фарнезен проявляют свойства репеллентов [7]. 3-карен обладает инсектицидной активностью, а α-пинен и его производные проявляют феромонную активность [8].

Основными компонентами *A. sogdiana* являются 5,5-диметил-2(5H)-фуранон – 17,99%, у-винил-у-валеролактон – 8,71%; монотерпеноиды: 1,8-цинеол – 28,13%, а-туйон – 3,18%, ß-туйон – 2,69%, камфора – 8,65%, филифолид А – 4,05%, хризантенон – 5,23%. Из них монотерпеноиды являются активными ингибиторами прорастания семян и роста проростков окружающих однолетних растений, а также то, что продуцируемые растениями летучие органические соединения являются важным фактором для межвидового взаимодействия организмов в экосистемах [9].

Также установлено достаточно высокое содержание фенольных соединений в растениях полыни, специально выращенных на опытном участке. Показано преобладание гидроксикоричных кислот, в то время как количество флавоноидов как в растениях, так и в культуре трансформированных корней было значительно ниже. Следует отметить, что у специально выращенной *in vitro* полыни синтез фенольных соединений был практически так же эффективен, как и у растений в полевых условиях. Достаточно большой уровень фенола обнаруживают в метанольных экстрактах полыни.

Благодаря составу вторичных метаболитов различные виды полыни имеют широкий спектр биологической активности – от противомалярийной до антиоксидантной. В растениях рода *Artemisia* были обнаружены соединения, которые стали составляющим важных лекарственных препаратов. В частности, артемизинин, выделенный из травы *A. annua*, известный своей противомалярийной активностью, проходит доклинические исследования в качестве антиракового препарата. Основными важными компонентами *Artemisia* являются терпеноиды, флавоноиды, кумарины, кофейноилхиноновые кислоты, стерины и ацетилены.

Таким образом, вторичные метаболиты представителей рода *Artemisia* представляют интерес как источники биологически активных соединений для разработки востребованных лекарственных средств.

Литература

1. Носов, А.М. Функция вторичных метаболитов растений *in vivo* и *in vitro* / А.М. Носов // Физиология растений. –1994. –Т. 41. – С. 873-878.

2. Жигжитжапова, С.В. Биологически активные вещества *Artemisia annua* L. / С.В. Жигжитжапова, Т.Э. Рандалова, Л.Д. Раднаева // Фармацевтические науки – 2014. – № 12 (часть 11) – С. 2383-2387.

3. Коновалов, Д.А. Биологически активные соединения полыни однолетней. Эфирное масло / Д.А. Коновалов, А.А. Хамилонов // Фармация и фармакология. – 2016. – № 4. – Т.4. – С. 4-33.

4. Мухаматханова, Р.Ф. Флавоноиды *Artemisia Baldshunica* / Р.Ф. Мухаматханова // Химия растительного сырья. – 2017. – № 3. – С. 233–236.

5. Мухаматханова, Р.Ф. Монотерпеноиды и другие компоненты *Artemisia Tenuisecta* / Р.Ф. Мухаматханова // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. Мухаматханова Р.Ф. [и др.]. – 2017. – № 5(35).

6. Семенов, А.А. Основы природных соединений / А.А. Семенов, В.Г. Карцев. – Москва : ICSPF, 2009. – Т. 1. – 620 с.

7. Турсунходжаева, Ф.М. Аллелопатическая функция терпеноидов видов подрода Seriphidium (Bess) Rouy Artemisia L., произрастающих в Узбекистане / Ф.М. Турсунходжаева, И.Д. Шамьянов, А.М. Нигматуллаев, Т.Р. Юнусов, К.Н. Тодерич // Терпеноиды: достижения и перспективы применения в области химии, технологии производства и медицины: материалы Международной научно-практич. конф. (Казахстан, г. Караганда, 911 апреля 2008 г.). – Караганда, 2008. – С. 228.

8. Kawazoe, K. Sesquiterpenoids from Artemisia tenuiseda / Kawazoe K., Morishita N., Nagao A., Takaishi Y., Honda G., Ito M., Takeda Y., Kodzhimatov O.K., Ashurmetov O. // Nat. Med. – 2003. – V. 57, N 3. – P. 114-116.

9. Мухаматханова, Р.Ф. Терпеноиды и другие компоненты *Artemisia sogdiana* и *A. serotina*, произрастающих в Узбекистане / Р.Ф. Мухаматханова, Х.М. Бобакулов, И.Д. Шамьянов, Н.Д. Абдуллаев // Химия растительного сырья. – 2017. – № 2. – С. 133-136.

UDC 58.084.1

FEATURES OF BIOTESTING TOXIC SUBSTANCES BY USING PLANTS

G.V. Kozlov
Saint Petersburg State Institute of Technology (technical university).
Московский пр., 26, Saint Petersburg, Russia, kozlov_gv@mail.ru

Keywords: Biotesting, phytotoxicity, Triticum aestivum, Zea mays, polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH

Biotesting by using plants is the key way to assess the effectiveness of soil bioremediation. We have studied the specifics of the application of plant biotesting methodics to the specificity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). The evaluation was carried out at a fixed PAH concentration corresponding to its content (Fig. 1) in substrates that must undergo biological treatment. Evaluation of seed germination is impractical due to the low sensitivity (*Triticum aestivum* L.(1753) and *Zea mays* L.(1753)) 6% and 2% of oppressioncompared to controls).

More informative is the method of cultivation of*T. aestivum* L.(1753) under conditions of micro vegetation on a mineral soil containing the substance we observe. The most sensitive parameter was the length of the green part of plants (oppression is more than 50%), the mass of the green part is less sensitive (35%). Micro vegetational experiment allows to achieve the maximum accuracy out of all the studied methodics, however it requires a long (up to 14 days) incubation time. A feature of this method is the possibility of obtaining a false result at high pollutant concentrations – so the mass and length of the system of roots are stimulated by high PAH concentrations (by 73% and 40%, respectively), which prohibits using these parameters for evaluation. This effect is explained by the negative chemotaxis of the plant in relation to the contaminated soil (Fig. 2) and was observed only for hydrophobic organic pollutants.

On this basis, the length of the green part in the micro vegetational experiment was selected as the key parameter for determining the lower limit of the negative influence. When the total PAH concentration in the soil is 510 mg/kg (Fig.3, plant 3), the length and mass of the root system are stimulated

and the length and mass of the green part are inhibited, although it does not indicate the harm being applied, but indicates a statistically significant biological effect (Fig. 3, plant 2). Thus, the purpose of the bioremediation process is to reduce the PAH content in soil below 51 mg/kg.

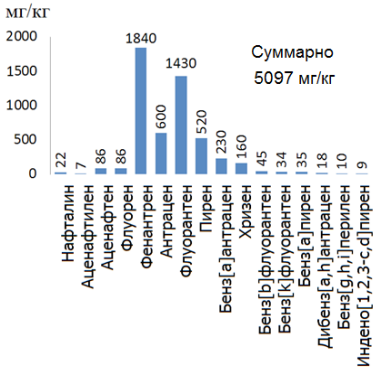


Fig. 1. The composition of PAH mixture, the toxicity of which was determined on various plant test objects.

Control Experiment

Fig. 2. The formation of aerial roots on wheat under micro-vegetational experiment in test-tubes of 20 mm diameter (three samples).

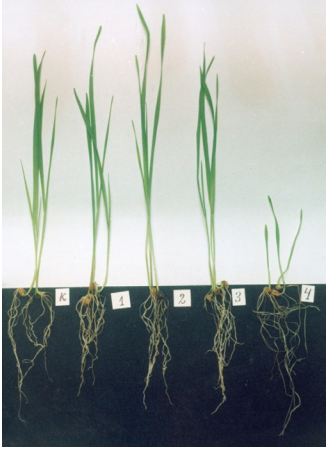


Fig. 3. Influence of the PAH content in the soil (expanded perlite sand) on wheat plants under micro vegetational experiment (the content of PAH in the soil in fractions of the maximum of 5097 mg/kg:

K (Control) – 0; 1 – 1/1000; 2 – 1/100; 3 – 1/10; 4 – 1).

УДК 579.63

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОСТА ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОКСИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Г.В. Козлов, А.В. Гарабаджиу, М.А. Пушкарев

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
Московский пр., 26, г. Санкт-Петербург, Россия, kozlov_gv@mail.ru

Ключевые слова: *компостирование, переработка токсичных отходов, низкопотенциальное тепло.*

Переработка токсичных органических отходов промышленности, энергетики и горнодобывающей промышленности традиционно ведется термическими способами. Более экологичные биологические методы в условиях Крайнего Севера могут использоваться только в очень короткий период, что делает их неконкурентными по технологическим показателям. Такие процессы в холодное время года не могут протекать без внешнего подогрева, что делает их не просто убыточными, а экологически опасными – выбросы от сжигания топлив на обогрев превышает эмиссию при термической утилизации отходов.

Для использования технологий биоремедиации в условиях Крайнего Севера была разработана технология биодеградации токсичных отходов в смеси с компостом из твердых коммунальных отходов (ТКО) (фракция пищевые отходы, бумага и садово-парковые отходы) (рис. 1).

Основной идеей является использование для обогрева низкопотенциального тепла процесса компостирования – по аналогии с биотопливом из отходов для тепличного хозяйства. Содержание органического вещества в компосте в процессе дозревания падает с 67% до 30% по массе (поддержание температуры в термофильной стадии), pH изменяется с 7,09 до 8,15 единиц, неорганические поллютанты, при внесении в компост только органической фракции отходов, без примеси неорганических отходов содержатся в количествах, сопоставимых с обычным компостом. Твердые отходы, загрязненные органическими веществами,

вносятся заменой мелкого балласта, находящегося в компосте (такой способ не приводит к снижению концентрации органического вещества, являющегося источником энергии для саморазогрева субстрата), таким образом, извлекаемость балласта будет определять ёмкость компоста по твердым отходам. Наибольший интерес представляет свежий компост (для условий Крайнего Севера полученный летом), поскольку только его использование позволяет обеспечить нужный температурный режим. Ключевым аргументом в обосновании экономической целесообразности технологии является разность стоимости приема ТКО и опасных отходов на утилизацию, кроме того, масса компоста в процессе дозревания сокращается на 30%, что снижает затраты на захоронение отработанных субстратов.

