

К МЕТОДИКЕ ИНТРОДУКЦИИ ТЕПЛОЛЮБИВЫХ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ В СИБИРИ

Ю.В. Фотев, кандидат сельскохозяйственных наук

Центральный сибирский ботанический сад
СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: fotev_2009@mail.ru

Ключевые слова: методика интродукции, теплолюбивые овощные растения, новые овощные интродуценты, генетическое разнообразие, функциональные пищевые ингредиенты, Сибирь

Реферат. *Учитывая узкий сортимент выращиваемых видов овощных растений в России и общемировую тенденцию к обеднению их биохимического состава одновременно с глобализацией производства продукции растениеводства, необходим поиск видов и форм растений, отличающихся высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов в своем составе. На основе исследований в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (ЦСБС СО РАН), (г. Новосибирск, 54°с. ш. 83°в. д.) большой коллекции видов и форм теплолюбивых овощных растений в защищенном и открытом грунте, выполненных с 1986 по 2017 г., обоснованы основные методологические подходы к использованию интродукции при создании исходного материала и сортов с комплексом ценных биохимических, морфобиологических признаков и потребительских качеств. С целью отбора растений для интродукции в условиях Сибири и получения прогностической оценки результата работы с ними предложен перечень параметров, учитывающих ценность биохимического состава, степень генетического разнообразия вида, продолжительность вегетационного периода, теплотребовательность, продуктивность, эффективность семеноводства, лежкость плодов, потребность в рассадном способе культуры, в защищенном грунте, устойчивость к болезням и вредителям, простоту и технологичность способов переработки продукции, соответствие традиционным вкусовым предпочтениям жителей России. Используя методы меж- и внутривидовой гибридизации, а также проведенного отбора, селектированы 19 сортов томата и 5 сортов новых для России культур (вигна, момордика, кивано и бенинказа), включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Поддерживаются их признаковые коллекции с комплексом ценных морфобиологических и биохимических признаков, включая устойчивость к наиболее опасным в регионе заболеваниям. Предлагаемые для сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности сорта способны стать основой производства в России функциональных продуктов питания.*

TOWARDS A METHODOLOGY OF INTRODUCTION OF WARM-REQUIRING VEGETABLE PLANTS IN SIBERIA

Fotev Yu.V., Candidate of Agriculture

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

Key words: methods of introduction, thermophilic vegetable plants, new vegetable introductions, genetic diversity, functional food ingredients, Siberia.

Given the narrow range of cultivated vegetable plant species in Russia and the worldwide trend of impoverishment of their biochemical composition simultaneously with the globalization of agriculture and food, it is necessary to study process of introduction of a new for Russia plant species and forms for their functional food ingredients content and other parameters. The research carried out in the Central Siberian Botanical garden SB RAS, (Novosibirsk, 54 ° N 83 ° E) explains methodological approaches for introduction of warm-requiring vegetable crops including the creation of initial material and new breed varieties with a set of valuable biochemical, morphobiological traits and consumer qualities. A large collection of plants was used in the study from 1986 to 2017 in greenhouse and outdoor conditions. In order to select plants in Siberia and obtain forecasting assessment, the author proposes to use the list of parameters that take into account the value of biochemical composition, degree of species genetic diversity, duration of growing season, heat demand, productivity, seed production efficiency, fruit storage ability, requirements in seedlings cultivation, resistance to diseases and pests, simplicity and manufacturability of product processing, compliance with the traditional taste preferences of Russians. Using the methods of inter - and intraspecific hybridization and breeding, 19 tomato varieties and 5 varieties of new for Russia crops (cowpea, bitter melon, kiwano and wax gourd) are included into the State Register of Breeding Achievements for cultivation. Their features collections with a complex of valuable morphological and biological and biochemical parameters, including resistance to the most dangerous diseases in the region are supported. The cultivars offered for agricultural production and food industry can become the basis for producing functional food products in Russia.

Необходимость интродукции овощных (или, в более широком смысле, пищевых) растений стала особенно актуальной именно в последние годы. Особенностью рациона питания современного человека является значительное однообразие используемых для приготовления пищи видов растений по сравнению с более ранними периодами человеческой истории. Так, недавними раскопками в Израиле, относящимися к временам Ашельской культуры (около 780 000 лет назад), установлено присутствие остатков растений 55 таксонов в рационе питания древних людей, включая орехи, плоды, семена, овощи и подземные запасующие органы [1]. Из примерно 30 000 наземных видов растений, которые можно использовать в пищу, около 7000 видов люди в разное время собирали или выращивали [2]. Однако, по данным ФАО, в настоящее время около 75 % пищевых ресурсов в мире получают, используя лишь 12 видов растений и 5 видов животных [3]. В России 6 видов овощных культур (капуста, томаты, огурцы, морковь, свекла и лук репчатый) обеспечивают свыше 90 % продукции товарного овощеводства. В то же время, по оцен-

ке М. И. Мамедова, в Японии потребляют 180–200 видов овощных культур [4], привлекая генетические ресурсы из самых разных стран и одновременно занимая первые места по показателю активного долголетия и продолжительности жизни.

Общемировая тенденция к сужению ассортимента выращиваемых видов растений сопровождается также обеднением их биохимического состава. Данные за 50 лет (1950–1999 гг.) показывают снижение содержания кальция в группе из 16 овощных культур в среднем на 23 %, железа – на 27 % [5]. По группе микроэлементов скорость уменьшения их концентрации достигает 0,2–0,3 % в год. Отмечается значительная внутривидовая изменчивость по содержанию витаминов и минеральных элементов. Так, по аскорбиновой кислоте в томатах различия между сортаобразцами достигают трехкратной величины, по накоплению магния в капусте брокколи – двухкратной. Снижение потребления важных макро- и микроэлементов увеличивает риск возникновения опасных заболеваний. Наблюдения показывают, что уменьшение потребления, например, магния на 100 мг в день дает при-

рост заболеваемости раком поджелудочной железы на 24 % [6]. К сожалению, современная селекция растений пока не рассматривает биохимический состав растительной продукции в числе основных приоритетов при создании новых сортов. Кроме того, минорные компоненты в продукции растениеводства (полифенолы, антиоксиданты, индольные соединения, фитостерины и другие вещества разного химического строения и свойств) могут выступать в качестве «лекарственных» ингредиентов, способствуя поддержанию гомеостаза внутренней среды организма человека. В широком смысле, «биологическое разнообразие ведет к улучшению состояния любой экосистемы, в том числе и внутренней среды организма» [7].

