

Научная статья
УДК 633.18:631.5(571.63)
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_224_04_9

История и перспективы генетических исследований женьшеня на Дальнем Востоке России

Ю.Н. Журавлёв[✉], А.А. Томских, Т.Ю. Горпенченко

Юрий Николаевич Журавлёв

академик РАН, доктор биологических наук, научный руководитель, профессор
ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
Россия
zhuravlev@biosoil.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5479-6751>

Анатолий Анатольевич Томских

заместитель директора по развитию
ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
Россия
drtom@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0679-0472>

Татьяна Юрьевна Горпенченко

кандидат биологических наук, руководитель лаборатории клеточной биологии и
биологии развития
ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
Россия
gorpenchenko@biosoil.ru
<http://orcid.org/0000-0002-9419-7523>

Аннотация. К середине XX в. дикорастущий женьшень практически исчез из лесных угодий Кореи и Китая. Благодаря своевременно введенным ограничениям на добычу в российской тайге его природные популяции сохранились в горных районах, послуживших убежищем для дальневосточной реликтовой флоры во время последнего оледенения. Молекулярные исследования аллозимных спектров и меток ДНК-маркеров показали низкий уровень генетического полиморфизма вида, причем полиморфизм между популяциями оказался ниже, чем внутри популяций, что обычно бывает, когда вид находится под угрозой исчезновения. Для сохранения имеющихся генетических ресурсов силами ДВО АН СССР и администрации Приморского края была разработана и начала осуществляться Программа реинтродукции женьшеня, но вскоре финансирование было прекращено, и запланированных результатов работы по программе достичь не успели. В результате исследований установлено, что состав природных популяций женьшеня в Приморье сильно изменен за счет так называемого лесного фермерства – скрытых в тайге плантаций, где корневишки высевали семена и подращивали молодые растения до товарного

состояния. Поскольку женьшень собирался по всему Приморскому краю, а высаживался в избранном месте вдали от места сбора, растения разного происхождения перемешивались. В некоторых случаях доли местных растений и растений, принесенных из других популяций, мало различались. Это обстоятельство не только затрудняло генетические исследования, но и требовало вносить коррективы в стратегию сохранения вида. Главной угрозой для природных популяций после государственного переустройства 1991 г. стало хищническое разграбление природных ресурсов тайги контрабандистами из сопредельных государств. Россия лишилась значительной части своего женьшеневого генофонда, а монополистом в поставках дикорастущего женьшеня настоящего (фактически – дороженного или выращенного из приморских семян) стали китайские компании. Причем анализ значительного объема изъятого материала показывает, что количество высокосортных корней в нелегальных заготовках ежегодно падает, а доля корней худшего качества растет. Эти данные свидетельствуют о прогрессирующем истощении природных популяций женьшеня. Несмотря на обширный рынок культивируемого женьшеня в Корее и Китае, корни дикорастущего женьшеня пользуются значительно большим спросом. Плантационный женьшень в большинстве случаев не соответствует категории высококачественного сырья, а сами растения подвергаются значительному отпаду из-за различного рода инфекций во время длительного выращивания на одном месте в связи с особенностями биологии данного вида. Разработка технологий выращивания, селекции, защиты, а также глубокой переработки особо ценных лекарственных растений позволит возродить одну из самых высокомаржинальных отраслей промышленности Дальнего Востока со значительным экспортным потенциалом. Сегодня перед отечественными женьшеневодами ставится задача восстановить женьшеневое производство и, используя преимущества растений из сохранившихся природных популяций, занять достойное место в международной торговле. Для расширения до промышленных масштабов популяции женьшеня и селекции устойчивых продуктивных линий необходимо активное привлечение фундаментальной науки, включая новые методы молекулярной генетики, такие как геномные и протеомные технологии, с расширением партнерства с зарубежными научными и промышленными организациями Восточной Азии.

Ключевые слова: женьшень, *Panax ginseng* С.А. Меу, природные популяции, генотипирование, лесные фермы, селекция, выращивание

Для цитирования: Журавлёв Ю.Н., Томских А.А., Горпенченко Т.Ю. История и перспективы генетических исследований женьшеня на Дальнем Востоке России // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 4. С. 101–116. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_224_04_9.

Original article

The history and the future prospects of ginseng study in the Russian Far East

Yu.N. Zhuravlev, A.A. Tomskikh, T.Yu. Gorpenchenko

Yuriy N. Zhuravlev

Academician of the RAS, Doctor of Sciences in Biology, research supervisor, Professor
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok, Russia
zhuravlev@biosoil.ru
<http://orcid.org/>

Anatoliy A. Tomskikh

Deputy Director for Development
Federal Scientific Center of the
East Asia Terrestrial Biodiversity,
FEB RAS, Vladivostok, Russia
drtom@mail.ru
<http://orcid.org/>

Tatiana Yu. Gorpenchenko

Candidate of Sciences in Biology, Head of the Laboratory of Cell Biology and Developmental Biology

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok, Russia

gorpenchenko@biosoil.ru

<http://orcid.org/0000-0002-9419-7523>

Abstracts. By the middle of XXth century wild ginseng has been practically extincted from the forest lands of Korea and China. Owing to the duly imposed restrictions for ginseng harvesting in the Russian taiga, its natural population were conserved in mountain areas served as a refuge for the Far East relict flora during last glaciation. Molecular studies of allozyme spectra and DNA-marker probes revealed low level of genetic polymorphism of the species, besides, polymorphism between populations was lower than inside populations, which normally happens when the species is threatened with extinction. To protect available genetic resources, the Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences and Primorsky Krai Administration developed and started to effect Ginseng Reproduction Program, but its financing stopped, and they never got a chance to gain the intended results on the Program. The studies established that all the natural ginseng populations in Primorsky Territory was greatly changed are contaminated by plants (also wild growing) from other populations as result of forest farmer activity - hidden plantations, where ginseng farmers sowed seeds and grew young plants for merchantable condition. As far as people gathered ginseng through the whole Primorsky Territory and set the plants in a selected place, located far from harvesting place, the plants of different origin were mixed. Sometimes, the local plants and the plants brought from other populations had a slight difference. This fact made problems for genetic investigations, as well as called for making adjustments to the strategy for preservation of the species. The main threat for natural ginseng populations after our State reconstruction in 1991 was depletion of taiga natural resources by smugglers from the neighboring countries. As result, the RF lost the significant part of its unique ginseng gene pool and Chinese companies became monopoly suppliers of really wild growing ginseng (which, in fact, was grown from Primorye seeds). The analysis of great amount of seized plants shows that the amount of high-grade ginseng roots in illegal harvesting becomes annually low and the amount of poor-grade roots increases annually. These data evidence the progressive depletion of ginseng natural populations. Despite the wide market of cultivated ginseng in Korea and China, the roots of a wild ginseng are in a bigger demand. Plantation ginseng in most cases does not correspond the category of a high-grade stock and the plants expose to great attrition because of the various infections during a long-time growing in one place due to the biological features of the given species. The development of technologies for growing, breeding, protecting and deep processing of especially valuable medicinal plants will allow reviving one of the highest marginal industries in the Far East with significant export potential. Now, domestic ginseng growers are faced with the task of restoring ginseng production and, using the advantages of plants from preserved natural populations, take a worthy place in international trade. To enlarge ginseng population to the industrial scales and selection of sustainable successful lines, active introduction of fundamental science including new methods of molecular genetics, such as genomic and proteomic technologies with simultaneous enlarging partnership with foreign scientific and industrial organizations of the East Asia.