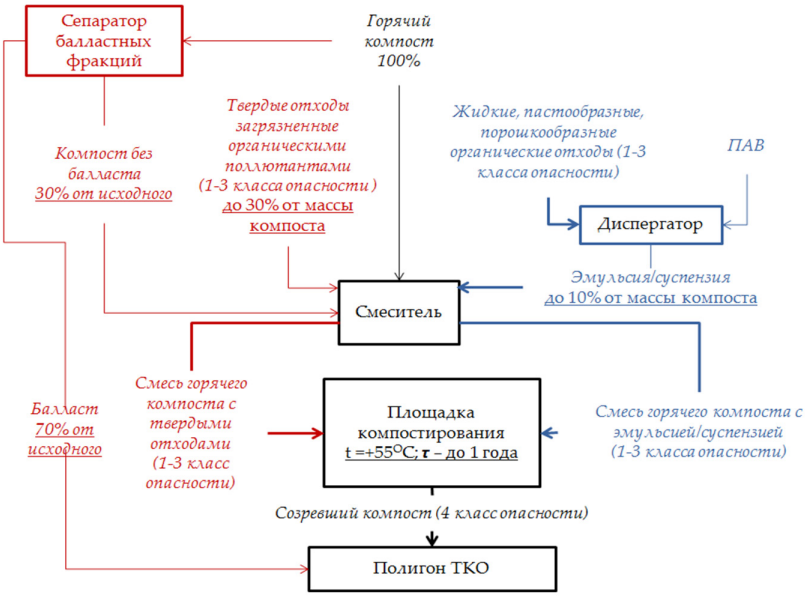


Рис. 1. Технологическая схема переработки токсичных органических отходов с использованием горячего компоста из ТКО (красный цвет – переработка твердых, синий – жидких отходов, черный – общие этапы)

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФЛОРЫ

Е.И. Корякина

МБОУ «Майинская СОШ имени В.П. Ларионова»,
с. Майя, Мегино-Кангаласский улус, РС (Я), Россия, mekachifuka1991@mail.ru

Ключевые слова: *видовое разнообразие, флора.*

Видовое разнообразие – очень важное свойство экосистем. С ним связана устойчивость систем к неблагоприятным факторам среды. Разнообразие обеспечивает дублирование устойчивости. Видовую структуру обычно используют для оценки условий местопроизрастания по растениям-индикаторам. Так, для лесной зоны кислица указывает на условия увлажнения, близкие к оптимальным, и значительное богатство почв питательными минеральными веществами; черника – на несколько избыточное увлажнение и некоторый дефицит элементов минерального питания; брусника – на дефицит увлажнения и почвенного плодородия; мхи (кукушкин лен и особенно сфагнум) – на чрезмерно избыточное увлажнение, дефицит минеральных веществ, недостаток кислорода для дыхания корней и наличие процессов торфообразования.

Цель работы: рассмотреть видовое разнообразие как стабилизатор экосистемы.

Термин «биоразнообразие» ассоциируется главным образом с разнообразием живых организмов, имея в виду всю полноту различных видов животных, растений, грибов, лишайников и микробов. Особое значение имеют таксономически изолированные древние виды, поскольку они сильно отличаются от других видов и поэтому уникальны по своей генетической структуре. Часто эти виды являются эндемичными, то есть свойственными одной конкретной местности.

Влияние деятельности человека на видовое разнообразие. Переэксплуатация ресурсов, загрязнение и изменения среды обитания представляют собой основные угрозы разнообразию видов на планете.

Действие этих факторов ведет к постепенному исчезновению видов на местном, региональном и глобальном уровнях. Кроме того, непродуманная интродукция видов в новые экосистемы нередко ведет к нарушению здесь природного равновесия.

Постоянный рост туризма, интенсивное сельское хозяйство, ориентированное на извлечение прибыли (например, выращивание монокультур в сельском хозяйстве) и бурное развитие промышленности и транспорта в еще большей степени усиливают негативные тенденции.

Мы определили виды растений, которые произрастают в окрестности с. Майя Мегино-Кангаласского улуса РС (Я):

1. Сосна обыкновенная. 2. Ель сибирская. 3. Ива бебба. 4. Ива росистая. 5. Крапива двудомная. 6. Подмаренник болотный. 7. Полынь белолистная. 8. Берёза. 9. Донник лекарственный. 10. Мятлик луговой.

Кратко исследовали строение видовых разнообразий растений. Исследовали и привели несколько примеров о значениях, применении этих растений. Анализ флоры показал, что почва вокруг школы довольно богата солью.

Таким образом, видовая структура экосистемы – это разнообразие видов, взаимосвязь и соотношение их численности. Различные сообщества, входящие в состав экосистемы, состоят из разного числа видов – видового разнообразия.

Видовое разнообразие зависит от соотношения численности видов в экосистеме. Уменьшение видового разнообразия угрожает самому существованию вида в силу сокращения генетического разнообразия – запаса рецессивных аллелей, обеспечивающего приспособленность популяций к меняющимся условиям среды обитания.

В свою очередь, видовое разнообразие служит основой экологического разнообразия – разнообразия экосистем. Совокупность генетического, видового и экологического разнообразия составляет биологическое разнообразие планеты.

Деятельность человека по влиянию на биологическое разнообразие планеты превосходит все известные в прошлом геологические катастрофы. Очень важно не допустить такого снижения биоразнообразия, которое привело бы к снижению устойчивости экосистем, перешло бы границы их самовосстановительных возможностей.

Литература

1. Охрана природы Якутии. Рекомендательный указатель литературы / Сост. А.Н. Алексеева. – Якутск : Книжн. изд-во, 1983. – 64 с.

2. Максимов, Г.Н. Родная Якутия: природа, люди, природопользование / Г.Н. Максимов ; науч. ред. М.Ю. Присяжный. – Якутск : Бичик, 2003. – 168 с.

3. Данилова, Н.С. Интродукция многолетних травянистых растений флоры Якутии / Н.С. Данилова. – Якутск : ЯНЦ СО РАН, 1993. – 164 с.

УДК 504.06;582

COLLECTION OF FAMILY LAMIACEAE LINDL. AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATIONS

Zh.M. Okhlopkova[1], P.S. Egorova[2]

[1]Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
[2] Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
Якутский ботанический сад,
г. Якутск, Россия, biotechnologyysu@rambler.ru

Keywords: *collection, Lamiaceae Lindl, Dracocephalum palmatum, practical use.*

Botanical gardens were created to conserve plant biodiversity, one of the actual problems of the current state of the environment. At the present stage, their condition and activity are regulated by the main program document “Global Strategy for Plant Conservation: 2011-2020” (Program) [1]. The program points sixteen targets, including ensuring effective plant conservation, the full utilization of the potential of plant diversity as sources of medicines and the protection of genetic diversity.

The botanical garden of one of the largest regions in the territorial distribution in the zone of Siberia and the Far East – the Republic of Sakha (Yakutia) – has preserved and sheltered in its gardens in the form of collections various cultures, including rare and endangered flora of Yakutia, as well as representatives of the essential oil flora of the region. The latter are represented by a unique collection of the species of the family *Lamiaceae* Lindl.

47 species from 17 genera of the family *Lamiaceae* Lindl [2] grow on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia). The species diversity of genus *Thymus* L., which is represented by 15 species, the genus *Dracocephalum* L. – by 5 species, the genera *Scutellaria* L. and *Lamium* L. – by 4 species, genus *Mentha* L. – by 3 species, genera *Galeopsis* L., *Leonurus* L., *Lycopus* L. and *Stachys* L. – by 2 species, and the genera Amethystea L., Clinopodium L., Glechoma L., Lagopsis Bunge, *Origanum* L., *Phlomis* L., *Prunella* L.

and *Schizonepeta* (Bentham) Brig. are represented by only one species. The collection of the Yakutian Botanical Garden (YBG) contains in an excellent vegetative and seed bearing state 19 species of the genera *Dracocephalum*, *Glechoma*, *Lamium*, *Leonurus*, *Mentha*, *Phlomoides*, *Prunella*, *Schizonepeta*, *Thymus*, *Scutellaria* from the regional flora, and 50 species of the genera *Ocimium*, *Scutellaria*, *Lavandula*, *Lamium*, *Melissa*, *Nepeta*, *Dracocephalum*, *Prunella*, *Physostegia*, *Phlomoides*, *Satureja*, *Galeopsis*, *Leonurus*, *Mentha*, *Origanum*, *Hyssopus*, *Thymus* from other regions. All of them represent a huge potential as sources of high-value biologically active substances and secondary metabolites, which are in demand for the development of various medicines.

To pursue relevant objectives of the Program, the following areas of joint scientific, practical, and educational activities are highlighted: 1. Expansion of the collection of regional flora. 2. Inclusion of the collection as an educational resource for organizing and conducting specialized practices and production practices. 3. Ensuring the conservation and protection of the genetic diversity of the collection. 4. Development of methods of practical application of the representatives of the collection.

The staff of the biological department of the Institute of Natural Sciences of the North-Eastern Federal University have a wide experience in organizing and conducting various expeditions, including the international level of monitoring, studying, and collecting unique rare, endemic, and red-listed plants of Yakutia. A huge amount of data was collected about their resources, preference for habitat, a herbarium collection was created for the plants of the central, southern, and northern regions. In this regard, the staff will be able to expand the collection of the family *Lamiaceae* Lindl. in YBG.

The future biologists of the region are preparing within the walls of the Institute of Natural Sciences. The profile of their training also includes knowledge, conservation, and protection of plant diversity. It is necessary to include a certain training for work on plantations of YBG, with the study of plant phenophases, description of their morphological features, and phenotyping in the framework of production practices according to the curriculum for the preparation of the direction «Biology». Also, it is necessary to include field work for cultivation of populations of terrestrial plants.

As a first interaction, we began the study of interspecies and intraspecies variability in the genus *Dracocephalum*. The genotyping of different species

of dragonheads and representatives of one species, from various ecological habitats, will allow us to develop a tree of the genetic relationship, difference and similarity of certain species to each other. Creation of a genetic profile will allow us to expand the work and accelerate production of the plant's genetic passports of a unique collection of economically valuable species of the family *Lamiaceae*. The study will help to monitor the conservation and protection of the genetic diversity of this collection in the future, which is one of the main objectives of the Program.

To accomplish the fourth objective, we should emphasize our efforts on the representatives, we study because of their antibacterial, antifungal, and possible anti-cancer agents. We have previously paid attention to *Dracocephalum palmatum* Steph. ex Willd., as one of the potential Yakutian wild plant, which forms continuous "carpet" populations on the dry stony south-western slopes of the Oymyakon highland.

Dracocephalum palmatum – endemic East Siberian-Far Eastern, hypoarctic-montane species. The species is noted in the floras of the mountain systems of the North-Eastern and Arctic parts of Russia [2-7]. Xeropetrofyte. Mountain medium-belt(montane) species. It is a part of the plant complexes of the tundra belt at altitudes of 700-1500 m above sea level, and can descend to the level of forest belt. Is a pioneer of claiming stony talus [2, 7]. The species was introduced in 1971 to the Yakutian botanical garden, from the area of the village. Kitchan of Kobiai region. The representative is preserved in the collection of the natural flora of Yakutia. The bush separated, currently consists of several bushy particles. Besides this, the collection includes the following samples: 1/ bank of the river Endybal in its middle reaches, Verkhoyansky District, 2005; 2/ bank of the river Kyubemy, Oymyakonsky District 2012; 3/ Usuktakh-Khaya in the area of village Segen-Kel of Kobiai region, 2015. All samples have taken root, annually pass a full cycle of seasonal development, bloom, and give viable seeds, multiply by self-seed, are not affected by pests and diseases, i.e. are prospective introduced species (table).