Глобализация экономики, общецивилизационные изменения коснулись и растениеводства. По данным С. К. Khoury et al. [8], в настоящее время 68,7% поставок продовольствия на национальном уровне в странах мира идет за счет «чужеземных» культур, а 69,3% выращиваемых в них культур также имеют зарубежное происхождение. Интродукция, последующее культивирование и потребление «иностранных» культур в ряде случаев могут достигать 100% не только в тропических и субтропических регионах мира (Австралия, Новая Зеландия, острова Индийского океана, юг Южной Америки), но и в странах с умеренным климатом (страны Северной Европы, Северная Америка) [8]. Многие регионы Российской Федерации, включая юг Западной Сибири, являются вполне благоприятными регионами для интродукции ценных в биохимическом и пищевом отношении видов овощных растений. Более того, климатические условия юга Западной Сибири, характеризующиеся приходом солнечной радиации около 100 ккал/см² в год и значительным числом часов солнечного сияния в год (2029), сопоставимыми с центральной частью Украины [9], позволяют успешно выращивать широкий ассортимент видов и сортов теплолюбивых овощных растений. Тем не менее многолетний опыт интродукции теплолюбивых овощных растений во ВНИИР им. Н.И. Вавилова показывает,

что даже интенсивные комплексные исследования сортообразцов вида, перенесенного за пределы его естественного ареала, не всегда приводят к возможности его широкого выращивания в условиях средней полосы России и тем более Сибири. Так, более чем 20-летнее изучение генофонда вигны *Vigna unguiculata* (L.) Walp., собранного в ВИР, показало, что эта культура «может культивироваться на Кавказе, в Средней Азии и в южных районах Украинской ССР» [10]. Проблема заключалась, видимо, в том, что селекционная работа проводилась в основном в наиболее благоприятных для роста и развития растений условиях – на Сухумской и Среднеазиатской опытных станциях ВИР. В этих условиях отбор образцов по нейтральной реакции на длину дня и холодоустойчивости затруднителен.

Потребность в создании унифицированной методики интродукции растений была осознана достаточно давно. Выбор объектов изучения и последовательность работы с ними почти всегда были критическими элементами на пути ее создания. Еще Н. И. Вавилов в Докладе для сессии Академии наук СССР в марте 1931 г. (в виде сообщения о результатах экспедиции в Северную Америку в 1930 г.) сделал вывод о первостепенности именно тропических и субтропических регионов Земли как источников видового разнообразия растений [11]. При этом использование сооружений защищенного грунта, приемов тепловой мелиорации существенно расширяет спектр возможных объектов для интродукции в Сибири, внося поправки в известные положения методологии в области интродукции, например, при использовании принципа климатических (Г. Майра) и агроклиматических (Г. Т. Селянинова) аналогов и критериев. На трудности в разработке единой схемы и детальной методики интродукции в ботанических садах, связанные с биологическими особенностями видов, еще в 1977 г. указывала К. А. Соболевская [12, с.8]. Тем не менее уже через 5 лет Г. П. Дюрягиной была сделана удачная попытка написания методики интродукции и выращивания редких и ис-

чезающих растений [13], особенностями которой в связи с требованиями по охране растений были использование небольшого числа семян и последующее ускоренное размножение растений. Методика получила развитие в последующих публикациях этого автора. Л. Л. Еременко [14] в ЦСБС СО РАН широко использовала морфофизиологический метод с анализом прохождения этапов органогенеза в оценке перспектив интродукции видов овощных культур, включая сорта томата, относящиеся к разным группам сорто-типов. Важные по значению и возможностям исследования и результаты были получены Л. П. Тропиной [15] в направлении получения в открытом грунте Сибири стабильно высоких урожаев дынь и арбузов. В основе их – использование интродукции раннеспелых форм и методов воздействия на прорастающие семена контрастными температурами. Созданная к настоящему времени методика интродукции древесных растений [16] позволяет, пользуясь методом сравнения климатов, быстро составить рабочий список перспективных для первичного испытания видов для любого сибирского населённого пункта. По однолетним травянистым овощным растениям детальной методики интродукции пока нет – слишком многосторонними являются экологические требования разных по происхождению видов, их генетический потенциал и условия его реализации за пределами ареала.

Таким образом, учитывая узкий сортимент выращиваемых видов овощных растений в России и общемировую тенденцию к обеднению их биохимического состава одновременно с глобализацией производства продукции растениеводства, необходимы поиск видов и форм растений, отличающихся высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов в своем составе, и их комплексное интродукционное изучение для получения адаптивных в условиях Сибири форм. В связи с тем, что нижний предел безопасных температур для теплолюбивых овощных растений находится в пределах от 7 до 13 °C [17], а в Новосибирской области такие температу-

ры могут быть даже в июле, целесообразно основным местом их изучения и выращивания признать культивационные сооружения защищенного грунта, в том числе относительно недорогие в строительстве и эксплуатации пленочные и поликарбонатные теплицы без искусственного обогрева. Кроме того, дополнительным основанием использования защищенного грунта является тот факт, что в условиях Новосибирской области в открытом грунте суммы десятиградусных температур, составляющей 1600–2000°C, не хватает для выращивания теплолюбивых овощных культур. Более того, анализ многолетних данных показал, что, к примеру, «удовлетворительная и хорошая продуктивность огурца (без учета развития болезней) возможна в 50% лет, томата – в 30%» [18]. Оптимальным выбором будет параллельная оценка одних и тех же образцов вида в защищенном и открытом грунте с последующим отбором более адаптивного материала. Естественным образом из этого вытекает необходимость оценки теплотребовательности разных форм вида, разработки методов повышения резистентности к абиотическим и биотическим стрессам (как правило, действующим совместно) и приемов тепловой мелиорации при культивировании.

Цель работы – разработка научного обоснования и методических подходов к использованию интродукции при создании исходного материала и сортов теплолюбивых овощных растений с комплексом ценных биохимических, морфобиологических признаков и потребительских качеств, способных стать основой производства в России функциональных продуктов питания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в период с 1986 по 2017 г. в открытом и защищенном грунте Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН), г. Новосибирск (54°с. ш. 83°в. д.), на основе созданной в ЦСБС СО РАН коллекции овощных растений, включающей 134 вида, 4 подвиды и 14

разновидностей, относящихся к 44 родам и 13 семействам, представленной в Генбанке семян 10754 сортообразцами. Основными исследуемыми по комплексу признаков видами в ЦСБС СО РАН были культурный и дикорастущие виды томата (род *Lycopersicon* Tourn.), а также их селектированные межвидовые гибриды, вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), момордика (*Momordica charantia* L.), кивано (*Cucumis metuliferus* E. Mey. ex Naudin), бенинказа (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.), хауттуния (*Houttuynia cordata* Thunb.) и китайская брокколи, или кай-лан (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* (L. H. Bailey) Musil.).

Для поддержания и воспроизводства всех форм видов сем. Cucurbitaceae использовали изоляцию цветков и контролируемое опыление внутри образца. Исследовали морфометрические (включая электронную микроскопию) и другие признаки растений, проводили фенологические наблюдения в соответствии с общепринятыми рекомендациями. Оценку параметров общей (ОАС) и специфической (САС) адаптивной способности генотипов проводили по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой [19]. Для оценки эффективности азотфиксации на сортах вигны Сибирский размер и Юньнаньская применяли инокуляцию семян тремя штаммами, представляющими виды из рода *Bradyrhizobium* Jordan из ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии (г. Санкт-Петербург). Для биохимического исследования растений использовали традиционные методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты введения в культуру новых для России видов овощных растений подтвердили актуальность сделанного еще более полувека назад Н.А. Базилевской замечания о том, что «до сих пор еще успешность акклиматизации не может быть предсказана с достаточной точностью, лишь очень слабые попытки предварительной диагностики сделаны немногими интродукторами» [20]. Успех интродукционной работы с теплолюбивыми овощными растениями по-прежнему определяется лишь

в процессе их комплексного изучения. С целью отбора растений для интродукции и получения прогностической оценки результата работы с ними в условиях Сибири были разработаны критерии [21], на основе которых предлагаются параметры интродуцируемых видов овощных культур, учитывающие генетическое разнообразие, ценность биохимического состава и потребительские качества, а также возможность эффективного «встраивания» в современные агротехнологии для получения экологически чистой продукции (рис. 1).