Keywords: ginseng, *Panax ginseng* C.A. Mey, natural populations, genotyping, forest farms, selection, farming

For citation: Zhuravlev Yu.N., Tomskikh A.A., Gorpenchenko T.Yu. The history and the future prospects of ginseng study in the Russian Far East. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(4):101-116. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_224_04_9.

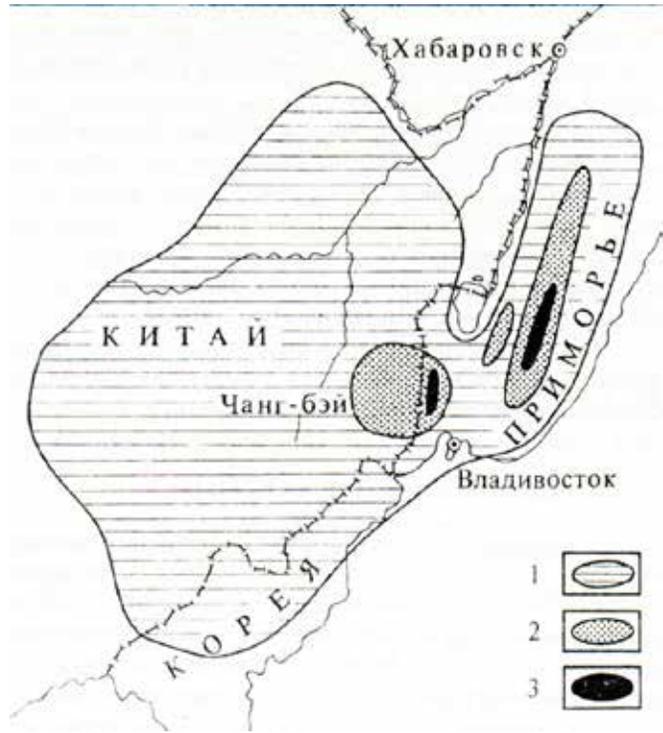
Введение

Женьшень настоящий (*Panax ginseng* С.А. Мей) – легендарное лекарственное средство традиционной китайской медицины. Сбор растений из природных популяций ведется с древних времен. Предполагается, что некогда значительный ареал произрастания женьшеня был сплошным и занимал огромную площадь. После последнего оледенения, захватившего юг Дальнего Востока России лишь частично (так, нетронутой оказалась часть территории Приморского края), женьшень сохранился в небольшом числе рефугиумов вместе с другими видами тропической флоры. В раннем голоцене (10 500–8000 л.н.) интенсивное потепление климата и сокращение площади озер способствовало исчезновению вечной мерзлоты в горах и продвижению теплолюбивых видов из южных рефугиумов на север [1], при этом распространение женьшеня на север из рефугиумов ограничивалось в основном климатом и рельефом. По мере становления ранних цивилизаций и освоения человеком растительных ресурсов все более важную роль стали играть сборы этого растения в медицинских целях. По древним источникам можно судить, что ограничивающие распространение сборы начались около 5 тыс. л. н., – уже в древних трактатах женьшень был описан как редкое растение, т.е. плотность его популяций к тому времени уже была невелика, так что человеческая деятельность быстро возвращала площади обитания к размерам рефугиумов [2, 3]. К началу XX в., по оценкам одного из первых российских исследователей женьшеня И.В. Грушвицкого, ареал естественного произрастания женьшеня занимал обширную территорию Дальнего Востока в пределах от 40 до 48° с.ш. и от 125 до 137° в.д., охватывая около 500 000 км² (рис. 1) [2]. В России женьшень занесен в Красную книгу со статусом федерально охраняемого вида с 1975 г. [4], в связи с чем к середине XX в., по мере того как популяции дикорастущего женьшеня в Китае истощались и исчезали, юг Российского Дальнего Востока становился монополистом в поставках дикорастущих корней этого растения на международный рынок. Сорок лет назад в Приморском крае заготавливалось до 100 кг сухого корня дикорастущего женьшеня, около трети которого имело высшие категории качества [5]. При цене до 200 тыс. американских долларов за 1 кг продажа женьшеня существенно влияла на торговый баланс региона [5]. Приморские промышленники крепко держали рынок корней природной популяции.

Ситуация резко изменилась вследствие социальных потрясений, начавшихся в России в последнее десятилетие прошлого века. Добычу женьшеня запретили, но лесное хозяйство преобразовали так, что контролировать исполнение запрета стало некому. Система лесной охраны и инспекции была нарушена, число лесных инспекторов упало в разы, их полномочия были урезаны. В итоге государство и местное население лишились легального дохода от женьшеневого промысла. Рынок был потерян, контроль над заготовками дикорастущего корня утрачен, контрабандный вывоз женьшеня превзошел все мыслимые значения, и запасы природных популяций в течение короткого времени оказались сильно подорваны [5–7].

Поскольку корни плантационного женьшеня, выращиваемого на территории Китая и Южной Кореи, рассматриваются как растения, значительно измененные искусственным отбором, спрос на дикорастущий женьшень не уменьшался. В то же время имеющиеся данные свидетельствовали о прогрессирующем истощении природных популяций женьшеня в Приморском крае. Отчетливо вырисовались угрозы не только невозможности промышленных заготовок и получения

Рис. 1. Ареал женьшеня настоящего к началу века (1) и в наши дни (2); места частой встречаемости (3). Фото из работы [34]



качественного семенного материала, но и полной утраты природных популяций вида без возможности их восстановления из-за неконтролируемого сбора и сложности биологии развития.

Период российской истории, связанный с быстрым переходом на рыночные отношения, к которому страна была не готова, характеризовался массовым разделом государственной собственности и приоритетами краткосрочных инвестиций перед долгосрочными. В такой парадигме традиционные для таежных районов «долгоиграющие» отрасли (лекарственное растениеводство, оленеводство, пушное звероводство и др.), несмотря на их высокую маржинальность и социальную значимость для населения удаленных таежных районов, постепенно приходили в упадок и в итоге были уничтожены.