Table

Performance indicators of *Dracocephalum palmatum* in culture

Index	Sample of Kitchan	Sample of Kyubemy	Sample of Endybal
Height of terminal inflorescences of lateral shoots, cm	7,56±0,46	14,8±0,63	3,2±0,12
Number of metamers of inflorescences	7,8±0,43	13,2±0,50	6,0±0,21
The total number of flowers in the inflorescence	14,3±1,03	26,0±1,38	7,7±0,76
The total number of seeds in the inflorescence	13,9±2,15	55,4±2,99	6,7±1,91

In culture, Dracocephalum palmatum develops the life form of a semi-mobile stem-rooted wintergreen shrub – pine. The plant is wintergreen, grayish-green because of its dense fluff. The vegetative body of the plant consists of 5-7 creeping skeletal axes, and densely branched plagiotropic semi-mature shoots. The leaf plates are whole, ovate, deeply pinnat-incised, the upper leaves are often smaller, almost sessile. Flowers are purple, grouped at the ends of stalks in oblong open thyrsus. Nuts are ovate, slightly trihedral.

We have indicated the accumulation of a high amount of phenolic compounds and unsaturated fatty acids in leaves of *Dracocephalum palmatum* Steph., new compounds that are characteristic of representatives of the genus *Dracocephalum*[8] have been identified, the influence of the temperature and light factor on the growth of plant biomass and photosynthetic efficiency have been studied [9-10], an inspection sequencing of the plant genome was conducted [11]. This plant is studied as a source of secondary metabolites with antibacterial activity. In this respect, a protocol for each genus of the YBG collection should be prepared for the detection and production of the demanded secondary metabolites by cellular technology, and subsequent screening of their bioactivity.

References

1. Global Strategy for Plant Conservation: 2011-2020. www.plants2020.net.

2. Конспект флоры Якутии: Сосудистые растения / Сост. Л.В. Кузнецова, В.И. Захарова. – Новосибирск : Наука, 2012. – 272 с.

3. Беликович, А.В. Растительный покров северной части Корякского нагорья : монография / А.В. Беликович. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – 420 с.

4. Беликович, А.В. Ландшафтно-экологическая структура биоты стационара «Контакт». Северо-Восток России : монография / А.В. Беликович, Л.С. Благодатских, С.П. Бухкало. – Владивосток : БСИ ДВО РАН, 2004. – 175 с.

5. Захарова, В.И. Флора высших сосудистых растений природного парка «Колыма» / В.И. Захарова // Лесные исследования в Якутии: итоги, состояние и перспективы : мат. регион. науч.-практ. конф. Якутск, 23-24 ноября 2006 г. – Якутск, 2006. – Т. 2. – С. 39-47.

6. Куваев, В.Б. Флора субарктических гор Евразии и высотное распределение её видов: монография / В.Б. Куваев. – Москва : Т-во научных изданий КМК, 2006. – 568 с.

7. Николин, Е.Г. Конспект флоры Верхоянского хребта / Е.Г. Николин. – Новосибирск : Наука, 2013. – 248 с.

8. Olennikov D.N., Chirikova N.K., Okhlopkova Z.M., Zulfugarov I.S. Chemical composition and antioxidant activity of Tánara Ótó (*Dracocephalum palmatum* Stephan), a medicinal plant used by the North-Yakutian nomads // Molecules. – 2013. – 18(11). – P. 14105-14121.

9. Андреева, А.А. Изменение флуоресцентной активности *Dracocephalum palmatum* Stephan при различных температурных условиях выращивания / А.А. Андреева, П.А. Ноговицын, Е.В. Кучарова и др. // Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий : материалы научной конференции. – Калининград : Калинингр. гос. техн.у н-т. – Аксиос. – 2014. – С. 36-37.

10. Andreeva A.A., Kucharova E.V., Nogovitsin P.A. Change of fluorescence activity of *Dracocephalum palmatum* Stephan according to growing conditions // The 2nd International Conference with the Elements of Scientific School for Youth «Phytobiotechnology Prospects for Improving the Quality of life in the North» (October, 6-10, 2014, Yakutsk): material / edited by Okhlopkova Zhanna M.; North-Eastern Federal University. – Yakutsk : NEFU Publishing House. – 2014. – P. 75-76.

11. Andreeva A.A. Nogovitsin P.A., Kucharova E.V. et al. *Dracocephalum palmatum* Steph. as a model plant for biotechnology of biologicalla active compounds // The 2nd International Conference with the Elements of Scientific School for Youth «Phytobiotechnology Prospects for Improving the Quality of life in the North» (October, 6-10, 2014, Yakutsk): material / edited by Okhlopkova Zhanna M.; North-Eastern Federal University. – Yakutsk : NEFU Publishing House. – 2014. – P. 58-63.

УДК 581.6

РАЗРАБОТКА МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БАВ ИЗ ЛИШАЙНИКОВОГО СЫРЬЯ В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

А.Ш. Смагулова, В.В. Аньшакова, А.В. Степанова

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, miregia88@mail.ru

Ключевые слова: *Cladonia stellaris, действующие вещества, природные ресурсы.*

В народной медицине зачастую бывает так, что невзрачный сорняк или малоизвестное растение эффективнее более распространенных [1]. Одно из таких растений – *Cladonia stellaris* (якут. лабыкта). Это растение широко известно как олений корм. Олени чувствуют себя прекрасно, если питаются только *Cladonia stellaris*, оно им и пища, и лекарство [2]. В нем содержится комплекс различных активных веществ, одним из них является сильнейший антибиотик – усниновая кислота, особенностью которой является способность угнетать размножение гнилостных бактерий. Антимикробные вещества, содержащиеся в *Cladonia stellaris*, активны не только против стафилококков, стрептококков и подобных микроорганизмов, но и против туберкулезной палочки, сохраняя при этом полезную микрофлору кишечника.

В народе этот природный ресурс использовали практически везде, т.к. он произрастает почти по всей территории нашей страны и не только. В народной медицине применяется для очищения крови, при тромбофлебите и варикозном расширении вен, атеросклерозе, заболеваниях щитовидной железы, бронхиальной астме. БАВ оказывает обволакивающее действие, лечит гастриты, метеоризм, колиты, язву желудка и двенадцатиперстной кишки [3], нормализует работу поджелудочной железы. Воздействует положительно при заболеваниях зоба любой тяжести, способствует рассасыванию узлов. Настои из ягеля нормализуют работу дыхания и кровотока при легочных и сердечно-сосудистых заболеваниях, очищают печень, почки, сосуды, лимфу.

Регулярное применение настоя омолаживает организм, способствует укреплению сердечной мышцы, стабилизации артериального кровяного давления и обмена веществ. Настой снижает содержание холестерина, избыток которого является причиной различного рода атеросклеротических заболеваний.

Настой эффективно защищает организм от радиации, он связывает и выводит из организма токсические вещества, радионуклиды, соединения тяжелых металлов и другие яды и антитела. Нейтрализует воздействие химической и лучевой терапии, а также сильнодействующих лекарств [1].

Кроме этого, отвары из слоевища лишайника применяют наружно в виде примочек при язвах, ожогах, ранах, особенно гнойных, поскольку он обладает мощнейшим антимикробным действием [2]. В старину лишайником обкладывали мясо, чтобы оно не портилось. Мясо могло не портиться даже при комнатной температуре [3]. Существует огромное количество различных рецептов настоек из лишайника. В рецептах обязательным условием является измельчение слоевищ лишайника. Это первые попытки использования методов извлечения БАВ, эффективность которого не настолько велика, как ожидалось. Кочевые народы применяли количественный характер в использовании лекарственных растений.

Развитие техники и технологии позволило нам сделать большой шаг и перейти на новый уровень из количественного в качественный.

Наше ноу-хау – это применение механохимической нанобиотехнологии обработки (измельчение) растительного сырья с небольшими добавками твердофазных химических реагентов. Ударно-истирающее воздействие сопровождается наряду с разрушением клеточных стенок и изменением химического состава компонентов растительного сырья из-за разрыва ряда химических связей, даже таких прочных, как β-гликозидная. На образующуюся в технологическом процессе углеводную часть (олигосахариды из лихинана) мы «насаживаем» различные фармаконы, к примеру, витаминно-минеральные комплексы, известные фармпрепараты, БАВ лекарственных растений. Происходит межмолекулярное комплексообразование между олигосахаридами и действующим веществом. При этом β-олигосахариды проявляют себя как синергетная компонента в комплексе с действующими веществами: лишайниковыми

кислотами, либо с активными веществами известных фармпрепаратов антибиотического действия или известными БАВ лекарственных растений. Механохимическая активация экологична и происходит в одну технологическую стадию, без применения взрывоопасных примесей, реагентов, сушки и др.

В Северо-Восточном федеральном университете нами разработаны составы механохимических твердофазных (капсулированных) биопрепаратов из северного природного биосырья, эффективных при коррекции (лечении) лекарственных устойчивых форм туберкулеза; метаболических нарушений (сахарный диабет, атеросклероз), а также при решении задач спортивной медицины [5]. Налажен выпуск мелкосерийной партии биопродукции – линейки твердофазных биологически активных добавок к пище: «Ягель-Detox», «Вита-Ягель», «Вивлан», «Кладород», «Кладония», произведенных на основе слоевищ лишайников р. Cladonia механохимической биотехнологией.

Основываясь на опыте предков, для более эффективного извлечения нужных веществ из ягеля мы стали применять метод механохимической активации, что позволило повысить в 5-10 раз биодоступность действующего активного вещества, и лучшее его усвоение в организме. Результаты доклинических испытаний показали, что препараты дают хороший лечебно-профилактический эффект в качестве биологически активных веществ адаптогенного, регуляторного, иммунокоррегирующего, детоксикационного и т.д. действия. Причём структурное разнообразие БАВ, при их использовании в качестве активного вещества биопрепаратов, позволяет избежать негативных побочных эффектов, характерных для монокомпонентных синтетических препаратов.

При добавлении механоактивированного слоевища *Cladonia stellaris* в продукты питания наблюдается увеличение сроков хранения, обогащение эссенциальными микроэлементами и негормональными физиологически активными веществами.