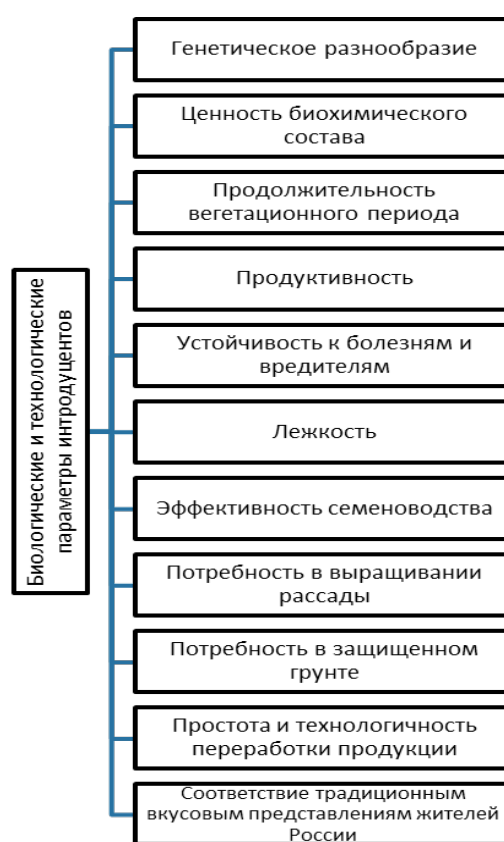


Рис. 1. Параметры для получения прогностической оценки эффективности интродукции овощных культур в условиях Сибири

Parameters for forecasting assessment of introduction vegetable plants in Siberia

Одним из основных показателей, ценности нового интродуцента в качестве продукта питания является его биохимический состав в сравнении с традиционными овощными культурами. Например, по данным лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН, в плодах образцов вигны (*Vigna unguiculata*) содержание аскорбиновой кислоты до-

стигает 83,9 мг% (сорт ЦСБС СО РАН Юньнаньская), тогда как в образцах таксономически и генетически близкой к ней фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) не превышает 22,9 мг%. Богатые белком, аскорбиновой кислотой, полифенолами, антиоксидантами плоды вигны представляют собой новый ценный продукт питания для населения России. По мнению Zia-Ul-Haq et al. [22], «фенольные соединения вигны будут играть роль в развитии в будущем функциональных продуктов питания».

Плоды другого интродуцента, исследуемого в ЦСБС СО РАН, – момордики (*Momordica charantia* L.) отличаются очень высоким содержанием суммы каротиноидов, включающих ликопин (в ариллусе плодов – 68,9–177,6, в листьях – 350,8–545,1 мг% на сырую массу) и аскорбиновой кислоты (72,5–127,5 мг%). Для сравнения, в корнеплодах высококаротиновых сортов

моркови содержится от 13 до 25 мг% каротина, а согласно результатам исследования, проведенного в Индии, в листьях зеленных овощных растений 3,85–130 мг% каротиноидов [23], что значительно меньше, чем в момордике. Кроме того, момордика содержит в своем составе стероидные сапонины, известные как харантины, инсулиноподобные пептиды и алкалоиды [24], способствующие гипогликемическому эффекту при употреблении в пищу этого овощного и лекарственного растения. Исследования выявили его противовоспалительное действие на организм вместе с эффектом подавления роста раковых клеток через механизм их апоптоза [25].

В таблице приведены основные функциональные пищевые ингредиенты (ФПИ) в новых для России овощных растениях, исследуемых в ЦСБС СО РАН, и их физиологическое действие на организм человека и/или животных,

Основные ФПИ в новых для России овощных культурах, их физиологическое действие на организм человека и/или животных и созданные в ЦСБС СО РАН сорта
Main FFI in new vegetables for Russia, their physiological effect on the human health or animals and varieties bred in CSBG SB RAS

Вид	Основные функциональные ингредиенты	Физиологическое действие	Сорта ЦСБС СО РАН
Вигна <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp., Fabaceae	Аскорбиновая к-та, каротиноиды, микроэлементы Ca, Mg, Fe, Mo [26], белок, антиоксиданты, полифенолы, хлорогеновая к-та, кофейная к-та [22]	Антиоксидантное, антирадикальное [22]	Сибирский размер, Юньнаньская
Момордика <i>Momordica charantia</i> L., Cucurbitaceae	Каротиноиды, аскорбиновая к-та, катехины, пектины, микроэлементы Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co [26], гликоалкалоиды (моморхарины) [27]	Антиоксидантное, противовирусное, вызывает апоптоз онкоклеток [25], гипогликемический эффект при диабете [28]	Гоша
Кивано <i>Cucumis metuliferus</i> E. Mey, Cucurbitaceae	Микроэлементы (Mg, Zn, Cu) [26], флавоноиды, в небольшом количестве – кукурбитацены [29]	Увеличение активности ферментов – щелочной фосфатазы, аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы, ингибирование циклооксигеназы тромбоцитов [30]	Зеленый дракон
Бенинказа <i>Benincasa hispida</i> (Thunb.) Cogn., Cucurbitaceae	Микроэлементы (Mn, Fe, Co, Cu) [26], тритерпены – альнусенол и мультифлоренол, стеролы и гликозиды [31]	Антиаллергическое [32], противоязвенный эффект [33], глистогонное [34]	Акулина
Хауттуйния <i>Houttuynia cordata</i> Thunb., Saururaceae	Аскорбиновая к-та, микроэлементы Co, Cu, Fe, Mn и Zn [35], флавоноиды и другие полифенольные соединения, пиридиновые алкалоиды, апорфин, органические и жирные к-ты, стеролы [36]	Используется при лечении значительного числа болезней человека, таких как сердечно-сосудистые и онкологические заболевания, анемия, сахарный диабет, дизентерия и др. [37]	
Китайская брокколи, или кай-лан <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>alboglabra</i> (L. H. Bailey) Musil., Brassicaceae	Аскорбиновая к-та, микроэлементы K, Ca, Mg и Cu [38], антиоксиданты, полифенольные соединения, глюкозинолаты [39]	Антиоксидантное, противовоспалительное, антимикробное, антиканцерогенное [40]	

а также первые в России сорта этих культур, созданные в ЦСБС СО РАН.

В наших исследованиях установлено повышенное содержание элементов так называемого «крововетворного комплекса» (Fe, Mn, Cu, Co) [41]: Fe – 45,2–141,6, Mn – 9,8–18,7, Cu – 2,0–5,4 и Co – 0,03–0,05 мкг/г в плодах момордики, кивано и бенинказы при их содержании в плодах томата (сорт Дельта 264) соответственно 38,0; 7,8; 1,7 и 0,03 мкг/г. Отмечены повышенные концентрации Zn в плодах момордики, вигны и кивано (32,9–57,6 мкг/г) при содержании его в плодах томата 18,5 мкг/г. Плоды вигны накапливают повышенное количество Mo (5,47 мкг/г), превышающее аналогичный показатель в плодах огурца и томата в 6,8–28,8 раза. Высоким содержанием Mg отличаются плоды кивано и вигны.