В настоящее время спрос на женьшень и продукты на его основе по-прежнему остается высоким, особенно на азиатском рынке. Несмотря на обширный рынок культивируемого женьшеня в Корее и Китае, корни дикорастущего женьшеня пользуются значительно бóльшим спросом. Возможно ли возродить женьшениеводство в Приморском крае? Может ли бренд «Приморский женьшень» быть высокоприбыльным и каковы должны быть принципы рационального использования этого ценного растения, чтобы сохранить легендарный вид в дикой природе? На эти вопросы мы попытались ответить в данном обзоре, обобщив опыт исследований уникального растения в ДВО РАН.

Генетические исследования женьшеня

Сотрудники Биолого-почвенного института (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) стояли у истоков изучения дикорастущих и плантационных растений

женьшеня, его биологии и генетики для сохранения и реинтродукции на Дальнем Востоке (рис. 2) [8]. Предпосылкой этих исследований стали работы начала 1990-х годов с тогда еще существующими в Приморье государственными (совхоз «Женьшень») и частными (частный женьшенарий в Дальнегорске) предприятиями по плантационному выращиванию женьшеня. В частности, хозяйственные исследования, включавшие изучение белкового полиморфизма семян культивируемого женьшеня, выявили неожиданно низкий уровень изменчивости у культивируемого женьшеня [8–10]. Это заставило задуматься о природных популяциях женьшеня [11]. В 1994 г. были организованы первые экспедиции с целью сбора образцов дикорастущего женьшеня из природных популяций для генетических исследований. Помимо поставленной задачи эти экспедиции выявили еще и удручающее состояние природных популяций женьшеня вследствие резко увеличившихся к этому времени «диких» сборов легендарного растения. Так возникла идея создания живой коллекции дикорастущего женьшеня из разных популяций с целью сохранения его генофонда.

Вместе с тем стало понятно, что для оценки генофонда дикорастущего женьшеня потребуются дорогостоящие генетические исследования, денег на которые в институтах начала 1990-х годов практически не было. В течение довольно короткого периода еще сохранялась надежда на государственную поддержку дорогостоящих генетических исследований. Дальневосточное отделение РАН (тогда еще ДВО АН СССР) разработало «Долговременную программу охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 года», которая была утверждена решениями Приморского краевого Совета народных депутатов от 28.06.91 № 145 «О системе охраняемых природных территорий Приморского края» и Малого Совета Приморского краевого Совета народных депутатов от 17.11.92 № 120 «Об экологической программе Приморского края» как документ, определяющий эколого-экономическую стратегию развития



Рис. 2. Основные исполнители программы реинтродукции женьшеня, слева направо: к.б.н. Т.И. Музарок, к.б.н. Г.Д. Реунова, к.б.н. Е.В. Артюкова, И.Л. Кац, к.б.н. М.М. Козыренко. Благодаря их работе Биолого-почвенный институт долгое время сохранял свое лидерство в исследовании природных популяций женьшеня. *Фото из личного архива акад. Ю.Н. Журавлева*

Приморского края до 2005 г. 24 мая 1993 г. губернатором Приморского края был назначен Евгений Иванович Наздратенко, по-настоящему радевший за благосостояние и развитие государства и его дальневосточных рубежей. Он поручил администрации Приморского края совместно с нашим институтом разработать программу восстановления женьшеневых местообитаний и реинтродукции женьшеня в места исторического произрастания [3]. Эта программа естественно вписалась в вышеупомянутую Экологическую программу Приморского края, инициировавшую на ранних этапах создание особо охраняемых природных территорий. Благодаря этой программе были созданы или поддержаны заповедники, где также сохранилось поголовье диких копытных, достаточное для того, чтобы редкие хищники пережили тяжелые времена их безумного истребления.

В те годы Биолого-почвенный институт был дальневосточным представителем международной программы сохранения биологического разнообразия DIVERSITAS. В результате на основе международных методов исследований в области сохранения редких видов была создана поэтапная программа сохранения женьшеня [12].

Прежде всего нужно было разобраться с генетическим потенциалом дикорастущих популяций. В 1992 г. Эдвард Вильсон в своей книге «Разнообразие жизни» [13] сформулировал основы представлений о биологическом разнообразии, его роли в эволюции и естественном отборе.

Чтобы оценить масштабы угрозы, необходимо было знать запасы прочности вида, основанные на его генетическом разнообразии, т.е. изучить генофонд. В программу были включены общепринятые международные подходы, в первую очередь предполагающие изучение генетической изменчивости и популяционной структуры вида, поскольку генетическая вариабельность и ее распределение определяют его адаптивный потенциал. В то время генетические исследования основывались в первую очередь на морфологических признаках и генетических маркерах, роль которых выполняли белки. Метод белкового электрофореза позволял оценивать разнообразие генов по их продуктам. Изоферменты, или аллозимы, были тогда широко используемыми в качестве белков по всему миру, что позволило выявить широкий спектр изменчивости в природных популяциях животных и растений и проанализировать протекающие в них генетические процессы. Более того, именно с помощью данного метода были получены обширные данные на самых различных объектах и сформулированы закономерности и большинство теоретических построений, на которых и сейчас базируются популяционно-генетические исследования. Так что выбор метода аллозимного анализа для исследования генетического разнообразия нового объекта, в данном случае женьшеня, был оправдан не только тем, что других инструментов к тому моменту не было, но и тем, что это позволяло сравнить полученные результаты с накопленными в мире данными по другим, в том числе редким и реликтовым растениям.

Изучение аллозимного полиморфизма женьшеня не только показало очень низкий уровень изменчивости этого реликта, но и позволило выявить некоторые его биологические особенности, обусловившие такой низкий уровень, в частности сложную систему скрещивания [14, 15], и проследить его эволюционную историю [16–18].

Однако аллозимный анализ не дает информации об изменчивости всего генома, так как опосредованно анализирует лишь его кодирующую часть. В 1986 г. был разработан метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) с использованием

термостойких ДНК полимераз, открытых и охарактеризованных независимо советскими биохимиками А. Калединым, А. Слюсаренко, С. Городецким и американскими биохимиками Alice Chien, David B. Edgar и John M. Trela. В начале 1990-х годов метод ПЦР-амплификации еще не использовался широко в генетических исследованиях и только начинал использоваться в России, наука которой в те времена переживала не лучшие годы. Активное внедрение ПЦР в мировую практику молекулярно-генетических исследований вызвало бурный рост данных, уточняющих представления о геноме. Вскоре на основе ПЦР были разработаны различные методы оценки генетического полиморфизма, такие как полиморфизм случайно амплифицированных фрагментов ДНК (RAPD), анализ межмикросателлитных участков геномной ДНК (ISSR), полиморфизм длины амплифицированных фрагментов (AFLP) и др. Основанные на полимеразной цепной реакции методы молекулярных маркеров ДНК анализируют вариабельность всей ДНК, а не только ее кодирующей части, и позволяют проводить генотипирование отдельных представителей, изучать генетическую структуру популяций и на этой основе разрабатывать меры по сохранению и восстановлению численности редких и исчезающих видов.