Литература

1. Ягель – применение в народной медицине [Электронный ресурс] / Здоровье – жизнь, спорт и красота. Секреты красоты и здоровья. Из сокровищницы русских и зарубежных знахарей, травников, лекарей. *Народные рецепты и советы по лечению различных заболеваний. Здоровый образ жизни. Достижения и новости медицины. Электрон. дан. – Москва,* 2014 – Режим доступа: http://

zdoroviegizn.ru/yagel-islandskij-mox-primenenie-v-narodnoj-medicine.html/, свободный. – Загл. с экрана.

2. Костеров, В.М. Как лечит исландский мох / В.М. Костеров. // Вестник «Здоровый образ жизни». 2013. – № 23 (493). – 29 с.

3. Лекарственные растения. Травник. Ягель – [Электронный ресурс] / Свой лекарь. Электрон. дан. – Москва, 2014 – Режим доступа: http://www.svoylekar.ru/lekarstvennye-rasteniya/119-travnik/1250-yagel/, свободный. – Загл. с экрана.

4. Симонова, Л.В. Цетрария – спасение от туберкулеза [Электронный ресурс] Дачная / Л.В. Симонова ; ред. В.В. Белоусов – Электрон. дан. Архангельск, 2010 – Режим доступа: http://old.vdvsn.ru/papers/dachnaya/2010/10/01/82290/, свободный. – Загл. с экрана. 5. Аньшакова В.В. Биотехнологическая механохимическая переработка лишайников р. *Cladonia* / В.В. Аньшакова. – Москва : Изд. дом Академии естествознания, 2013. – 116 с.

УДК 635 92.05(476):532/535

СОХРАНЕНИЕ РЕДКИХ ВИДОВ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИДОРОЖНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ IN SITU И EX SITU

Е.В. Спиридович[1], А.Б. Власова[1], А.Г. Шутова[1], И.Ф. Вайновская[1], В.Н. Решетников[1], И.П. Вознячук[2], И.М. Степанович[2], О.Е. Ефимова[2], Р.М. Голушко[2], Т.В. Станкевич[3], О.С. Ежова[3], В.С. Люштык[3]

[1]Центральный ботанический сад НАН Беларуси,
ул. Сурганова, 2В, г. Минск, Беларусь, e.spiridovich@cbg.org.by
[2]Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси,
ул. Академическая, 27, г. Минск, Беларусь, ira.kalanda@gmail.com
[3] Национальный парк «Нарочанский», ул. Ленинская, 11, Минская обл.,
Мядельский р-н, курортный поселок Нарочь, Беларусь, st.tanya@tut.by

Ключевые слова: *придорожные экосистемы, природная флора, условия in-situ, редкие виды растений, ботанические коллекции, сохранение ex-situ, информационные ресурсы.*

Введение. Придорожные экосистемы при их регулируемом кошении могут стать основным резерватом сохранения исчезающего в Республике Беларусь биоразнообразия луговой флоры и ряда редких видов растений. Впервые в РБ предлагается создание высокоэстетических экспозиций на придорожных территориях на основе природных растительных сообществ (фитоценозов), которые следуют логике их организации. Они поддерживаются подсадкой растений в генеративной фазе развития; их мозаичность (разрастание отдельных видов) регулируется; для стабильной декоративности организуется уход, регулирование режимов кошения, подсадка растений и др. Интерес к обочинам дорог как среде обитания природных видов растений и животных появился и начал активно развиваться в 1980-90-х годах в Северной Европе. Первые эксперименты, проведенные на придорожных территориях, впоследствии переросли в целое движение. В Англии исследования показали, что более 700 видов природной флоры и половина всех видов растений Британских островов нашло обитание вдоль обочин дорог. Комиссией Природного Наследия Шотландии составлены детальные рекомендации по

эффективному управлению биоразнообразием вдоль обочин. Успешные примеры с использованием природных видов растений осуществлены в США.

Целью работы была разработка и реализация на модельных участках дороги концепции создания устойчивых придорожных растительных экосистем высокой эстетической и ботанической ценности через поддержание существующих, восстановление утраченных и воссоздание в целом экспозиций аборигенных декоративных видов флоры. В задачи входило: выявление растений местной флоры, повышающих эстетику придорожных территорий, и выявление редких охраняемых видов; сохранение и приумножение их в природных условиях; формирование коллекции *ex situ* для создания основ дальнейшего восстановления редких природных растительных сообществ. Проведение постоянного мониторинга и наполнение атрибутивной информацией базы геоданных по мероприятиям реализуемого проекта.

Материалы и методы. Объекты исследования – популяции редких видов, местонахождение которых приурочено к придорожным растительным сообществам. В качестве пилотного участка выступили придорожные полосы автомагистрали республиканского значения Р28, проходящей через территорию Национального парка «Нарочанский». Изучение жизненности выявленных популяций редких видов оценивалось по методике мониторинга охраняемых видов растений [1]. Для ряда видов осуществлялся сбор семян или частей растений для пополнения банка семян [2] и коллекции *in vitro* [3]. Ваучерные образцы хранятся в гербарии Центрального ботанического сада НАН Беларуси (MSKH).

Результаты и обсуждение. В ходе исследований на двух придорожых участках дороги Р28 выявлено 4 редких вида: осока птиценожковая (*Carex ornithopoda* Willd.) – исчезающий вид (EN), II категория национального природоохранного статуса; горечавка крестообразная (*Gentiana cruciata* L.) – уязвимый вид (VU), III категория; пальчатокоренник балтийский (*Dactylorhíza baltica* (Klinge) N.I. Orlova) – в списке профилактической охраны РБ; ветреница лесная (*Anemone sylvestris* L.) – потенциально уязвимый вид (NT), IV категория. Местообитание *Carex ornithopoda, Dactylorhíza baltica* (Klinge) N.I. Orlova и *Gentiana cruciata* – южная экспозиция придорожной полосы дороги Р-28, проходящей в положении «выемка», в условиях ксерофитных остепненных луговых

сообществ с можжевеловым редколесьем. Напочвенный покров равномерно разреженный, образован 49 видами одно- и многолетних травянистых растений, 2 видами кустарников, 6 видами мхов. Структура сообщества четырехъярусная. Доминантами-эдификаторами являются: Juniperus *communis, Pilosella officinarum* (cop1, обилие по О.Друде), *Calamagrostis epigeios* (Sp), *Arrhenatherum elatior* (Sp), *Briza media* (Sp), *Abietinella abietina* (Sp), *Brachythecium albicans* (Sp). С меньшим обилием встречаются: *Poa compressa* (Sp), *Fragaria viridis* (Sp), *Leontodon hispidus* (Sp), *Festuca rubra* (Sp), *Medicago falcata* (Sp), *Leucanthemum vulgare* (Sp). Проективное покрытие трав и кустарников в границах местообитания составляет 75%, мхов – 90%. Общая площадь, на которой обнаружена *Gentiana cruciata*, составляет около 0,38 га, популяция многочисленная (314 особей), проективное покрытие вида на учетных площадках – до 5%. Оценка состояния популяции проводилась в период фазы цветения. Характеризуется высоким уровнем жизненности, с хорошим возобновлением. Возрастной состав популяции: 33% от учетных особей составляют прегенеративные и 67% – генеративные особи. Высота растений варьирует от 32 до 46 см (средняя высота – 39,2 см). Характер размещения – случайно-групповое, отмечена приуроченность к особям можжевельника обыкновенного, что, скорее всего, связано с сохранением здесь растений *Gentiana cruciata* в нетронутом состоянии при кошении участка из-за их недоступности.

Горечавка крестообразная введена в культуру *in vitro*: отработаны методы сохранения, стерилизации и проращивания семян, проведена оптимизация питательной среды для культивирования, изучено влияние гормонов на процесс побегообразования. Данные о видах с использованием ГИС-технологий внесены в базы данных НП Нарочанский и ЦБС НАН Беларуси.

Выводы. Необходимо развивать и популяризировать научные проекты, связанные с сохранением местной аборигенной флоры и как следствие использовать все имеющиеся методы сохранения биологического разнообразия *in situ* и *ex situ*. В ЦБС НАН Беларуси горечавка крестообразная (*Gentiana cruciata* L.) пополнила банк семян, введена в коллекцию *in vitro* редких и эндемичных видов растений дикорастущей флоры Беларуси и России, высажена в полевой коллекции.

Литература

1. Пугачевский, А.В. Программа и методика организации и проведения мониторинга охраняемых видов растений в Республике Беларусь : методическое пособие / А.В. Пугачевский, И.П. Вознячук, Л.В. Семеренко. – Минск : Право и экономика, 2011. – 48 с.

2. Николаева, М.Г. Долговременное хранение семян дикорастущих видов растений. Биологические свойства семян / М.Г. Николаева, В.Л. Тихонова, Т.В. Далецкая. – Консервация генетических ресурсов. Информ. материал. – Пущино : Пущинский НЦ РАН, 1992. – 36 с.

3. Асептическая коллекция и банк ДНК Центрального ботанического сада НАН Беларуси как эффективные инструменты сохранения редких растений / Е.В.Спиридович, Т.И. Фоменко, А.Б. Власова, О.Н. Козлова, И.Ф. Вайновская, А.Н. Юхимук, С.М. Кузменкова, О.А. Носиловский, В.Н. Решетников // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2017. – № 3. – С. 117–128.

УДК 60-606

ИСКУССТВЕННЫЕ СЕМЕНА: ОБЗОР, ПЕРСПЕКТИВЫ И МИРОВОЙ ОПЫТ

А.А. Тимаков

Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия, timach@mail.ru

Ключевые слова: *биотехнологии, искусственные семена, соматический эмбриогенез.*

Российская Федерация – страна с самыми большими лесными ресурсами в мире, однако лесовосстановление в большей степени осуществляется технологиями, разработанными в прошлом веке. Внедрение в лесное хозяйство биотехнологий в масштабах страны ограничено недостатком квалифицированных кадров, дороговизной и специфичностью транспортировки растений *in vitro* (большие объемы, поддержание строгого температурного режима) и др. На сегодня в России нет дешевой альтернативы для компактного хранения и перевозки растительного материала, выращенного *in vitro*. Снизить себестоимость производства посадочного материала растений можно за счет массового получения гомогенных эмбриоидов (полученных на основе соматического эмбриогенеза) и в перспективе переноса их в специализированную оболочку. Решением вышеуказанных проблем может стать разработка подходов создания искусственных семян. Сегодня в мире активно разрабатываются оптимальные методики получения искусственных семян из размножаемых *in vitro* различных видов растений. Эти методики позволят получать большое количество однородного посадочного материала, способного к формированию целых растений.

Основная цель работы – обзор технологии производства искусственных семян и их использования в практике.