Отбирая представителей крупных таксономических групп – семейств растений для интродукции, нужно учитывать присущие многим из них особенности, например, чувствительность к низкой температуре, лиановидный рост побегов и энтомофильный тип опыления у Cucurbitaceae, возможность симбиотической фиксации атмосферного азота бактериями-ризобиями у Fabaceae. Степень генетического разнообразия вида является одним из наиболее важных критериев выживания растений в природе и основой их селекционно-генетического улучшения при интродукции.

Сформированная в ЦСБС СО РАН коллекция из 11 видов и свыше 250 форм, входящих в род *Vigna* Savì, позволила в короткие сроки параллельной оценкой в условиях пленочной теплицы и открытого грунта отобрать сортообразцы *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. с нейтральной реакцией на длину дня и, выделив отдельные продуктивные в условиях открытого грунта растения, создать первые в России сорта (Сибирский размер и Юньнаньская), а также селекционировать формы, генетически устойчивые (иммунные) к *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary.

На основе морфометрических и других данных, полученных в ЦСБС СО РАН, была создана официально утвержденная Госсортокмиссией РФ Методика оценки со-

ртов вигны *Vigna* Savì (R1076) на отличимость, однородность и стабильность (ООС). Используя характерные для семейства бобовых возможности симбиотической азотфиксации, впервые в условиях Сибири нами была показана сортоспецифичность вигны (сорт Сибирский размер и Юньнаньская) в отношении использованного штамма *Bradyrhizobium* sp.: один и тот же штамм может быть более эффективен на одном сорте и менее – на другом [42]. К настоящему времени в ЦСБС СО РАН для дальнейшего изучения сформирована признаковая коллекция видов и форм вигны с широким спектром морфометрических, хозяйственно-ценных и потребительских характеристик растений; поддерживаются штаммы *Bradyrhizobium* sp.

Для оценки уровня полиморфизма в исходном материале овощных интродуцентов целесообразно одновременно с изучением признаков фенотипа также исследовать генетический полиморфизм с использованием молекулярных маркеров. Так, в результате молекулярно-генетического скрининга 5 SSR-маркерами 8 образцов нового для России овощного интродуцента – китайской брокколи, или кай-лан, успешно интродуцированного в ЦСБС СО РАН из КНР, уровень полиморфизма составил 15 полиморфных фрагментов размером от 139 до 295 пар нуклеотидов. Наибольший полиморфизм установлен при скринировании исследуемого материала маркером BC 7 – пять аллелей размером от 160 до 295 п.н. [38].

Использование отдаленной гибридизации способно обогатить культурную флору страны качественно новыми гибридами, формами и сортами. На основе созданной в ЦСБС СО РАН коллекции дикорастущих видов, включающей все известные к настоящему времени дикорастущие виды, форм культурного томата, а также меж- и внутривидовых гибридов селекционированы 19 разнообразных по потребительским качествам сортов этой культуры, включенных в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, в том числе первый в России сорт для защищенного грунта (4-я световая зона) Дельта 264, полученный гибридизацией культурного

томата с дикорастущим видом *L.peruvianum* Mill. и характеризующийся уникальным комплексом признаков (крупноплодность, удлиненная кисть, укороченные междоузлия при индетерминантном типе роста). В ЦСБС СО РАН созданы и исследованы по морфометрическим и другим признакам (холодо- и жаростойкость, устойчивость к заболеваниям) межвидовые гибриды со всеми известными дикорастущими видами томата [43], включая *L.chmielewskii* Rick. Константные формы в $F_5BC_2 \dots F_8$, созданные с участием дикорастущих видов *L. pimpinellifolium* Mill., *L.hirsutum* Humb.et Bonpl. и *L.glandulosum* C.H. Muller, отличаются высоким уровнем устойчивости к вирусу табачной мозаики (ВТМ) и расам кладоспориоза (возбудитель – *Cladosporium fulvum* (Pers.) Link). Включенные в Госреестр сорта Ожерелье желтое и Ожерелье красное отличаются повышенным содержанием аскорбиновой кислоты в плодах (40–46 мг%).

Продолжительность вегетационного периода – один из ключевых параметров при интродукции теплолюбивых овощных растений в Сибири. Несмотря на высокие значения прихода солнечной радиации, на юге Западной Сибири вегетационный период для теплолюбивых культур не превышает 3 месяцев, при этом в любой из них могут быть заморозки. По этой причине, чем короче вегетационный период у вида и формы овощного интродуктора и меньше потребность в продолжительном выращивании рассады в условиях защищенного грунта (крайне энергоемкого и дорогого в Сибири!), тем более он пригоден для выращивания в сибирских условиях. Например, у сортов вигны Сибирский размер и Юньнаньская продолжительность периода от всходов до плодоношения составляет от 54 до 69 дней, тогда как у других интродукторов – пепино (*Solanum muricatum* Aiton) и наранхиллы (*Solanum quitoense* Lam.), сорта которых включены в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, соответственно в 1999 и 2001 гг., этот период растягивается до 180–250 дней. Значительное влияние на срок наступления цветения оказывает генетически детерминированная реакция

сортообразцов того или иного вида на длину дня. Так, в условиях пленочной теплицы ЦСБС СО РАН относительно ранним плодообразованием (меньше 60 дней от всходов) характеризовались лишь 31 % (26 из 84) сортообразцов вигны. Тем не менее данные ЦСБС СО РАН показывают, что включение в агроценоз, наряду с раннеспелыми, сортов этой культуры, формирующих основную часть урожая во вторую половину вегетации, способствует более равномерному поступлению продукции. По нашим данным, некоторые короткодневные образцы *Vigna unguiculata* отличаются высокой устойчивостью к патогенным микромицетам (*Botritis cinerea* Pers., *Sclerotinia* sp.).

Оценка теплотребовательности интродуцируемых видов и приемы повышения их холодостойкости являются значимыми направлениями работы с овощными растениями в ЦСБС СО РАН. По данным, приведенным А.С. Lukatkin et al. [17], минимальной безопасной температурой, например, для томата были 7–13 °С, для баклажана, перца и огурца 7 °С, батата (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) 10 °С. На юге Западной Сибири продолжительные периоды с низкой температурой воздуха, почвы и осадками, вызывающими приостановку роста, поражение патогенными микромицетами и гибель растений, возможны в любой период вегетации. По этой причине культивирование теплолюбивых растений с получением стабильного по годам результата в Сибири возможно лишь при использовании сооружений защищенного грунта. Однако даже в них, как показывают опыты, применение мульчирования почвы черной полиэтиленовой пленкой, повышающего ее температуру на 1–2 °С на глубине 15 см, увеличивает урожайность такой культуры, как вигна, в 2,1 раза по сравнению с контролем (без мульчирования), а количество семян в бобе с $7,7 \pm 1,0$ до $10,0 \pm 0,7$ шт. [44].