Комплексное применение методов молекулярных маркеров ДНК, секвенирования участков генов, аллозимного анализа позволило не только охарактеризовать генетическую структуру популяций женьшеня, но и установить локальные центры сохранившегося разнообразия генов и направления последующей миграции растений из этих центров. Были разработаны критерии принадлежности растений женьшеня к популяциям, населяющим разные административные районы Приморья, выявлены тренды изменчивости генетического разнообразия от популяции к популяции [8, 18–24].

В дальнейшем перечисленные молекулярно-генетические методы исследования были применены нами также и к другим редким растениям Дальнего Востока России. Эти работы выявили не только совершенно разный уровень изменчивости у различных редких видов, но и общие тенденции, связанные с географическими, экологическими, климатическими условиями Приморского края и его эволюционной историей [25], а также показали, что подобные методы должны и в дальнейшем использоваться для изучения популяционно-генетической структуры, генетических и филогеографических связей различных видов растений, в том числе представителей семейства Аралиевых, к которым относятся не только женьшень, но и близкие к нему по воздействию на организм человека виды растений [26–28]. Изучение особенностей систем размножения видов, являющихся фактором поддержания популяционного равновесия и среднего уровня гетерозиготности, также необходимо для теоретически обоснованных предложений по их сохранению [29].

На основе этих результатов в Чугуевском и Спасском районах Приморья были заложены коллекции локальных генотипов женьшеня из разных популяций. Создание коллекций стало возможным благодаря не только финансированию программы правительства Приморского края, но и грантам WWF. Предполагалось, что со временем эти коллекции станут центрами реинтродукции и восстановления природных популяций женьшеня в Приморье. Программа реинтродукции природных популяций женьшеня также предполагала насыщение благоприятных для произрастания вида местообитаний наиболее ценными генотипами женьшеня. Но исследование таких генотипов столкнулось с трудностями – изъятие наиболее

ценных корней, найденных в тайге заготовителями, лишало дохода сборщиков в условиях кризиса и безработицы. Эта проблема была преодолена с помощью более ранних разработок института – еще в конце 1980-х годов. На основе передовых на тот момент методов микроклонирования и дифференцированных клеточных культур растений была разработана запатентованная в 1993 г. [30] система получения генетического клона от растения-рекордсмена с использованием спящей почки, изъятие которой не меняло товарного вида корня (рис. 3).



Рис. 3. Дикорастущий женьшень, дорощенный в условиях плантации. Многие «чемпионы» нынешних международных аукционов имеют сходную конфигурацию. *Фото из работы [6]*

Дело в том, что еще до генетических исследований женьшеня сотрудники Биолого-почвенного института начали работы по биотехнологии женьшеня, на которые в конце 1980-х годов был спрос со стороны государства. Методом генетической трансформации сотрудниками института были впервые получены и исследованы совместно с сотрудниками ТИБОХ АН СССР клеточные культуры «волосатых» корней («hairyroots») женьшеня, у которых спектр гинзенозидов приближался к спектру дикого корня [31–33]. Эти высокопродуктивные клеточные культуры выращивались в ферментерах на Омутнинском химическом заводе, Биохиммаше и на самом мощном в Советском Союзе биохимическом заводе «Прогресс», который перешел из РФ в Казахстан.

Рассчитанная до 2005 г. программа была закрыта в 2001 г. с уходом Е.И. Наздратенко с поста губернатора Приморского края¹. Тем не менее, в стенах института успели определить важные для сохранения и реинтродукции женьшеня закономерности его распространения на Дальнем Востоке. Установлено, что биоразнообразие женьшеня настоящего на территории Приморья представлено тремя местообитаниями – Хасанское, Спасское и Сихотэ-Алинское, причем в последнем можно выделить несколько популяций. Эти изолированные популяции (только местные растения) были генетически дифференцированы и внутренне однородны, но во всех обнаруживалось родство с Чугуевской популяцией. Это важное наблюдение требовало, чтобы реинтродукция женьшеня начиналась с сохранения прежде всего Чугуевской популяции [8, 12, 34]. Кроме того, наши исследования показали, что для поддержания генетического профиля локальных популяций необходим контроль семенного размножения женьшеня, в том числе контролируемые скрещивания и генетический контроль потомства растений в коллекции. Также плантационное выращивание женьшеня требует корректной и неукоснительно выполняющейся агротехники, поскольку женьшень как вид имеет слишком

¹ https://wwf.ru/upload/iblock/172/0616_rekomendaciislusanii_dorobotanni.doc

низкие «запас прочности» и адаптивный потенциал для успешного выживания и размножения [23]. Более того, к настоящему времени сильно сократились природные местообитания женьшеня (экотопы) из-за интенсивной вырубке лесов. Последнее обстоятельство затрудняет реализацию программы восстановления природных популяций женьшеня. Но на основе полученных знаний можно еще попытаться сохранить генофонд уникального вида, ведь заложенная в ходе реализации Программы живая коллекция дикорастущего женьшеня сохранилась и поддерживается сотрудниками института [8, 12, 34].

Научные основы сохранения и перспективы промышленного производства женьшеня в Приморье

В настоящее время единственным естественным местообитанием женьшеня является Приморский край Дальнего Востока России, и этот женьшень имеет более высокую стоимость на рынке по сравнению с растениями Китая и Кореи. ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН обладает уникальным семенным материалом с оптимальным генетическим разнообразием, не имеющим аналогов в мире [35].

Мировая индустрия быстро развивает тренд повышения качества жизни, такие традиционно ориентированные на него азиатские страны, как Индия и Китай, постепенно выводят на мировой уровень лечебную и оздоровительную продукцию из лекарственного растительного сырья. Исследования показали, что в ближайшем будущем наиболее перспективной точкой роста станет производство оздоровительных пищевых продуктов адаптогенного, стрессопротекторного, нейропротекторного и иммуностимулирующего действия. Основным природным ареалом произрастания лекарственного растительного сырья для этой продукции расположен в Восточной Азии, преимущественно на территории Индии, Китая и южной части Дальнего Востока России.