Искусственные семена – это экспериментально созданные, с использованием технологии инкапсулирования соматических эмбриоидов в гидрогеле, аналоги натуральных семян, способные к формированию полноценных растений после проращивания [3, 6]. Обобщенный метод получения искусственных семян включает в себя ряд последовательных

стадий, таких как выбор материнского растения, подготовка эксплантa, получение каллусной культуры, индуцирование соматического эмбриогенеза в каллусной культуре, созревание соматических эмбриоидов, инкапсулирование соматических эмбриоидов, проверка всхожести и способности к формированию растения. Искусственные семена можно применять для решения таких задач, как размножение гибридных (особенно актуально для лесного хозяйства) [7] и генномодифицированных растений, растений, не способных образовывать семена естественным путем [1], размножения и сохранения видов растений, подверженных непосредственной угрозе исчезновения [10], и сохранения генетического биоразнообразия. Получение искусственных семян – перспективная технология, разрабатываемая во многих странах в первую очередь для сельскохозяйственных культур, например *Allium sativum L.* в Египте [1], *Gossypium hirsutum L. в* Китае [4], *Elite indica rice* в Индии [8], *Zea mays var. saccharata в* Таиланде [9] и др., в лесном хозяйстве ведутся работы над *Litchi chinensis Sonn. в* Америке [2], *Paulownia elongate в* Турции [5], *Quercus suber L. в* Испании [7]. Внедрению «искусственных семян» в широкую практику могут помешать такие факторы, как возможность асинхронного развития соматических эмбриоидов, высокая стоимость производства искусственных семян для отдельных видов растений (таких как хлопок), чувствительность соматических эмбриоидов к изменениям окружающей среды и то, что ошибки в обслуживании, появление скрытых мутаций могут привести к браку в производстве [2, 4].

Искусственные семена – технология, благодаря которой становится возможным получение большого количества однородного оздоровленного посадочного материала за счет применения методов размножения *in vitro*. Благодаря использованию этой технологии открываются широкие возможности для решения проблем сельского хозяйства и лесовосстановления за счет массовости производства и логистических решений.

Литература

1. Bekheet S.A. A synthetic seed method through encapsulation of in vitro proliferated bulblets of garlic (Allium sativum L.) // Arab J. Biotech. 9, 415-426 pp., 2006.

2. Das D., Rahman A., Kumari D. and Kumari N. Synthetic Seed Preparation, Germination and Plantlet Regeneration of Litchi (Litchi chinensis Sonn.) // American Journal of Plant Sciences, 7, 1395-1406 pp., 2016.

3. Dhabhai R., Prakash A. Production and Applications of Artificial seeds: A Review // International Research Journal of Biological Sciences, vol. 1(5), 74-78 pp., 2012.

4. Genhai H. [et al]. In vitro regeneration protocol for synthetic seed production in upland cotton (Gossypium hirsutum L.) / Genhai H., Na D., Yan Z., Wuwei Y., Shuxun Y. // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 123, 673-679 pp., 2015.

5. Ipekci Z., Gozukirmizi N. Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from Paulownia elongata // Plant Cell Reports, 22, 16-24 pp., 2003.

6. Khor E. and Loh C.S. Artificial seeds // Applications of Cell Immobilisation Biotechnology, 527-537 pp., 2005.

7. Pintos B., Bueno A., Cuenca J., Manzanera J.A. Synthetic seed production from encapsulated somatic embryos of cork oak (Quercus suber L.) and automated growth monitoring // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 95:217, 2008.

8. Roy B. and Mandal A.B. Development of synthesis seed involving androgenic and pro-embryos in elite indica rice // Indian Journal of Biotechnology, 7, 515-519 pp., 2008.

9. Thobunluepop P., Pawelzik E., Vearasilp S. Possibility of sweet corn synthetic seed production // Pak J Biol Sci., 12, 2009.

10. Вдовиченко, И.М. «Искусственные семена» как способ получения экологически чистого лекарственного сырья и сохранения исчезающих видов растений / И.М. Вдовиченко, И.Н. Кузовкина // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология .– 2011 .– № 2. – С. 8-10.

УДК 615.322

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОКОМПЛЕКСА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КАК ИСТОЧНИКА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ

А.Ф. Майер, Д.М. Уваров, К.Н. Наумова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, mayerandrei@yandex.ru

Ключевые слова: *genus Cladonia, Rodiola rosea, механохимическая активация, низкомолекулярные антиоксиданты.*

Введение. Разработана технология получения твердофазных биокомплексов в одну технологическую стадию. Представлены результаты оценки эффекта механоактивации комплексов на основе слоевищ лишайников и небольшого количества родиолы розовой на содержание в них низкомолекулярных антиоксидантов для создания пищевых добавок на их основе. Проведен анализ определения суммарного содержания низкомолекулярных антиоксидантов методом спектрофотометрии, основанной на способности хлорного железа (III) окислять низкомолекулярные антиоксиданты, которые в свою очередь являются важными компонентами биологической антиоксидантной системы. Установлено, что процесс механоактивации компонентов сопровождается разрушением клеточных стенок и изменением химического состава растительного сырья из-за разрыва ряда химических связей, при этом образуются слабые межмолекулярные взаимодействия, которые приводят к образованию комплекса бифильного характера, создавая тем самым оптимальные условия для диффузионного процесса, в результате повышая в 5-10 раз биодоступность биологически активных веществ. Показано, что содержание низкомолекулярных антиоксидантов увеличивается при механоактивации исходного сырья, а также с увеличением соотношений ягель : родиола розовая в биокомплексах.

Цель данного исследования: оценить эффект механоактивации комплексов из растительных субстанций на содержание в них низкомолекулярных антиоксидантов для создания в последующем пищевых добавок на их основе.

Объектом исследования является физиологически активная растительная композиция (комплекс) с повышенным адаптогенным действием, полученная в лаборатории «Механохимические биотехнологии» СВФУ на основе растительных субстанций, произрастающих в Якутии: слоевищ лишайников (*Cladonia rangiferina (L.) Web*), корневищ родиолы розовой (Rhodiolarosea, сем.Crassulaceae) в массовых соотношениях 5:1 и 10:1.

Процесс механоактивации компонентов сопровождается разрушением клеточных стенок и изменением химического состава растительного сырья из-за разрыва ряда химических связей, при этом образуются слабые межмолекулярные взаимодействия, которые приводят к образованию комплекса бифильного характера, создавая тем самым оптимальные условия для диффузионного процесса, в результате повышая в 5-10 раз биодоступность БАВ, что и способствует увеличению его антиоксидантной активности. Основу биокомплекса составляют межмолекулярные комплексы лишайниковых β-полисахаридов и БАВ из корней и корневищ родиолы розовой, такие как салидрозид, ароматические кислоты флавоноидного типа, образующиеся при механохимической активации смеси лишайниковых β-полисахаридов и корней и корневищ родиолы розовой.

Исследования с 5 % спиртовым раствором $AlCl_3$ показали, что все образцы дали желто-зеленое окрашивание за счет водородных связей между карбонильной и оксигруппой, желтого цвета с желто-зеленой флюоресценцией в образующихся хелатных комплексах, что свидетельствует о наличии флавоноидов в исходных образцах. При проведении качественной реакции с 1 % раствором основного ацетата свинца выпал синий аморфный осадок, характерный для антоцианидинов. При реакции с 10 % раствором щелочи антоцианидины образовали соли синего цвета.

По результатам спектрофотометрических исследований было выявлено, что содержание низкомолекулярных антиоксидантов увеличивается при механоактивации исходного сырья, а также с увеличением соотношений ягель : родиола розовая в биокомплексах (рис. 1).

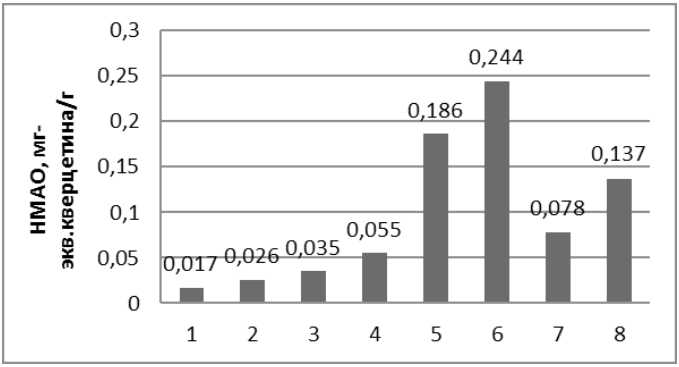


Рис. 1. Суммарное содержание НМАО в исследуемых образцах: 1 – ягель грубого помола; 2 – ягель механоактивированный; 3 – родиола розовая грубого помола; 4 – родиола розовая механоактивированная; 5 – ягель с родиолой розовой 5:1 грубого помола; 6 – ягель с родиолой розовой 5:1 механоактивированные; 7 – ягель с родиолой 10:1 грубого помола; 8 – ягель с родиолой розовой 10:1 механоактивированные

Новая разработка на основе комплекса слоевищ лишайника и корневищ родиолы розовой механохимической биотехнологией позволит применять ее в качестве пищевой добавки в очень небольших количествах до 0,5% по массе для создания жидких пищевых продуктов и хлебобулочных изделий с целью детоксикации внутренних сред организма человека и повышения его адаптивного потенциала, физической и умственной работоспособности. Продукт может быть полезен людям экстремальных профессий, ведущим активный образ жизни, проживающим в неблагоприятных экологических и климатических условиях, пациентам в период восстановления.

Таким образом, с разработкой и производством механоактивированного биокомплекса ягеля с родиолой розовой появляется возможность выпускать продукты с увеличенным сроком годности, решается также задача выпуска продуктов питания оздоровительной направленности, содержащих повышенное количество БАВ, обладающих антиоксидантной активностью.

Литература

1. Оковитый, С.В. Клиническая фармакология антигипоксантов и антиоксидантов / С.В. Оковитый, С.Н. Шуленин, А.В. Смирнов. – Санкт-Петербург : ФАРМиндекс, 2005. – 72 с.

2. Аньшакова, В.В. Химический анализ лишайника как потенциального биосырья / В.В. Аньшакова, А.В. Степанова, А.Ш. Смагулова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: http://www.science-education.ru/120 (дата обращения: 25.07.2016).

3. Саратиков, А.С. Родиола розовая (Золотой корень) – 4-е изд., перераб. и доп. / А.С. Саратиков, Е.А. Краснов. – Томск : ИТУ, 2004. – 292 с.

4. Аньшакова В.В. Актопротекторная активность комплексного биопрепарата на основе таллома лишайников и родиолы розовой // В.В. Аньшакова, А.В. Степанова [и др.] // Экология человека. – 2015. – № 5. – С. 46–51.

5. Химический анализ лекарственных растений / Под ред. Н.И. Гринкевич. – Москва : Высш. школа, 1983. – 176 с.