Другим способом повышения стабильности ростовых процессов при пониженной температуре почвы и воздуха является так называемая «закалка» прорастающих семян и молодых растений при кратковременном низкотем-

пературном воздействии на них. Проведенные ранее Л. П. Тропиной в ЦСБС СО РАН исследования показали, что предпосевная закалка семян дыни и арбуза в течение 2–5 дней при температуре 1–2 °С ночью и 18–20 °С днем способствует более быстрому росту и развитию растений [15]. Наши исследования в ЦСБС СО РАН, проведенные в 2016 и 2017 гг., показали значительное (от 2 до 29 раз) снижение гибели рассады теплолюбивых овощных растений кивано (*Cucumis metuliferus*), ангурии (*Cucumis anguria*) и бенинказы (*Benincasa hispida*) от почвенных патогенов в условиях пониженных температур (7–16 °С) при предварительном воздействии на семена режима контрастных температур (8 °С – 18 ч, 30 °С – 6 ч). Возможно, периодически воздействуя на прорастающие семена контрастными температурами – от «биологического нуля» до температурного оптимума, мы «раскачиваем» обусловленные генотипом биологические ритмы, инициируя индуцируемую холодом экспрессию генов, специфический транскрипционный ответ на стресс. Так, в исследовании с помощью ДНК-микрочипов ответной реакции цианобактерий на низкотемпературное воздействие удалось обнаружить более 100 генов, которые индуцируются холодом более, чем в 3 раза, по сравнению с оптимальной для них температурой [45]. В недавней работе Y. Murayama et al. [46] низкая температура обнуляет (nullifies) циркадные биоритмы у цианобактерий через бифуркацию Хопфа. Можно сказать, что, интродуцируя виды растений, мы интродуцируем их биоритмы. С высокой долей уверенности можно предположить, что (низко)температурное воздействие на растения вида на начальном этапе онтогенеза в условиях интродукции будет способствовать усилению в дальнейшем адаптивного ответа на стрессовые факторы среды – как абиотические, так и биотические.

Биологическая и хозяйственная продуктивность (урожай) – это интегральные показатели, связанные с процессами ассимиляции (пластического обмена) и метаболизма, являющиеся результатом функционирования систем растительного организма в конкретных условиях среды. Разные виды овощных

растений, близкие по хозяйственно-биологическим признакам, включая органолептические качества плодов, например, ангурия, или антильский огурец (*Cucumis anguria* L.) и огурец обыкновенный (*Cucumis sativus* L.) отличаются выходом продукции за период вегетации в условиях юга Западной Сибири. В условиях пленочной теплицы ЦСБС СО РАН урожайность плодов ангурии не превышает 2,0 кг/м², тогда как этот же показатель у огурца обыкновенного (сорт F₁ Регина) за период 2009 – 2016 гг. составил 3,2–6,1 кг, а у кивано 2,4–5,3 кг/м².

Для Сибири очень важным показателем является лежкость плодов. При этом рекомендуемый ГОСТом срок хранения плодов, например, огурца в стадии зеленца (по ГОСТ Р 56751–2015 «Огурцы свежие...») при температуре от 7 °С до 10 °С и относительной влажности воздуха 85–95 % не превышает 15 суток, тогда как у форм *Cucumis metuliferus* (кивано) плоды могут храниться при обычной комнатной температуре (18–25 °С) в течение 4–6 месяцев. Плоды другой перспективной тыквенной культуры – бенинказы способны сохранять свои товарные качества свыше двух лет. Поэтому, с учетом высокой биологической ценности плодов кивано и бенинказы, лежкости их плодов, высокой урожайности и достаточной скороспелости (соответственно 75–78 и 93–115 дней от всходов до плодоношения) следует признать перспективность этих двух видов для растениеводческой отрасли Сибири и других регионов России.

Существенными показателями являются эффективность семеноводства и продуктивные качества растений, выращенных из семян местной репродукции (г. Новосибирск) в сравнении с исходными семенами (провинция Юньнань, КНР) [26]. По данным ЦСБС, за годы испытания (2005–2011 гг.) прослеживалось увеличение продуктивности растений из репродуцированных в ЦСБС семян форм бенинказы (формы Куньминская и Z-1951-1) по сравнению с растениями из исходных (КНР) семян, взятых в качестве контроля. Для поддержания и воспроизводства всех форм использовали изоляцию цветков и контролируемое опыление

внутри образца. Важным показателем успеха интродукции является высокая экологическая стабильность у интродуцируемых образцов вида. Например, в результате оценки параметров общей (ОАС) и специфической (САС) адаптивной способности генотипов бенинказы наибольшими эффектами ОАС обладают сорт Акулина и форма Куньминская с v_i соответственно 1,34 и 0,93. Наибольшая вариация САС $\sigma^2 \text{CАС}_i$ у формы Z-1951-1-17,63, а относительная стабильность генотипа sg_i у формы Z-1951-1 и сорта Акулина. В целом относительная стабильность генотипа sg_i аналогично коэффициенту вариации при изучении его в ряде сред, варьировала от 16,5 до 64,8. Форма Куньминская, имевшая самую низкую вариацию взаимодействия генотипа и среды σ_2 (GxE) g_i – 1,73, оказалась и наиболее стабильной.

Для оценки адаптивности разных форм *Lycopersicon esculentum* при интродукции, а также его меж- и внутривидовых гибридов были разработаны методические подходы, основанные на использовании количественных признаков в фазе зрелого мужского гаметофита (показатель прорастания пыльцы *in vitro* на растворах не участвующего в процессах метаболизма растительной клетки синтетического осмотика ПЭГ 6000, его варьирование и абортивность пыльцы) и спорофитного поколения (количество завязавшихся плодов, варьирование плодообразования по соцветиям на растении и между растениями) [47]. Генотипы с минимальным варьированием плодообразования по годам в условиях защищенного грунта могут быть отобраны по следующей схеме (рис. 2).



Рис. 2. Схема оценки адаптивной способности форм и гибридов томата
Assessment of adaptive ability of tomatoes forms and hybrid

Сортообразцы с минимальным варьированием плодообразования по годам характеризуются высоким показателем прорастания пыльцы, его минимальным варьированием на 10 и 20%-х растворах ПЭГ 6000, высоким плодообразованием и его минимальным варьированием на разных соцветиях внутри растения и между растениями в микропопуляции (обычно 8–16 растений). Последние два критерия показывают устойчивость репродуктивной сферы конкретного генотипа,

с одной стороны, к изменяющемуся в течение вегетационного периода комплексу внешних условий (температура, влажность и др.), а с другой – свидетельствуют о конкурентоспособности сортообразца на внутривидовом уровне в агроценозе. Исследуя уникальную фазу жизненного цикла развития растения – гаплофазу в виде ростовой реакции пыльцы на растворах ПЭГ 6000, мы оцениваем ее энергетические возможности при формировании пыльцевой трубки. В этот пе-

риод происходит перенос химической энергии из крахмала и вновь образованных сахаров в АТФ [48]. Пыльца – высокодивергентная структура, в которой экспрессируются гены, характерные для спорофитных тканей, а также специфичные только для пыльцы [49]. Оценивая генеративную сферу растений в гапло- и диплофазах, можно сделать вывод о способности того или иного генотипа противостоять изменяющимся в процессе онтогенеза условиям среды, сохраняя исходный фенотип, что лежит в русле концепции канализации развития [50].

В результате оценки по комплексу критериев из 50 сортообразцов томата выделились гибриды F_1 (л 306 х л 339), F_1 (л 306 х Hotset), F_1 (л 190\4 х лБМ), сорт Зырянка, обладающие более высокой адаптивной способностью («+ контроль»). Сорт Roma VF по этим же критериям характеризовался самой низкой адаптивной способностью («– контроль»). При анализе результатов нужно иметь в виду, что плодообразование у томатов – чрезвычайно сложный процесс, в который вовлечены многие генетически детерминированные функции растительного организма. Например, присутствие генов устойчивости к нематоде и ВТМ (Mi, Tm, Tm2) как в гомо-, так и в гетерозиготе, как и лонгостилия при избытке азота, результируются в низкий процент завязавшихся плодов. Разумеется, естественные флуктуации микроклимата также влияют на дифференцирующую способность среды в каждый конкретный год испытания растений, тем не менее использование «плюс» и «минус» сортов-контролей позволяет в значительной степени нивелировать это ограничение.