В настоящее время мировой рынок только корня женьшеня составляет около 7,6 млрд долл. США. Сопутствующие товары включают лекарства, товары для здоровья, продукты питания, косметику и другое, и рыночный спрос на них огромен. Китай и Южная Корея, основные страны – производители женьшеня, имеют годовой объем производства около 65 400 т. В то же время исследования показывают, что существующий рыночный спрос на продукцию из женьшеня только в Китае составляет 187 000 т в год (около 30 % населения Китая потребляет 0,4 кг корейского женьшеня в год). Таким образом, на рынке имеется значительный дефицит женьшеневого сырья. Разработка продукции аналогичного назначения из родственных женьшеню и сходных с ним по свойствам растений частично заместит этот дефицит и разовьет новые сегменты рынка. Расчеты, предоставленные Институтом специальных растений и животных Китайской академии сельскохозяйственных наук, показывают, что при существующей цене на свежий женьшень на китайском рынке 20 USD/кг и ожидаемом урожае 40 кг с 1 га заложенные посадки площадью 5000 га через пять лет могут принести 4 млн USD. В перспективе с учетом того, что российский женьшень будет более высокого стандарта качества и реализовываться будет не сырье, а продукция глубокой переработки, выходная стоимость продукции с использованием женьшеня как ингредиента может достигнуть 1,5 млрд USD при заданном объеме сырья (при расчете 5 г женьшеня на 1 л в рецептуре стрессопротекторного и адаптогенного концентрата напитка при

его рыночной цене 3000 руб./л). Приморский край является основным природным ареалом произрастания дикого женьшеня. Ввиду необходимости сохранения и защиты диких популяций растущий рыночный спрос необходимо удовлетворять за счет высококачественных технологий искусственного выращивания женьшеня и других потенциально значимых растений. Существовавшие когда-то на территории Приморского края эффективные технологии ухода за женьшенем, экологически чистые технологии его выращивания и обработки большей частью утрачены, как и осуществлявшие их предприятия.

Опыт выращивания женьшеня в Китае насчитывает около 400 лет. За это время разработаны эффективные технологии выращивания, защиты и переработки женьшеня и других лекарственных растений сходного действия. Развитие и адаптация этих знаний, опыта и конкретных технологий на территории Приморского края позволит местным хозяйствующим субъектам возродить практически утраченную традиционную для Приморского края отрасль промышленности на основе наиболее подходящего для этого региона генетического материала. Эффективное и устойчивое использование ресурсов позволит создать бренд «российского женьшеня», превосходящего по цене и качеству такие всемирно известные бренды, как южнокорейский Cheong Kwan Jang.

На территории Приморского края и Дальнего Востока, а также на приграничных территориях ведется интенсивное плантационное выращивание растений женьшеня. При этом эксплуатация земель, используемых для выращивания плантационных растений, сопровождается постоянным внесением высоких доз минеральных удобрений и обеззараживающих растворов, что позволяет увеличить урожайность, но при многолетнем применении ведет к снижению качества продукции, загрязнению окружающей среды, нарушению естественных механизмов восстановления почв. Решением проблемы является процесс замены минеральных удобрений моно-, бинарными и поликомпонентными микробными препаратами на основе эндофитов растений – микроорганизмов, которые живут во внутренних тканях растений-хозяев, не причиняя им вреда, и обеспечивают последние питательными веществами. Эндофиты могут способствовать росту растений-хозяев и действовать как агенты биологической борьбы против патогенов растений. Подобные взаимодействия растений и микробов характерны для современных методов устойчивого ведения сельского хозяйства и охраны окружающей среды, которые стремительно развиваются во всем мире [36, 37]. Однако сегодня имеется лишь несколько сообщений об эндофитах, присутствующих в женьшене [36, 37]. Это обусловлено как сложностью самого объекта исследования, так и комплексом факторов, влияющих на симбиотические отношения растения-хозяина и симбионта. К ним относятся генотип растения-хозяина, неясный состав микробного состава в зависимости от территории произрастания объекта и степень включения механизмов, запускающих защитные реакции и продукцию вторичных метаболитов (гинзенозидов) в зависимости от условий произрастания.

Таким образом, основными вызовами науке для развития отрасли женьшеневодства в современных условиях становятся:

сохранение генетического разнообразия дальневосточных популяций женьшеня и получение качественного семенного материала; выделение чистых линий как основы для селекции;

переход к экологически чистому и безопасному воспроизведению данного вида в естественных условиях и в качестве сырья;

расширение ресурсов редких лекарственных растений для разработки новых лекарственных средств;

рациональное использование ресурсов для получение эффективных композиций функциональных продуктов питания;

решение проблемы стандартизации и сертификации качества сырья.

Наряду с этим важнейшей задачей является исследование причин высокой гибели и снижения продуктивности растений женьшеня при плантационном выращивании для получения сырья.

Тема исследований легендарного женьшеня обладает определенной «грантопритягательной» силой. Группа научных работников МГУ в соавторстве с Российской женьшеневой корпорацией недавно представила «Проект стратегии сохранения женьшеня настоящего в Российской Федерации»² на основе финансирования Министерства науки и высшего образования РФ. Попытки развития и восстановления отрасли вместе с ними предпринимает и хабаровская компания «Ливей», которая планирует создать не менее 700 рабочих мест и на совместной ферме выращивать не менее 30 тыс. т женьшеня в год³.

Больше шансов на воплощение имеет активно создающаяся с 2021 г. программа совместных фундаментальных и прикладных исследований двух крупных научных центров – ФНИЦ Биоразнообразия ДВО РАН и Института особых экономически значимых растений и животных Китайской академии сельскохозяйственных наук (провинция Цзилинь). Она нацелена на получение фундаментальных знаний в области биологии и вторичного метаболизма не только женьшеня, но и других видов растений, продуцирующих аналогичные вещества, и поможет в понимании механизмов образования этих веществ. А разработанные в результате программы технологии выращивания в определенных условиях растений с содержанием редких групп лекарственных веществ, в том числе панаксозидов, будут использованы в производстве растительного сырья для продажи компаниям разного уровня по производству пищевых продуктов, косметической промышленности, БАДов и фармацевтики как на местном уровне, так и для стран АТР. Реализация такой многоуровневой программы позволила бы достичь значимых успехов в области оценки ресурсов женьшеня, защиты и выращивания дикого женьшеня в природных условиях, экологического растениеводства. Российским предприятиям будут предоставлены передовые технологии формирования эффективной системы сохранения и селекции выращиваемого в естественных условиях женьшеня, а также результаты исследований и разработок пищевых лечебных и оздоровительных продуктов для внедрения в производство. При этом параллельно будет проводиться работа по приведению свойств и качества продукции в соответствие с требованиями рынка путем активного взаимодействия с зарубежными предприятиями – потребителями продукции.

Разработка и реализация таких программ сегодня сопряжена с рядом проблем, связанных с отсутствием в нормативно-правовом поле глубокой проработки вопросов создания международных инновационно-ориентированных научных организаций, включая порядок создания и использования совместных результатов интеллектуальной деятельности с участием федеральных научных организаций,

² <https://vrshop.ru/blog/proyekt-stratyegii-sokhranyeniya-zhyenshyeniya-nastoyashcheyego-v-rossiyskoy-fyedyeratsii/>

³ <https://regnum.ru/news/economy/2838399.html>

разработка которых в данный момент ведется на уровне Министерства науки и высшего образования РФ. Не менее острый вопрос – разработка образовательных программ для подготовки исследовательских и производственных кадров, предоставление служебного жилья приглашенным высококвалифицированным специалистам и преподавателям, создание современного приборного парка с учетом необходимости перехода на изделия, произведенные в дружественных странах и на разработанные в России в процессе развития импортозамещающего научного приборостроения.