6. Аньшакова, В.В. Сохранение свежести хлебобулочных изделий и повышение их качества с помощью твердофазной пищевой добавки «ЯГЕЛЬ-Т» / В.В. Аньшакова, Е.В. Каратаева // Хлебопродукты. – 2012. – № 9. – С. 34-36.

UDC 615.036.8

EFFECTS OF PRETREATMENT WITH METHANOL EXTRACT OF PEUCEDANI RADIX ON TRANSIENT ISCHEMIC BRAIN INJURY IN MICE

So-Youn Jung, Young-Kyun Kim
Dong Eui University College of Korean Medicine Busan, Busan, Republic of Korea,
lab3402201@gmail.com

Keywords: *Peucedani Radix, Angelica decursiva, stroke, anti-inflammation.*

Stroke is the second most common cause of death and may result in various disabilities; thus, identification of neuroprotective therapeutic agents is important. Peucedani Radix (PR), the root of *Angelica decursiva*, is a well-known remedy for damp and phlegm in Korean medicine and has also been shown to exert antioxidant and anti-inflammatory activities. This study was performed to investigate the mechanism underlying the anti-inflammatory effect of methanol extract of PR (PRex) on cerebral ischemic injury.

C57BL/6 male mice were orally administered PRex (20, 60, or 200 mg/kg) at 2 days, 1 day, and 1 h prior to middle cerebral artery occlusion (MCAO) (Fig. 1A). Twenty-four hours after MCAO, the infarct volume (Fig. 1B, 1C) was measured and the neurological deficit score (Fig. 1D) was assessed.

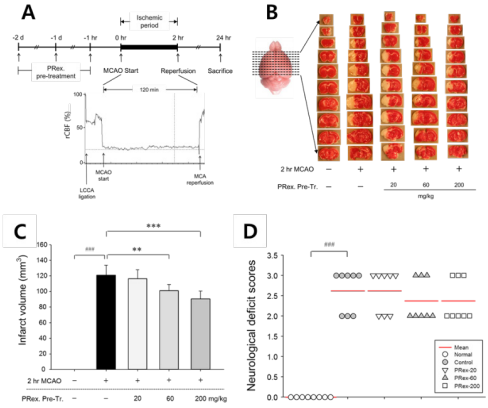


Fig. 1. Design of the MCAO model, representative group images and volume of ischemic lesions, and neuronal deficit scores after MCAO. Peucedani Radix (PRex) for three consecutive days before MCAO and the mice were sacrificed 24 h after MCAO. During the ischemic conditioning, the relative cerebral blood flow (rCBF) was monitored by using Laser-Doppler flowmetry. The harvested brain slices were stained with TTC to measure the infarct volume. The ischemic regions were identified as pale regions in the coronal slices. The PRex pretreatment significantly decreased the infarct volumes at 24 h after MCAO. But pretreatment of PRex did not

improve neuronal deficit scores. LCCA, left common carotid artery; MCA, middle cerebral artery; TTC, 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride. The results are presented as the mean ± SD. ###p<0.001 vs sham control group, **p<0.01, ***p<0.001 vs MCAO control group; n=8 in each group.

The inflammatory-related substances in the ipsilateral hemisphere were determined by western blotting, DCFH-DA assay, TBARS assay, and ELISA.

PRex pretreatment significantly decreased the infarct volume at 24 h after MCAO. Moreover, PRex effectively suppressed the expression of iNOS, ROS, MDA, and pro-inflammatory cytokines, such as IL-1β and TNF-α, in brain tissue of mice with MCAO-induced brain injury.

As conclusion. PRex protected neurons from ischemic brain injury in mice through its antioxidant and anti-inflammatory activities. Our results suggested that PR could be a promising candidate in the therapy of ischemia-induced brain damage.

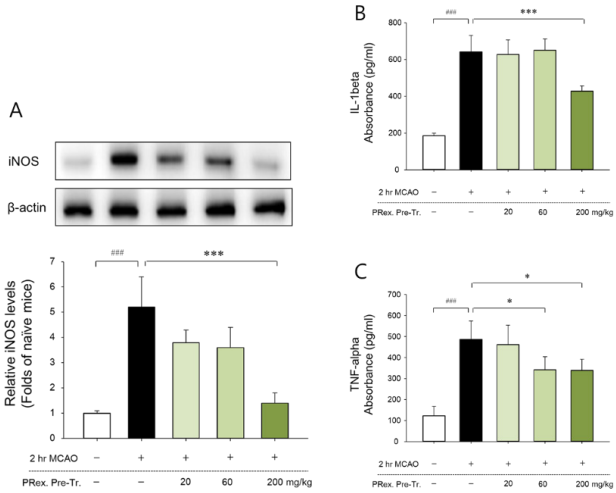


Fig. 2. Effects of PRex pretreatment on iNOS (A), IL-1β (B), and TNF-α (C) in the brains of MCAO-injured mice. PRex pretreatment significantly decreased iNOS level in the mouse model of ischemic brain stroke (A). Representative western blots and quantitative analysis of iNOS expression show the effect of PRex on iNOS expression in brain tissue. The IL-1β and TNF-α levels were measured by using a commercially available ELISA kit. The results are presented as the mean ± SD. ###p<0.001 vs sham control group, *p<0.05, ***p<0.001 vs MCAO control group; n=8 in each group.

УДК 581.5

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ БЕСКИЛЬНИЦЫ НА АЛАСАХ УСТЬ-АЛДАНСКОГО УЛУСА

Т.Г. Черноградская

Мюрюнская станция юных натуралистов МР «Усть-Алданский улус (район)»
с. Борогонцы, Усть-Алданский улус, РС (Я), Россия, myrystan_dod@mail.ru

Степные дерновинные злаки занимают обособленное положение в растительном мире из-за их характерных особенностей морфологического строения: наличия дерновины, защищающей почки возобновления от засухи, мощно развитой корневой системы, превышающей в несколько раз надземную часть. Морфологические особенности степного злака бескильницы изучены недостаточно в условиях аласа Усть-Алданского улуса.

Цель: исследование биологических особенностей бескильницы в условиях аласов.

Задачи:

1. Составить литературный обзор.
2. Описать морфологическую характеристику вида.
3. Рассчитать изменчивость, стратегию вида.
4. Оформить вывод.

Практическая значимость. Изучение бескильницы тонкоцветковой в условиях аласов.

Новизна. Бескильница тонкоцветковая изучается в условиях аласов впервые.

Материал собран в июле 2017 г. с 7 аласов. Выбрано по 30 особей с разных точек каждого исследуемого аласа.

Изучены следующие биометрические показатели особей:

1. Высота побега.
2. Количество метамеров на генеративном побеге.
3. Количество листьев на генеративном побеге.
4. Длина, ширина, влагалище первого листа.
5. Ширина листа.

6. Длина соцветий.

7. Количество колосков.

По признакам особей вычислили:

1. Среднее значение по признакам.

2. Коэффициент детерминации для каждой ценопопуляции.

3. Среднее значение ценопопуляции IVC по виталентному спектру.

По полученным данным построили график онтогенетической стратегии вида по методике Ишбурдина, Ишмуратова в электронной таблице Excel.

Геоботанические описания сообществ с бескильницей якутской выполнены в соответствии с традиционным эколого-флористическим методом классификации растительности. Оценка экологических условий сообществ проведена с использованием экологических шкал Е.И. Троевой по факторам увлажнения, богатства засоленности почвы и пастбищной дигрессии.

В работе использованы методики, терминологии и рекомендации, приведенные в монографии «Ценопопуляции растений», в работах Ю.А. Злобина, А.Р. Ишбирдина, М.М. Ишмуратовой

Анализ морфологических параметров показал, что особи бескильницы обладают сходными внешними признаками, они колеблются от 0 до 120. Наиболее изменчивыми оказались признаки 9 и 8, показывающие длину влагалища 3 листа и длину третьего листа. Наименее изменчивыми оказался признак 12, который показывает количество узлов. Наиболее согласованным оказался признак 15, который показывает длину междуузлия соцветий снизу второй. Наименее согласованным оказался признак 1, который показывает высоту побега.

Эколого-биологические индикаторы: длина м/у соцветий снизу 2, длина нижней веточки, длина влагалища 2 листа.

Биологические индикаторы: длина м/у снизу 1, 3 длина соцветия, высота.

Генетические индикаторы: количество веточек на узле соцветия 1, 2, 3, количество листьев, длина 2 листа, количество узлов в соцветии, количество мет, длина влаг 1 листа

Экологические индикаторы: длина влаг 3 листа, длина 1 листа, количество колосков в нижнем узле соцветия, длина 3 листа.

Виталентный спектр бескильницы тонкоцветной.

Стратегия жизни бескильницы якутской за второй год: вид является стрессово-активной, патиентэксплерент вида «лев-верблюд».

Координация индекса валитета (IVC) от максимального до минимального значения составила ряд ухудшений условий роста растений в верхнем графике. Наиболее благоприятной средой обладает ЦП Кыыс Хана 1, а наименее благоприятной – ЦП Алас с озером.

Анализ экологических данных показывает, что все аласы, от которых были взяты особи, влажно-луговые. Анализ флоры показал, что почвы ЦП довольно богаты солью. Отношение видов к пастбищной нагрузке выражено в шкале пастбищной дигрессии. На пастбищную дигрессию во всех ЦП слабо влияет выпас.

Выводы:

1. По первому году исследования: в аласах Тулуна 2, Кыыс Хана 1, Кыыс Хана 2, Ньээкэ – стратегия жизни стрессо-защитная, являются патиентом «верблюд». По фактору засоленности большинство исследованных аласов относятся к засоленным. По фактору пастбищной дигрессии только в Кыыс Хана 2 выявилось сильное влияние выпаса. По фактору увлажненности Тулуна 1 и Кыыс Хана 2 являются более увлажненными.

2. По второму году исследования: в аласах Андыйыкы, Ньээкэ, Быйды, Аччыгый алас по экологическим факторам выявлено: стратегия жизни стрессово-активная и является патиентом-эксплерентом вида «лев». Фактор пастбищной дигрессии у всех аласов остается без изменений за 2 года исследований. По признакам изменчивости вошли в сектор экологического индикатора (длина влаг 3 листа, длина 1 листа, количество колосков в нижнем узле соцветия, длина 3 листа), что является для нас сигналом. По урожайности самую высокую урожайность показал алас Ньээкэ (52 ц/га), самую малую урожайность – алас Быйды (28,3 ц/га).