ВЫВОДЫ

1. В результате изучения большой коллекции видов и форм теплолюбивых овощ-

ных растений выделены основные параметры прогностической оценки результата их интродукции и созданы методы создания и отбора адаптивных в условиях Сибири форм. На их основе селектированы 19 сортов томата и 5 сортов новых для России овощных культур, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

2. Новые для России овощные интродуценты: вигна, момордика, кивано, бенинказа, хауттуйния и китайская брокколи (кай-лан) – отличаются высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов и важными потребительскими качествами, способны стать основой системы функциональных продуктов питания в стране.

3. Поддерживаемые константные формы, меж- и внутривидовые гибриды томата, внутривидовые гибриды вигны, кивано, момордики и бенинказы представляют собой призовые коллекции с комплексом ценных биохимических и морфобиологических признаков, с устойчивостью к наиболее опасным в регионе заболеваниям.

4. Созданные впервые в России в ЦСБС СО РАН симбиотические системы с участием первых в РФ сортов вигны Сибирский размер и Юньнаньская и штаммов *Bradyrhizobium* sp., отличающиеся высокими показателями нодуляции, а также азотфиксации, рекомендуются для использования в сельскохозяйственном производстве.

Работа выполнена по проекту «Анализ внутривидовой структуры ресурсных растений Азиатской России, отбор и сохранение генофонда» (номер гос. регистрации AAAA-A17-117012610054-6).

В статье использованы материалы УНУ «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» № USU 440534.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *The plant component of an Acheulian diet at Gesher Benot Ya'aqov, Israel/* Y. Melamed, M. E. Kisleva, E. Geffenb [et al.] // PNAS. – 2016. – Vol. 113, N. 51. – P.14674–14679.
2. *Wilson E. O.* The diversity of life. – Penguin Press, 1992. – 406 p.

3. *What is agrobiodiversity?* [Электрон. ресурс] / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Режим доступа: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5609e/y5609e00.pdf> (дата обращения: 23.07.2018).
4. Мамедов М. И. Овощеводство в мире: производство основных овощных культур, тенденция развития за 1993–2013 годы по данным FAO // Овощи России. – 2015. – № 2. – С. 3–9.
5. Davis D. R., Epp M. D., Riordan H. D. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999 // J. Amer. Coll. Nutr. – 2004. – Vol. 23, N. 6. – P. 669–682.
6. Magnesium intake and incidence of pancreatic cancer: the VITamins and Lifestyle study/ D. Dibaba, P. Xun, K. Yokota // Br. J. Cancer. – 2015. – Vol. 113, N. 11. – P.1615–1621.
7. Заппаров Ф. И. Эпигенетика питания. – М.: Триумф, 2018. – 194 с.
8. *Origins of food crops connect countries worldwide* [Электрон. ресурс] / С. К. Khoury, Н. А. Achicanoy, А. D. Bjorkman [et al.] // Proc. R. Soc. B. – 2016. – Vol. 283. – P. 1–9. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0792>. (дата обращения: 23.07.2018).
9. *География Новосибирской области*. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. Изд-во, 1969. – 128 с.
10. Павлова А. М. Значение спаржевой вигны для селекции // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – 1959. – Т. XXXII, вып. 3. – С.228–232.
11. Вавилов Н. И. Мексика и Центральная Америка как основной центр происхождения культурных растений Нового Света // Избр. произведения: в 2 т. – Л.: Наука, 1967. – Т. 1. – С.248–275.
12. Соболевская К. А. Пути и методы интродукции растений природной флоры в Сибири // Интродукция растений в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977. – С.3–28.
13. Дюрягина Г. П. К методике интродукции редких и исчезающих растений // Бот. журн. A contribution to the method of introduction of rare and endangered plants // Bot. J. –1982. – Т. 67, № 5. – С.679–687.
14. Еременко Л. Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. – Новосибирск: Наука, 1975. – 470 с.
15. Тропина Л. П. Интродукция дынь и арбузов в условиях Новосибирской области // Интродукция и акклиматизация культурных растений в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1972. – С.144–150.
16. *Интродукция древесных растений в Сибири* / Т. Н. Встовская, И. Ю. Коропачинский, Т. И. Киселёва [и др.]. – Новосибирск: ГЕО, 2017. – 716 с.
17. Chilling injury in chilling-sensitive plants: a review/ A. S. Lukatkin, A. Brazaitytė, Č. Bobinas [et al.] // Žemdirbystė=Agriculture. – 2012. – Vol. 99, N 2. – P.111–124.
18. Коняев Н. Ф. Научные основы высокой продуктивности овощных растений. – Новосибирск: НСХИ. – 1978. – Ч.1. – С.33–38.
19. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генотип и среда в селекции растений. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191с.
20. Базилевская Н. А. Теории и методы интродукции растений. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 132 с.
21. Фотев Ю. В., Кудрявцева Г. А., Белоусова В. П. Интродукция экзотических теплолюбивых овощных растений в Сибири// Овощеводство Сибири. – Новосибирск, 2009. – С.176–188.
22. Antioxidant activity of the extracts of some cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) cultivars commonly consumed in Pakistan [Электрон. ресурс] / M. Zia-Ul-Haq, S. Ahmad, R. Amarowicz [et al.] // Molecules. – 2013. – Vol. 18. – P. 2005–2017. Режим доступа: www.mdpi.com/journal/molecules. – DOI:10.3390/molecules18022005.
23. Carotenoid composition and vitamin A activity of medicinally important green vegetables / M. Raju, V. Sadineni, R. Lakshminarayana [et al.] // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 101, N. 4. – P.1598–1605. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.04.015.
24. Raman A., Lau C. Anti-diabetic properties and phytochemistry of *Momordica charantia* L. (Cucurbitaceae) // Phytomedicine. – 1996. – Vol. 2. – P. 349–362.
25. Bitter melon: a panacea for inflammation and cancer / P.R. Dandawate, D. Subramaniam, B. Subhash [et al.] // Chin. J. Nat. Med. – 2016. – Vol. 14, N 2. – P.81–100. – DOI:10.1016/S1875–5364 (16) 60002-X.
26. Фотев Ю. В., Белоусова В. П. Вигна. Момордика. Кивано. Бенинказа// Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири. – Новосибирск: Гео, 2013. – С.172–233.
27. *Momordica charantia*: a popular health-promoting vegetable with multifunctionality / S. Wang, Z. Li, G. Yang, C. – T. Ho [et al.] // Food Funct. – 2017. – Vol. 8. – P. 1749–1762.