Таким образом, сегодня на основе высокого уровня научных исследований в ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН имеется все необходимое для качественного роста как в сфере сохранения видов и расширения их плантационных популяций до промышленных масштабов, так и в сфере развития экономики региона, создания новых рабочих мест (в том числе в удаленных таежных районах) и улучшения качества жизни в регионе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С. и др. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем кайнозое (миоцен–плейстоцен). Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1996. 56 с.
2. Грушвицкий И.В. Женьшень: вопросы биологии. Л., 1961. 344 с.
3. Краевая целевая комплексная долгосрочная программа восстановления (реинтродукции) приморской популяции женьшеня на период до 2005 года: Утв. постановлением от 30.12.97 г. № 550 // Зов тайги. 1998. № 3–4. С. 48–52.
4. Красная книга. Дикорастущие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. Ленинград, 1975.
5. Журавлев Ю.Н., Коляда А.С. Araliacea: Женьшень и другие. Владивосток: Дальнаука, 1996. 280 с.
6. Журавлев Ю.Н., Хлебников В.И., Красиков К.Н., Бурундукова О.Л., Ляпустин С.Н., Фоменко П.В. Диагностика, идентификация и оценка корня женьшеня: метод. рекомендации. Владивосток: НТЦ Море, 2003. 66 с.
7. Красиков К.Н., Журавлев Ю.Н., Хлебников В.И. Совершенствование диагностики, идентификации и оценки корня женьшеня в таможенной практике: метод. рекомендации. Владивосток, 2001. 96 с.
8. Zhuravlev Yu.N., Muzarok T.I., Pisetskaya N.F., Koren O.G., Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., and Reunova G.D. Ginseng: natural populations, genetic resources, allozyme-DNA variations and conservation strategy, p. 157–166. / H. Chr. Weber, D. Zeuske, S. Imhof (eds). Ginseng in Europe. 1998. Proc. First European Ginseng Congress. Philipps-Universität, Marburg, Germany.
9. Koren O., Muzarok T., Zhuravlev Yu., Chorosh K. Electrophoresis of *Panax ginseng* storage proteins // Abstracts of the XV Int. Bot. Congress, Tokyo, 1993. P. 7138.
10. Koren O., Kovaleva E., Zhuravlev Yu. Protein polymorphism examination for estimation of genetic variation in ginseng cultivated populations // Abstracts of the 45th Arctic Sci. Conf. “Bridges of the Science between North America and the Russian Far East”, 1994. Vladivostok, 1994. P. 17.
11. Zhuravlev Yu.N., Burundukova O.L. Koren O., Zaytseva T.A., Kovaleva E.V. *Panax ginseng* C.A. Meyer: biodiversity evaluation and conservation // Proc. Int. Ginseng Conf. “The Challenges of the 21st Century”, 1994, Vancouver. P. 162–168.
12. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Reunova G.D., Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., Muzarok T.I., Kats I.L. Ginseng conservation program in Russian Primorye: Genetic structure of natural and cultivated populations // Advances in Ginseng Research 2002. Proc. 8th International Symposium on Ginseng. Seoul. Korean Soc. of Ginseng. P. 509–521.
13. Wilson E.O. The Diversity of Life. Harvard University Press, 1992. 424 pages.
14. Koren O.G., Krylach T.Yu., Zaytseva Yu.A., Zhuravlev Yu.N. Floral biology and embryology of *Panax ginseng* C.A. Meyer // H. Chr. Weber, D. Zeuske and S. Imhof (eds). Ginseng of Europe. Proceedings of the First European Ginseng Congress. 1998, Philipps-Universität, Marburg, Germany. P. 221–231.

15. Zhuravlev Yu., Koren O., Krylach T. Evidence of partial apomixis among cultivated *Panax ginseng* plants detected by the autosegregation of genetic markers // Proc. of the Int. Ginseng Conf. '99 "Ginseng: Its Sciences and Its Markets", 8–11 July, 1999. Hong Kong, 1999. P. 76.
16. Zhuravlev Yu., Koren O.G., Kozyrenko M., Muzarok T. Population dynamics and genetic structure in natural ginseng populations // Proc. of the Int. Ginseng Conf. '99 "Ginseng: Its Sciences and Its Markets", 8–11 July, 1999. Honk Kong, 1999. P. 99.
17. Koren O.G., Potenko V.V., Zhuravlev Yu.N. Inheritance and variation of allozymes in *Panax ginseng* C.A. Meyer (Araliaceae) // International Journ. of Plant Sciences. 2003. Vol. 164, N 1. P. 189–195.
18. Журавлев Ю.Н., Козыренко М.М., Артюкова Е.В., Реунова Г.Д., Музарок Т.И., Еляков Г.Б. ПЦР-генетическое типирование женьшеня с использованием произвольных праймеров // ДАН. 1996. Т. 349, № 1. С. 111–114.
19. Артюкова Е.В., Козыренко М.М., Корень О.Г. Музарок Т.И. Реунова Г.Д., Журавлев Ю.Н. RAPD- и аллозимный анализ генетической изменчивости *Panax ginseng* C.A. Meyer и *P. quinquefolius* L. // Генетика. 2004. Т. 40, № 2. С. 239–247.
20. Koren O.G., Muzarok T.I. The nature of polyploidy in two *Panax species* (*Panax ginseng* and *Panax quinquefolius*) inferred from allozyme data // Cold Spring Harbor Asia Conf. "From Plant Biology to Crop Biotechnology". N.Y., 2010. Vol. 1. P. 58.
21. Zhuravlev Yu.N., Muzarok T.I. Ginseng in Russia // The Challenges of the 21st Century. Proc. Intern. Ginseng Conf. Vancouver, 1994. P. 50–55.
22. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Kozyrenko M.M., Reunova G.D., Artyukova E.V., and Muzarok T.I. Use of molecular markers to design the reintroduction strategy for *Panax ginseng* // Biodiversity and Allopaty: From Organism to Ecosystem in the Pacific / C.H. Chou, G.R. Waller, C. Reinhardt, eds. Academica Sinica, Taipei 1999. P. 183–192.
23. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Reunova G.D., Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., Muzarok T.I., Kats I.L. Ginseng conservation program in Russian Primorye: genetic structure of wild and cultivated populations // J. Ginseng Res. 2004. Vol. 28, N 1. P. 60–66.
24. Reunova G.D., Koren O.G., Muzarok T.I., Zhuravlev Yu.N. Microsatellite analysis of *Panax ginseng* natural populations in Russia // Chinese Medicine. 2014. Vol. 5, N 4. P. 231–243.
25. Artyukova E., Kozyrenko M., Koren O., Kholina A., Nakonechnaya O., Zhuravlev Y. Living on the Edge: Various Modes of Persistence at the Range Margins of Some Far Eastern Species / Çalişkan M. (ed.) // Genetic Diversity in Plants. L.: Intech Open, 2012. P. 349–374.
26. Журавлев Ю.Н., Корень О.Г., Музарок Т.И., Реунова Г.Д., Козыренко М.М., Артюкова Е.В., Илюшко М.В. Молекулярные маркеры для сохранения редких видов растений Дальнего Востока // Физиология растений, 1999. Т. 46, № 6. С. 953–964.
27. Холина А.Б., Наконечная О.В., Корень О.Г., Журавлев Ю.Н. Генетическая изменчивость заманихи высокой *Oplonanax elatus* (Nakai) Nakai (Araliaceae) // Генетика. 2010. Т. 46, № 5. С. 631–639.
28. Холина А.Б., Наконечная О.В., Корень О.Г., Журавлев Ю.Н. Генетическая изменчивость реликтового вида *Acantho panax sessiliiflorus* (Rupr. et Maxim.) Seem. (Araliaceae) в Приморском крае // Генетика, 2014. Т. 50, № 12, С. 1418–1424.
29. Горпенченко Т.Ю., Яцунская М.С., Корень О.Г., Хроленко Ю.А. Особенности биологии размножения у дальневосточных представителей рода *Eleutherococcus* (Araliaceae) // 11 Дальневосточная конференция по заповедному делу, 2015. С. 135–138.
30. Журавлев Ю.Н., Гетманова Е.С., Музарок Т.И., Булгаков В.П. Способ микроразмножения женьшеня. Патент SU1824114A1. 1993.
31. Журавлев Ю.Н., Булгаков В.П., Мороз Л.А., Артюков А.А., Маханьков В.В., Уварова Н.И., Еляков Г.Б. Накопление панаксозидов в культуре клеток женьшеня *Panax ginseng*, трансформированных с помощью *Agrobacterium rhizogenes* // Докл. Академии наук СССР. 1990. Т. 311, № 4. С. 1017–1019.
32. Булгаков В.П., Журавлев Ю.Н., Козыренко М.М., Бабкина Э.Н., Уварова Н.И., Маханьков В.В. Содержание даммарановых гликозидов в различных каллусных линиях *Panax ginseng* C.A. Mey. // Растит. ресурсы. 1991. Т. 27, вып. 3. С. 94–100.
33. Булгаков В.П., Журавлев Ю.Н., Козыренко М.М., Рысева И.Н. Штамм *Panax ginseng* C.A. Mey – продуцент гинзенозидов и способ получения гинзенозидов. Патент RU2067819C1, 1996.
34. Журавлев Ю.Н., Гапонов В.В., Фоменко П.В. Женьшень Приморья. Ресурсы и возможная организация воспроизводства. Владивосток: Апельсин, 2003. 48 с.
35. Журавлев Ю.Н. Популяция дикорастущего женьшеня как источник генетического разнообразия для селекции сортов // Китайско-Российская конференция по инновационному развитию ин-