УДК 615.074

СТАНДАРТИЗАЦИЯ СУБСТАНЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ РОДОВ CLADINA И CLADONIA

С.И. Ямщикова[1], А.В. Никулин[2], О.Г. Потанина[2], Р.А. Абрамович[1]

[2]Центр коллективного пользования (Научно-образовательный центр),
Российский университет дружбы народов,
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, г. Москва, Россия
[1]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Россия, ssontoeva@gmail.com

Ключевые слова: *стандартизация, спектрофотометрия, лишайники родов Cladina и Cladonia.*

Одними из перспективных лекарственных растений, широко используемых в традиционной медицине народов Севера России, являются лишайники родов Cladina и Cladonia, препараты из которых обладают бактерицидным действием [1, 4]. Тем не менее данный вид субстанций природного происхождения до настоящего времени не является фармакопейным, и как следствие удовлетворительная стандартизация сырья отсутствует. Последнее значительно затрудняет получение лекарственных препаратов на основе данного лекарственного растительного мырья.

Целью работы является стандартизация субстанций природного происхождения родов Cladina и Cladonia.

В качестве объектов исследования использовали цельное сырье (слоевища) лишайников семейства Cladoniacae. Сбор образцов лишайников проводился в течение августа-сентября 2016 г. в разных районах Республики Саха (Якутия) – северо-востоке (Томпонский район), юго-западе (Олёкминский район) и окрестностях г. Якутска.

Исследования проводили в соответствии с требованиями ГФ XIII [2].

В таблице 1 приведены данные по содержанию минеральных и органических примесей, влажности, общей золы и золы, нерастворимой в 10% хлористоводородной кислоте.

Таблица 1

Содержание примесей, общей золы и золы, не растворимой в 10% хлористоводородной кислоте, влажность в цельных слоевищах лишайников семейства Cladoniacae (n=3, P=0,95)

№ серии	Место сбора	Минеральные примеси, %	Органические примеси, %	Потемневшие, побуревшие части растения, %	Влажность,%	Зола общая, %	Зола, нерастворимая в 10% хлористоводородной кислоте
1	с. Крест-Хальджай Томпонского р-на РС (Я)	0,04	0,32	0,47	9,01	0,95	0,48
2	с. Ытык-Кюель Таттинского р-на РС (Я)	0,05	0,078	0,35	9,96	0,79	0,47
3	с. Куду-Бясь Олёкминского р-на РС (Я)	0,2	0,68	1,55	9,06	1,93	0,44
4	с. Владимировка, г. Якутск	0,64	0,98	0,74	9,27	0,79	0,53
5	Лесничество, г. Якутск	0,12	0,6	0,12	9,58	0,96	0,55

Данные таблицы позволяют предложить следующие нормы для цельных слоевищ лишайников семейства Cladoniacae по перечисленным показателям: содержание минеральных примесей – не более 1,0%; содержание органических примесей – не более 1,0%, влажность – не более 10%, золы общей – не более 2 %; золы, не растворимой в 10% хлористоводородной кислоте – не более 1 %.

В таблице 2 приведены данные по измельченности цельных слоевищ лишайников семейства Cladoniacae с использованием сит с различным размером отверстий.

Из данных, представленных в таблице 2, можно рекомендовать норму по измельченности цельных слоевищ лишайников семейства Cladoniacae: частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 2 мм – не более 5 %.

Кроме того, были подобраны условия и разработана методика определения содержания суммы восстанавливающих сахаров спектрофо-

тометрическим методом в исследуемых образцах исландского мха, собранных в различных районах Якутии. Было показано, что наибольшая полнота извлечения суммы углеводов может быть достигнута двукратной экстракцией подкисленной водой, очищенной за 60 мин. при степени измельчения сырья 7 мм и соотношении сырья: экстрагент 1:20. В основу методики положена цветная реакция с фенолом [3]. Установлено, что содержание суммы восстанавливающих сахаров в исследуемых образцах шести серий лишайников семейства Cladoniacae составило не менее 40 %. Методика была провалидирована в соответствии с современными требованиями [2]. Ошибка метода не превышала 5% (n=6, P=0,95).

Таблица 2

Измельченность цельных слоевищ лишайников семейства Cladoniacae (n=3, P=0,95)

№ серии	Место сбора	Измельченность сырья (%) частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером			
		3 мм	2 мм	1 мм	0,5 мм
1	с. Крест-Хальджай Томпонского р-на РС (Я)	6,40	2,40	1,02	0,41
2	с. Ытык-Кюель Таттинского р-на РС (Я)	3,70	2,23	0,70	0,35
3	с. Куду-Бясь Олёкминского р-на РС (Я)	7,05	4,15	0,92	0,47
4	с. Владимировка , г. Якутск	1,79	0,80	0,42	0,42
5	Лесничество, г. Якутск	2,40	1,80	0,78	0,60

Таким образом, в результате проведенных исследований была проведена стандартизация субстанции растительного происхождения – лишайников родов Cladina и Cladonia, произрастающих в Республике Саха (Якутия). Исследования будут продолжены с целью получения высокоэффективных препаратов.

Литература

1. Аньшакова, В.В. Химический анализ лишайника как потенциального биосырья / В.В. Аньшакова, А.В. Степанова, А.Ш. Смагулова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1356.

2. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. – XIII изд. – Т. 2. – Москва, 2015. – 1040 с.

3. Никулин, А.В. Определение суммы полисахаридов и свободных сахаров в листьях мать-и-мачехи методом УФ-спектрофотометрии / А.В. Никулин, Г.С. Терещенко, О.Г. Потанина // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 3-7.

4. Степанова, А.В. Использование биоресурсного потенциала арктики в создании эффективных препаратов лечебно-профилактического назначения / А.В. Степанова, В.В. Аньшакова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 5-1. – С. 39-41.

УДК 56; 57.07; 575; 577

ВЫДЕЛЕНИЕ ДРЕВНЕЙ ДНК ИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСТАНКОВ

С.В. Попов

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск, Россия, atobim@gmail.com

Ключевые слова: *палеогенетика, древние ДНК, археология, ПЦР, секвенирование, клеточные биотехнологии, молекулярная генетика.*

Актуальность. Развитие методов получения и анализа структуры образцов ДНК непрерывно расширяет спектр объектов, пригодных для молекулярно-генетического анализа. Одним из наиболее значимых достижений в этом направлении стало развитие методов исследования ДНК из биологических останков различного возраста и происхождения, так называемой древней ДНК. Исследование древней ДНК позволяет проводить эмпирическую проверку эволюционных гипотез и вносит значительный вклад в комплексную реконструкцию истории изменений биоты.

Анализ ДНК из археологических образцовых останков организма дает возможность получить сведения о генетических особенностях древней жизнедеятельности организма в его естественной экологической системе. В современной молекулярной генетике это направление получило общее название – палеогенетика [1]. Палеогенетика – современная область исследований, берущая основу у таких дисциплин, как археология и молекулярная генетика, – в последние годы стала активно развиваться благодаря все более широкому применению высокопроизводительных методов секвенирования (расшифровки) ДНК, а также ПЦР [2]. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) – уникальный метод современной молекулярной биологии – способствовала значительному прогрессу в изучении древней ДНК [3].

В данный момент можно выделить несколько типов материалов, которые могут быть использованы в качестве источников ДНК для палеогенетического исследования [4]. Это могут быть останки костей человека и животных, мягкие ткани и волосы. Но, как правило, чаще встречаются останки костей, нежели мягкие ткани и волосы, за редкими исключениями. Например, Малоляховский мамонт, найденный на острове Малый

Ляховский, Туматский щенок – найденный на северо-востоке Якутии местными жителями с. Тумат Усть-Янского района, или пещерные львята, найденные в Абыйском районе в конце 2017 г., сохранившие мягкие ткани, шерсть и даже жидкость [5].

Обычно после смерти организма ДНК расщепляется эндогенными нуклеазами. Этого не происходит, если нуклеазы оказываются быстро разрушены или инактивированы, например, вследствие обезвоживания останков, низких температур или большой концентрации соли [6].

Стоит отметить, что некоторые находки не способны сохранить клеточные структуры, даже при том, что имеют визуально хорошую сохранность тканей, где можно выделить вид и даже половую принадлежность ценного образца. Часто находки, имеющие возраст более 10000 тысяч лет, могут иметь только очертания клетки, утратившую и дефрагментированную часть ядра, из которой, очевидно, нет возможности получить нужную нам ДНК.

Палеогенетика является источником изучения истории человека, его жизнедеятельности и творения. Это научная область знаний, которая рассматривает, каким была наша Земля в суровые дни существования предков людей. Изучение археологических памятников дает нам представление о культуре человека, о животных, растениях и микроорганизмах, живших в древние времена.

Литература

1. Пилипенко, А.С. Палеогенетика: Происхождение человека и этногенетические реконструкции / А.С. Пилипенко // Молекулярная и прикладная генетика. – 2014. – Т. 18. – С. 148-159.

2. Кирсанов, К., Древняя ДНК человека / К. Кирсанов, Ю. Бюргер // Летопись анатомии. – 2012. – В. 194. – С. 121-132.

3. Кравцова, О.А. Разработка метода выделения деградированной ДНК с Использование мнаночастиц и микрокристаллов / О.А. Кравцова, О.Е. Аникеева, А.Г. Бикмуллин // Электронный журнал «Структура и динамика молеклярных систем». – 2009. – № 6, А. – С. 49-53.

4. Пилипенко, А.С. Палеогенетический анализ в археологических исследованиях / А.С. Пилипенко, В.И. Молодин // Информ. вестн. ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – № 2. – С. 280-311.

5. Grigoriev, S.E. A woolly mammoth (Mammuthusprimigenius) carcass from MalyLyakhovsky Island (New Siberian Islands, Russian Federation) / S.E. Grigoriev, D.C. Fisher, T. Obadă et al. // Quaternary International. – 2017. – 445. – P. 89-103.