28. *Recent Advances in Momordica charantia: Functional Components and Biological Activities* / S. Jia, M. Shen, F. Zhang, J. Xie // *Int. J. Mol. Sci.* – 2017. – Vol. 18, N 12. – P. 1–25. – DOI:10.3390/ijms18122555.
29. *Aliero A. A., Gumi A. M.* Studies on the germination, chemical composition and antimicrobial properties of *Cucumis metuliferus* // *Ann. Biol. Res.* 2012. – Vol. 3, N 8. – P.4059–4064.
30. *Effects of Cucumis metuliferus* (Cucurbitaceae) fruits on enzymes and haematological parameters in albino rats / N. Wannang, N. Jimam, O. Simeon, [et al.] // *Afr. J. Biotechnol.* – 2007. – Vol. 6, N 22. – P.2515–2518.
31. *Kundur [Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.]: A potential source for valuable nutrients and functional foods / N.A.M. Zaini, F. Anwar, A.A. Hamid [et al.] // *Food Research International.* – 2011. – Vol. 44 (7). – P.2368–2376. – DOI: 10.1016/j.foodres.2010.10.024.
32. *Suppressive effects of Benincasa hispida* on allergic inflammation / Park S. K., Kim J. J., Sung S. M. [et al.] // *Mol. Cell. Toxicol.* – 2009. – Vol. 5. – P.305–309.
33. *Rachchh M. A., Jain S. M.* Gastroprotective effect of *Benincasa hispida* fruit extract // *Indian J Pharmacol.* – 2008. – Vol. 40, N 6. – P. 271–275. – DOI:10.4103/0253–7613.45154.
34. *Al-Snafi A. E.* The Pharmacological Importance of *Benincasa hispida*. A review// *Int. J. Pharma Sci. Res.* – 2013. – Vol. 4, N 12. – P.165–170.
35. *Хауттуйния (Houttuynia cordata* Thunb.) – новая для России овощная и лекарственная культура (морфологические особенности и биохимический состав) / Ю.В. Фотев, Т.А. Кукушкина, О.В. Чанкина [и др.] // *Овощи России.* – 2017. – № 5. – С.57–61. – DOI:10.18619/2072–9146–2017–5–57–61.
36. *Houttuynia cordata* Thunb: a review of phytochemistry and pharmacology and quality control / J. Fu, L. Dai, Z. Lin, H. Lu // *Chinese Medicine.* – 2013. – Vol. 4. – P.101–123.
37. *Ethnobotanical notes on Houttuynia cordata* Thunb. in North-eastern region of India / R. S. Rathi, S. Roy, A. K. Misra, S. K. Singh // *Ind. J. Nat. Prod. Res.* – 2013. – Vol. 4, N 4. – P. 432–435.
38. *Особенности морфологии, биохимического состава и генетического полиморфизма китайской брокколи – новой для России овощной культуры* / Ю.В. Фотев, А.М. Артемьева, Д.А. Фатеев [и др.] // *Овощи России.* – 2018. – № 1. – С. 12–19. – DOI:10.18619/2072–9146–2018–1–12–19.
39. *Evaluation of the nutritional quality of chinese kale (Brassica alboglabra* Bailey using UHPLC-quadrupole-orbitrap MS/MS-based metabolomics / Y. Q. Wang, L. P. Hu, G. M. Liu [et al.] // *Molecules.* – 2017. – Vol. 22, N8. – P.1–17.
40. *Phenolic compounds in Brassica vegetables* / M. E. Cartea, M. Francisco, P. Soengas, P. Velasco // *Molecules.* – 2010. – Vol. 16. – P. –280.
41. *Круглов Д. С.* Индивидуальная изменчивость элементного состава надземной части *Pulmonaria mollis* Hornem. // *Химия растительного сырья.* – 2010. – Вып.1. – С.131–136.
42. *Изучение нодуляции и азотфиксации у двух сортов вигны [Vigna unguiculata* (L.) Walp.] при инокуляции разными штаммами ризобий (*Bradyrhizobium* sp.) / Ю.В. Фотев, К.К. Сидорова, Т.И. Новикова, В.П. Белоусова // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 348–354. – DOI 10.18699/VJ16.099.
43. *Фотев Ю.В.* Дикорастущие виды томата в Сибири // *Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири.* – Новосибирск: Гео, 2013. – С. 234–254.
44. *Фотев Ю.В., Белоусова В.П.* Влияние мульчирующих материалов на продуктивность вигны овощной в пленочных теплицах Западной Сибири // *Материалы IX Междунар. конф. «Интродукция нетрадиционных и редких растений», 21–25 июня 2010 г.* – Мичуринск: Изд-во ФГОУ ВПО МичГАУ, 2010. – С. 332–334.
45. *Системы регуляции стрессовых ответов у цианобактерий* / А.А. Зорина, К.С. Миронов, Н.С. Степанченко [и др.] // *Физиология растений.* – 2011. – Т. 58, № 5. – С. 643–663.
46. *Low temperature nullifies the circadian clock in cyanobacteria through Hopf bifurcation* / Y. Murayama, H. Kori, C. Oshima [et al.] // *PNAS.* – 2017. – Vol. 114, N 22. – P.5641–5646.
47. *Фотев Ю.В.* К разработке экспресс-метода оценки экологической стабильности томатов // *Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур.* – Новосибирск, 1996. – С.195–203.
48. *Selinski J., Scheibe R.* Pollen tube growth: where does the energy come from? // *Plant Signaling & Behavior.* – 2014. – Vol. 9, N 12. – e977200. DOI: 10.4161/15592324.2014.977200.

49. Williams J. H., Mazer S. J. Pollen Tiny and ephemeral but not forgotten: New ideas on their ecology and evolution // American Journal of Botany. – 2016. – Vol. 103. – P. 365–374. – DOI:10.3732/ajb.1600074.
50. Scharloo W. Canalization: genetic and developmental aspects // Ann. Rev. Ecol. Syst. – 1991. – Vol. 22. – P. 65–93.