дустрии медицины, фармацевтики и здоровья в регионе Чанчунь-Цилинь-Тумэнь, КНР, 17–20 окт. 2017 г. ID публикации:15081.

36. Um Y., Kim B.R., Jeong J.J., Chung C.M., Lee Y. Identification of endophytic bacteria in *Panax ginseng* seeds and their potential for plant growth promotion // Korean J. Med. Crop Sci. 2014. Vol. 22, N 4. P. 306–312.

37. Wang Q., Sun H., Li M., Xu C., Zhang Y. Different age-induced changes in rhizosphere microbial composition and function of *Panax ginseng* in transplantation mode // Front. Plant Sci. 2020. Vol. 11. Art.:563240.

REFERENCES

1. Korotkii A.M., Grebennikova T.A., Pushkar' V.S., Razzhigaeva N.G., Volkov V.G., Ganzei L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Makarova T.R. Climatic changes on south of the Far East in the late neozoic period (Miocene-Pleistocene). Vladivostok: Far Eastern State University Press; 1996. 56 p. (In Russ.).

2. Grushvitsky I.V. Ginseng: Aspects of Biology. L.; 1961. 344 p. (In Russ.).

3. Program of reintroduction of maritime populations of ginseng by 2005, Resolution N550 of December 30. *Zov taigi*. 1998;(3-4):48-52. (In Russ.).

4. Red Book. Wild-growing species of the USSR flora in need of protection. L.; 1975. (In Russ.).

5. Zhuravlev Yu.N., Kolyada A.C. Araliaceae: Ginseng and Other Species. Vladivostok: DalNauka; 1996. 280 p. (In Russ.).

6. Zhuravlev Yu.N., Khlebnikov V.I., Krasikov K.N., Burundukova O.L., Lyapustin C.N., Fomenko P.V. Diagnosis, identification and evaluation of ginseng root: method, recommendations. Vladivostok: NTC More; 2003. 66 p. (In Russ.).

7. Krasikov K.N., Zhuravlev Yu.N., Khlebnikov V.I. Improving the diagnosis, identification and evaluation of ginseng root in customs practice: guidelines. Vladivostok; 2001. 96 p. (In Russ.).

8. Zhuravlev Yu.N., Muzarok T.I., Pisetskaya N.F., Koren O.G., Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., Reunova G.D. Ginseng: natural populations, genetic resources, allozyme-DNA variations and conservation strategy. In: *Weber C., Zeuske, Imhof S. (eds.). Ginseng in Europe. Proc. 1st European Ginseng Congr.* Marburg: Philipps-Universitat, Germany; 1998. P. 157-166.

9. Koren O., Muzarok T., Zhuravlev Yu., Chorosh K. Electrophoresis of *Panax ginseng* storage proteins. *Abstr. XV Int. Botanical Congress*, Tokyo; 1993. P. 7138.

10. Koren O., Kovaleva E., Zhuravlev Yu. Protein polymorphism examination for estimation of genetic variation in ginseng cultivated populations. *Abstr. 45th Arctic Sci. Conf. "Bridges of the Science between North America and the Russian Far East"*, Vladivostok; 1994. P. 17.

11. Zhuravlev Yu.N., Burundukova O.L., Koren O., Zaytseva T.A., Kovaleva E.V. *Panax ginseng* C.A. Meyer: biodiversity evaluation and conservation. In: *Proc. of the Int. Ginseng Conf "The Challenges of the 21st Century"*, Vancouver; 1994. P. 162-168.

12. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Reunova G.D., Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., Muzarok T.I., Kats I.L. Ginseng conservation program in Russian Primorye: Genetic structure of natural and cultivated populations. In: *Proc. 8th International Symp. on Ginseng "Advances in Ginseng Research"*. Seoul: Korean Soc. of Ginseng; 2002. P. 509-521.

13. Wilson E.O. *The Diversity of Life*. Harvard University Press, 1992. 424 p.

14. Koren O.G., Krylach T.Yu., Zaytseva Yu.A., Zhuravlev Yu.N. Floral biology and embryology of *Panax ginseng* C.A. Meyer In: *Weber C., Zeuske D., and Imhof S. (Eds.). Ginseng in Europe. Proc. 1st European Ginseng Congr.* Marburg: Philipps-Universitat, Germany; 1998. P. 221-231.