6. Michael Hofreiter, David Serre, Hendrik N. Poinar, Melanie Kuch and Svante Pääbo (2001). «Ancient DNA». Nature Reviews Genetics 2: 353-359.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

1. Абрамович Римма Александровна 192
2. Абросимова Олеся Николаевна 53
3. Александрова Акулина Алексеевна 29
4. Алексеева Саргылана Ильинична 32
5. Андреева Александра Александровна 140
6. Анисимова Валентина Степановна 137
7. Аньшакова Вера Владимировна 172
8. Асадова Садагат Ширмамед кызы 114
9. Афанасьева Екатерина Александровна 47
10. Бабенко Лилия Владимировна 143
11. Бобко Н. И. 38
12. Большакова Екатерина Викторовна 118
13. Борисова Саргылана Захаровна 69
14. Бояров Иннокентий Иннокентьевич 108
15. Бурцева Юлия Александровна 147
16. Бычков Иван Александрович 140
17. Вайновская Илона Феликсовна 176
18. Васильева Зинаида Владимировна 150
19. Васильева Ирина Вениаминовна 72
20. Ведяшкина Ольга Александровна 118
21. Винокуров Алексей Алексеевич 154
22. Власова Анастасия Борисовна 176
23. Вознячук Ирина Петровна 176
24. Габышева Людмила Петровна 75
25. Гамбарова Парвин Иса кызы 114
26. Гарабаджиу Александр Васильевич 162
27. Гарибов Зохраб Аладдин оглу 114
28. Гафицкая Ирина Викторовна 35
29. Геворгиз Руслан Георгиевич 38
30. Глаголева Елена Сергеевна 122
31. Голушко Роман Михайлович 176
32. Горностай Татьяна Геннадьевна 42, 57
33. Григорьев Роман Олегович 44
34. Данилова Мария Николаевна 140

35. Данилова Надежда Софроновна 47
36. Дарханова Валентина Гаврильевна 47
37. Дорошенко Анастасия Сергеевна 140
38. Егорова Ульяна Валерьевна 32
39. Ежова Ольга Сергеевна 176
40. Емельянова Ирина Сергеевна 118
41. Ефимова О.Е. 176
42. Железнова Светлана Николаевна 38
43. Журавлев Юрий Николаевич 35
44. Заварзин Игорь Викторович 133
45. Зайцева Наталья Владимировна 78
46. Закирова Рано Пулатовна 128
47. Иванова Наталья Сергеевна 69
48. Иванова Сайыына Святославовна 83
49. Кащенко Нина Игоревна 42, 57
50. Кириллина Нана Николаевна 157
51. Клюшин Андрей Геннадьевич 44
52. Козлов Григорий Владимирович 162
53. Корякина Екатерина Иннокентьевна 164
54. Кочкин Дмитрий Владимирович 44, 130
55. Круглова Мария Юрьевна 42, 57
56. Кудрякова Наталья Васильевна 140
57. Кульчин Юрий Николаевич 35
58. Кучарова Елена Валериевна 51
59. Лабазанова Айсель Махаммад кызы 114
60. Лабунская Елена Алексеевна 122
61. Лукаткин Александр Степанович 118
62. Люштык Валерий Семенович 176
63. Майер Андрей Федорович 183
64. Наконечная Ольга Валериевна 35
65. Наумова Ксения Николаевна 183
66. Нехорошев Михаил Валентинович 38
67. Нигматуллаев А.М. 128
68. Николаева О.А. 47
69. Никулин Артем Валерьевич 192
70. Носов Александр Михайлович 17, 44, 128, 130

71. Нохсоров Василий Васильевич 86
72. Оленников Даниил Николаевич 23
73. Охлопкова Жанна Михайловна 51, 83, 88
74. Перк Александр Александрович 72, 86
75. Петров Клим Алексеевич 86
76. Пивоварова Надежда Сергеевна 53
77. Пономарев Анатолий Гаврильевич 72
78. Попов Дьулустан Анатольевич 125
79. Попов Сандал Владимирович 196
80. Потанина Ольга Георгиевна 192
81. Пушкарев Михаил Алексеевич 162
82. Решетников Владимир Николаевич 176
83. Сагдуллаев Шамансур Шахсаидович 128
84. Свиридов Иван Владимирович 42, 57
85. Семенова Алена Климентьевна 88
86. Семенова Варвара Васильевна 90
87. Сивцева Сардана Васильевна 92
88. Смагулова Айгерим Шалтаевна 172
89. Соболькова Галина Ивановна 44, 128, 133
90. Софронова Валентина Егоровна 95
91. Спиридович Елена Владимировна 176
92. Стадничук Игорь Николаевич 62
93. Станкевич Татьяна Владимировна 176
94. Степанов Алексей Владимирович 59
95. Степанова Альбина Васильевна 172
96. Степанович Иосиф Михайлович 176
97. Степанюк Галина Яковлевна 65
98. Строева Наталья Семеновна 47
99. Субботин Евгений Петрович 35
100. Суханова Елена Сергеевна 130
101. Татаринова Татьяна Дмитриевна 72
102. Тимаков Алексей Александрович 180
103. Титова Мария Владимировна 133
104. Томилова Светлана Вячеславовна 122
105. Троев Иван Петрович 111
106. Тропин Иван Владимирович 62

107. Трофимова Ирина Григорьевна 98
108. Тухтаманова Ангелина Сергеевна 122
109. Уваров Дмитрий Михайлович 183
110. Федоров Андрей Андреевич 111
111. Филиппова Галина Валерьевна 47
112. Ханды Мария Терентьевна 29, 125, 130, 157
113. Харитонов Тимур Дмитриевич 133
114. Хоцкова Любовь Витальевна 65
115. Хрянин Виктор Николаевич 105
116. Цыпандина Иванна Павловна 92
117. Чернобурова Елена Ивановна 133
118. Черноградская Туйаара Григорьевна 189
119. Чирикова Надежда Константиновна 23
120. Шутова Анна Геннадьевна 176
121. Ямбуров Михаил Сергеевич 65
122. Ямщикова Саргылана Ивановна 192
123. Chiyeon Lim 26
124. Choon-Hwan Lee 19
125. Egorova Polina Spiridonovna 167
126. Zulfugarov Ismayil Sokhbat 21
127. Kim Young Kyun 187
128. Kozlov Grigoriy Vladimirovich 160
129. Okhlopkova Zhanna Michailovna 167
130. So-Youn Jung 187
131. Strzalka Kazimierz Jan 101
132. Suin Cho 26

ДИА•М
современная лаборатория

30 лет

Компания «Диаэм» является крупнейшим поставщиком современного лабораторного оборудования на российском рынке. Каталог компании насчитывает более 500 000 наименований приборов, реагентов и расходных материалов для медицинских и научно-исследовательских лабораторий.

В каталоге компании представлена продукция ведущих мировых производителей: Abcam, Binder, Thermo, Bio-Rad, Corning, Eppendorf, Olympus, Nikon, Zeiss, Sanyo, Sigma-Aldrich.

- Антитела и наборы для проведения иммунологических исследований
- Биохимические и гематологические анализаторы
- Гистологическое оборудование: микротомы, системы проводки препаратов и окраски
- Генетические анализаторы для проведения скрининга
- ИФА-анализ: сканеры, промыватели и термостаты для планшетов
- Конфокальные и мультифотонные системы
- Микроскопы исследовательского уровня и для рутинных работ
- Проточные цитофлуориметры и сортеры клеток
- CO2-инкубаторы и термостаты
- Системы изучения и оценки экспрессии генов
- Шкафы биологической безопасности для работы с биологическими пробами

ООО «Диаэм» www.dia-m.ru

Москва
ул. Магаданская, 7/3
тел./факс:
(495) 747-0508
sales@dia-m.ru

Новосибирск
пр. Акад.
Лаврентьева, 6/1
тел./факс:
(383) 328-0048
nsk@dia-m.ru

Казань
ул. Парижской
Коммуны, д. 6
тел/факс:
(843) 210-2080
kazan@dia-m.ru

Санкт-Петербург
ул. Профессора
Попова, 23
тел./факс:
(812) 372-6040
spb@dia-m.ru

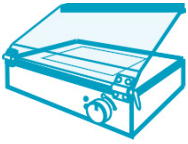
Ростов-на-Дону
пер. Семашко, 114
тел/факс:
(863) 250-0006
rnd@dia-m.ru

Пермь
Представитель
в УФО
тел./факс:
(342) 202-2239
perm@dia-m.ru

Воронеж
тел./факс:
(473) 232-4412
voronezh@dia-m.ru

helicon

ООО «КОМПАНИЯ ХЕЛИКОН»



ООО «Компания Хеликон» поставляет передовые решения ведущих мировых брендов и производит лабораторное оборудование для молекулярной биологии

Компания «Хеликон» – один из лидирующих поставщиков современного оборудования, расходных материалов и сервисной поддержки в сфере геномики, протеомики, клеточных технологий, ветеринарии и криминалистики.

Долговременные и устойчивые связи с крупнейшими компаниями-производителями обеспечивают нам постоянное наличие широкого ассортимента товаров, оперативное появление новинок, наличие эксклюзивных продуктов в нашем портфеле брендов (BMGLabtech, Thermo Fisher Scientific, Bio-Rad, Beckman Coulter, Fluidigm, Merck Millipore, Eppendorf, SSI, Implen, Faster и т.д.).

Среди наших клиентов крупнейшие институты и научные центры страны, ведущие фармацевтические и биотехнологические компании, агропромышленные холдинги и бюро судебно-медицинской экспертизы.

Мы ценим долговременные и прочные отношения с нашими партнерами и предлагаем квалифицированную помощь и поддержку на всех этапах сотрудничества.

	Производство лабораторного оборудования для молекулярной биологии
	Только передовые технологии для оснащения лабораторий в сфере геномики, протеомики, клеточных технологий, ветеринарии и криминалистики
	Долговременные и устойчивые связи с крупнейшими компаниями-производителями
	Офисы и представительства в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Казани, Ростове-на-Дону, Владивостоке
	Надежное партнерство, профессиональная поддержка, своевременная доставка в офис

helicon
www.helicon.ru

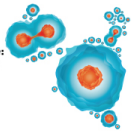
Центральный офис:
119234 г. Москва,
Ленинские Горы, МГУ, д. 1, стр. 40
Тел. 8 (800) 770-71-21
Факс +7 (495) 930-00-84
mail@helicon.ru

Представительство в Сибирском регионе:
630090 г. Новосибирск, ул. Инженерная, д. 28
Тел. +7 (383) 207-84-85, novosibirsk@helicon.ru

Представительство в Северо-Западном Регионе:
195220 г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская,
д. 22 корп. 1
Тел. +7 (812) 244-85-52, spb@helicon.ru

Представительство в Приволжском регионе:
420021 г. Казань, ул. Татарстан, д. 14/59, оф. 201
Тел. +7 (843) 202-33-37, volga@helicon.ru

Представительство в Южном регионе:
344116 г. Ростов-на-Дону, ул. 2-ая Володарская,
д. 76/23а
Тел. +7 (863) 209-88-89, rostov@helicon.ru



Научное издание

**ПЕРСПЕКТИВЫ ФИТОБИОТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НА СЕВЕРЕ**

Сборник материалов
III научно-практической конференции с международным участием
и Научной школы по клеточной биотехнологии
4-8 июня 2018 г., Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

Редакционная коллегия:
Ж.М. Охлопкова, С.И. Алексеева

Редактор К.А. Семенова
Компьютерная верстка А.М. Соловьева
Оформление обложки П.И. Антипин

Дата подписания к использованию 13.07.18. Электронное издание.
Объем 3,56 Мб. Тираж 10 дисков. Заказ № 163.
Минимальные системные требования:
процессор с тактовой частотой 1,3 Гц и выше, оперативная память 128 Мб,
операционные системы: Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10, ОС MAC OS версии 10,8.
Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,
677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5. E-mail: izdat-svfu@mail.ru

---

Подготовлено в Издательском доме СВФУ