15. Zhuravlev Yu., Koren O., Krylach T. Evidence of partial apomixis among cultivated *Panax ginseng* plants detected by the autosegregation of genetic markers. In: *Proc. of the Int. Ginseng Conf. '99: "Ginseng: Its Sciences and Its Markets"*, 8-11 July, 1999. Hong Kong. P. 76.

16. Zhuravlev Yu., Koren O.G., Kozyrenko M., Muzarok T. Population dynamics and genetic structure in natural ginseng populations. In: *Proc. of the Int. Ginseng Conf. '99 "Ginseng: Its Sciences and Its Markets"*, 8-11 July, 1999. Hong Kong. P. 99.

17. Koren O.G., Potenko V.V., Zhuravlev Yu.N. Inheritance and variation of allozymes in *Panax ginseng* C.A. Meyer (Araliaceae). *Int. J. Plant Sci.* 2003;164(1):189-195.

18. Zhuravlev Y.N., Kozyrenko M.M., Artyukova E.V., Reunova G.D., Muzarok T.I., Elyakov G.B. Typing ginseng by means of RAPD-PCR. *Doklady Akademii Nauk.* 1996;349(1):111-114 (In Russ.).

19. Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., Koren O.G., Muzarok T.I., Reunova G.D., Zhuravlev Yu.N. RAPD and Allozyme Analysis of Genetic Diversity in *Panax ginseng* C.A. Meyer and *P. Quinquefolius* L. *Russian Journal of Genetics*. 2004; 40(2):239-247.
20. Koren O.G., Muzarok T.I. The nature of polyploidy in two *Panax* species (*Panax ginseng* and *Panax quinquefolius*) inferred from allozyme data. *Cold Spring Harbor Asia Conference "From Plant Biology to Crop Biotechnology"*. N.Y., 2010;1:58.
21. Zhuravlev Yu.N., Muzarok T.I. Ginseng in Russia. In: *Proc. Intern. Ginseng Conf. "The Challenges of the 21st Century"*. Vancouver; 1994. P. 50-55.
22. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Kozyrenko M.M., Reunova G.D., Artyukova E.V., Krylach T.Yu., and Muzarok T.I. Use of molecular markers to design the reintroduction strategy for *Panax ginseng*. In: *Proc. PSA Symp. "Biodiversity and Allelopathy: From Organisms to Ecosystem in the Pacific"* (Chou C.H., Waller G.R., and Reinhardt C., eds.), Taipei: Academica Sinica; 1999. P. 183-192.
23. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Reunova G.D., Artyukova E.V., Kozyrenko M.M., Muzarok T.I., Kats I.L. Ginseng conservation program in Russian Primorye: genetic structure of wild and cultivated populations. *J. Ginseng Res.* 2004;28(1):60-66.
24. Reunova G.D., Koren O.G., Muzarok T.I., Zhuravlev Yu.N. Microsatellite analysis of *Panax ginseng* natural populations in Russia. *Chinese Medicine*. 2014;5(4):231-243.
25. Artyukova E., Kozyrenko M., Koren O., Kholina A., Nakonechnaya O. and Zhuravlev Y. Living on the Edge: Various Modes of Persistence at the Range Margins of Some Far Eastern Species. In: *Çalışkan M. (Ed.) Genetic Diversity in Plants* [Internet]. L.: Intech Open; 2012. P. 349-374.
26. Zhuravlev Yu.N., Koren O.G., Muzarok T.I., Reunova G.D., Kozyrenko M.M., Artyukova E.V., Ilyushko M.V. Molecular markers for conservation of rare plant species in the Far East Region. *Russian Journal of Plant Physiology*. 1999; 46(6):953-964. (In Russ.).
27. Kholina A.B., Nakonechnaya O.V., Koren O.G., Zhuravlev Yu.N. Genetic variation of *Oplopanax elatus* (Nakai) Nakai (Araliaceae). *Russian Journal of Genetics*. 2010;46(5):631-639. (In Russ.).
28. Kholina A.B., Nakonechnaya O.V., Koren' O.G., Zhuravlev Yu.N. Genetic variation of the relict species *Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr. et Maxim) Seem. (Araliaceae) in Primorsky Krai. *Russian Journal of Genetics* 2014;50(12):1418-1424. (In Russ.).
29. Gorpenchenko T.Yu., Yatsunskaya M.S., Koren' O.G., Khrolenko Yu.A. The reproduction biology peculiarities in Far Eastern representatives of the genus *Eleutherococcus* (Araliaceae). In: *Proc. XI Far-Eastern Conf. of Nature Conservation Problems*, Vladivostok, October 06–09; 2015. P. 135-138. (In Russ.).
30. Zhuravlev Yu.N., Getmanova E.C., Muzarok T.I., Bulgakov V.P. Method for the ginseng micropropagation. Patent SU1824114A1. 1993. (In Russ.).
31. Zhuravlev Yu.N., Bulgakov V.P., Moroz L.A., Uvarova N.I., Makhan'kov V.V., Malinovskaya G.V., Artyukov A.A., Elyakov G.B. Accumulation of panaxosides in a culture of cells of *Panax ginseng* C.A. Mey transformed with the aid of *Agrobacterium rhizogenes*. *Doklady Botanical Sciences*. 1990; 311(4):1017-1019. (In Russ.).
32. Bulgakov V.P., Zhuravlev Yu.N., Kozyrenko M.M., Babkina E.N., Uvarova N.I., Makhan'kov V.V. The content of dammarane glycosides in various callus lines of *Panax ginseng* C.A. Mey. *Rastitelnye Resursy*. 1991;27(3):94-100. (In Russ.).
33. Bulgakov V.P., Zhuravlev Yu.N., Kozyrenko M.M. and Ryseva I.N. Strain *Panax ginseng* C.A. Mey - a producer of ginsenosides and a method of ginsenoside preparing. Patent RU2067819C1, 1996. (In Russ.).
34. Zhuravlev Yu.N., Gaponov V.V., Fomenko P.V. The Primorye Ginseng: Resources and possible organization of reproduction. Vladivostok: Apelsin; 2003. 48 p. (In Russ.).
35. Zhuravlev Yu.N. Wild ginseng population as a source of genetic diversity for variety breeding. In: *Sino-Russian Conf. on Innovative Development of Medicine, Pharmacy and Health Industry in Changchun-Jilin-Tumen Region, China*, 17-20 October 2017. (In Russ.).
36. Um Y., Kim B.R., Jeong J.J., Chung C.M., Lee Y. Identification of endophytic bacteria in *Panax ginseng* seeds and their potential for plant growth promotion. *Korean J. Med. Crop Sci.* 2014;22(4): 306-312.
37. Wang Q., Sun H., Li M., Xu C., Zhang Y. Different age-induced changes in rhizosphere microbial composition and function of *Panax ginseng* in transplantation mode. *Front. Plant Sci.* 2020;11:563240.