REFERENCES

1. Melamed Y., Kisleva M. E., Geffen E., Lev-Yadunc S., Goren-Inbard N. *PNAS*, 2016, No. 51 (13), pp. 14674–14679.
2. Wilson E. O. The diversity of life, N.Y.: Penguin Press, 1992, 406 p.
3. What is agrobiodiversity? Food and Agriculture Organization of the United Nations, Available at: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5609e/y5609e00.pdf> (July 23, 2018).
4. Mamedov M. I. *Ovoshhi Rossii*, 2015, No. 2, pp. 3–9. (In Russ.)
5. Davis D. R., Epp M. D., Riordan H. D., *J. Amer. Coll. Nutr.* 2004, No. 6 (23), pp. 669–682.
6. Dibaba D., Xun P., Yokota K., White E. He K. *Br. J. Cancer*, 2015, No. 11 (113), pp. 1615–1621.
7. Zapparov F. I. *Epigenetika pitaniya* (Epigenetics of nutrition), Moscow, Izdatelstvo Triumf, 2018, 194 p. (In Russ.)
8. Khoury C. K., Achicanoy H. A., Bjorkman A. D. *Proc. R. Soc. B.*, 2016. Vol. 283, pp. 1–9. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0792>.
9. *Geografiya Novosibirskoj oblasti* / red. A. G. Krivonogova, Novosibirsk, Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izdatelstvo, 1969, 128 p. (In Russ.)
10. Pavlova A. M., *Trudy po prikl. bot., gen. i sel.*, 1959, No. 3 (32). pp. 228–232. (In Russ.)
11. Vavilov N. I. Meksika i Czentralnaya Amerika kak osnovnoj cenztr prois-xozhdeniya kulturnyx rastenij Novogo Sveta. Izbrannye proizvedeniya v dvux tomax (Mexico and Central America as the main center of origin of cultivated plants of the New World. Selected works in two volumes), Vol. 1, Leningrad, Izdatelstvo Nauka, 1967, pp. 248–275. (In Russ.)
12. Sobolevskaya K. A. *Puti i metody introdukcii rastenij prirodnoj flory v Sibiri*. In: *Introdukcziya rastenij v Sibiri* (Ways and methods of introduction of plants of natural flora in Siberia/ In: *Introduction of plants in Siberia*), Novosibirsk, Nauka, 1977, pp. 3–28. (In Russ.)
13. Dyuryagina G. P., *Bot. J.*, 1982, No. 5 (67), pp. 679–687. (In Russ.)
14. Eremenko L. L. *Morfologicheskie osobennosti ovoshhnyx rastenij v svyazi s semennoj produktivnostyu* (Morphological features of vegetable plants in relation to seed production), Novosibirsk, Nauka, 1975, 470 p. (In Russ.)
15. Tropina L. P. In: *Introdukcziya i akklimatizacziya kulturnyx rastenij v Sibiri* (Introduction and acclimatization of cultivated plants in Siberia), Novosibirsk, Izd-vo Nauka, 1972, pp. 144–150. (In Russ.)
16. Vstovskaya T. N., Koropachinskij I. Yu., Kiselyova T. I. et al. *Introdukcziya drevesnyx rastenij v Sibiri* (Introduction of woody plants in Siberia), Novosibirsk, Izd-vo GEO, 2017, 716 p. (In Russ.)
17. Lukatkin A. S., Brazaitytė A., Bobinas Č., Duchovskis P. *Žemdirbystė=Agriculture*, 2012, No. 2 (99), pp. 111–124.
18. Konyaev N. F. *Nauchnye osnovy vysokoj produktivnosti ovoshhnyx rastenij* (Scientific foundations of high productivity of vegetable plants), Novosibirsk, Izd-vo NSHI, 1978, Vol. 1, pp. 33–38. (In Russ.)
19. Kilchevskij A. V., Hotyleva L. V. *Genotip i sreda v selekcii rastenij* (Genotype and environment in plant breeding), Minsk, Nauka i texnika, 1989, 191 p. (In Russ.)
20. Bazilevskaya N. A. *Teorii i metody introdukcii rastenii* (Theories and methods of plant introduction), Moscow, Izd-vo MGU, 1964, 132 p. (In Russ.)
21. Fotev Yu. V., Kudryavtzeva G. A., Belousova V. P. In: *Ovoshhevodstvo Sibiri* (Vegetable growing in Siberia), Novosibirsk, SO Rosselkhozakademii, 2009, pp. 176–188. (In Russ.)
22. Zia-Ul-Haq M., Ahmad S., Amarowicz R. *Molecules*, 2013, Vol. 18, pp. 2005–2017. doi:10.3390/molecules18022005 www.mdpi.com/journal/molecules.
23. Raju M., Sadineni V., Lakshminarayana R., Krishnakantha T. P. Baskaran V. *Food Chemistry*, 2007, No 4 (101), pp. 1598–1605. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.04.015.
24. Raman A., Lau C., *Phytomedicine*, 1996, Vol. 2, pp. 349–362.

25. Dandawate pp. R., Subramaniam D., Subhash B., Padhye S.B., Anant S. *Chin. J. Nat. Med.*, 2016, No 2 (14), pp. 81–100. DOI:10.1016/S1875-5364 (16) 60002-X.
26. Fotev Yu.V., Belousova In: *Introdukciya netradicziyonykh plodovykh, yagodnykh i ovoshhnykh rastenij v Zapadnoj Sibiri* (Introduction of non-traditional fruit, berry and vegetable plants in Western Siberia, Novosibirsk, Izd-vo Geo, 2013, pp.172–233. (In Russ.)
27. Wang S., Li Z., Yang G., Ho C. – T., Li S. *Food Funct.*, 2017, Vol. 8, pp. 1749–1762.
28. Jia S., Shen M., Zhang F., Xie J. Recent *Int. J. Mol. Sci.*, 2017, No. 12 (18). pp. 1–25. DOI:10.3390/ijms18122555
29. Aliero A.A., Gumi A.M. *Ann.Biol.Res.*, 2012, No. 8 (3), pp. 4059–4064.
30. Wannang N., Jimam N., Simeon O., Dapar M., Gyang S., Aguiyi J. *Afr. J. Biotechnol.*, 2007, No. 22 (6), pp. 2515–2518.
31. Zaini N.A. M., Anwar F., Hamid A.A., Saari N. *Kundur Food Research International.*, 2011, No. 7 (44), pp. 2368–2376. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.10.024.
32. Park S.K., Kim J.J. & Sung S.M., Lee M.Y. *Mol. Cell. Toxicol.*, 2009, Vol. 5, pp. 305–309.
33. Rachchh M.A., Jain S.M. *Indian J Pharmacol.*, 2008, No 6 (40), pp. 271–275. DOI:10.4103/0253-7613.45154.
34. Al-Snafi A. E. *Int.J.Pharma Sci.Res.*, 2013, No. 12 (4), pp. 165–170.
35. Fotev Yu.V., Kukushkina T.A., Chankina O. V. *Ovoshhi Rossii*, 2017, No. 5, pp.57–61, DOI:10.18619/2072-9146-2017-5-57-61. (In Russ.)
36. Fu J., Dai L., Lin Z., Lu H. *Chinese Medicine*, 2013, Vol. 4, pp. 101–123.
37. Rath R. S., Roy S., Misra A. K., Singh S. K. *Ind. J. Nat. Prod. Res.*, 2013, No. 4 (4), pp. 432–435.
38. Fotev Yu.V., Artemeva A.M., Fateev D.A. *Ovoshhi Rossii*, 2018, No. 1, pp. 12–19. DOI:10.18619/2072-9146-2018-1-12-19. (In Russ.)
39. Wang Y. Q., Hu L. P., Liu G. M., Zhang D. S. *Molecules*, 2017, No.8 (22), pp. 1–17.
40. Cartea, M.E., Francisco M., Soengas P. *Molecules*, 2010, Vol.16, pp. 251–280.
41. Kruglov D. S., *Chemistry of plant raw materials*, 2010, No. 1, pp.131–136. (In Russ.)
42. Fotev Yu.V., Sidorova K.K., Novikova TI, Belousova V.P., *Vavilovsky Journal of Genetics and Selection*, 2016, No. 3 (20), P.348–354. DOI 10.18699 / VJ16.099.
43. Fotev Yu.V. In: *Introdukciya netradicziyonykh plodovykh, yagodnykh i ovoshhnykh rastenij v Zapadnoj Sibiri* (Introduction of Non-traditional Fruit, Berry and Vegetable Plants in Western Siberia), Novosibirsk, Izd-vo Geo, 2013, pp. 234–254. (In Russ.)
44. Fotev Yu.V., Belousova V.P. *Introdukciya netradicziyonykh i redkix rastenij* (Introduction of non-traditional and rare plants), Proceedings of the 9th International Conference, June 21–25, 2010, Michurinsk, Publishing house FGOU VPO MichGAU, 2010, pp. 332–334. (In Russ.)
45. Zorina A.A., Mironov K.S., Stepanchenko N.S. *Physiology of Plants*, 2011, No. 5 (58), pp. 643–663. (In Russ.)
46. Murayama Y., Kori H., Oshima C. *PNAS*, 2017, No. 22 (114), pp. 5641–5646.
47. Fotev Yu.V. In: *Selekciya i semenovodstvo sel'skoxozyajstvennykh kultur* (Breeding and seed-growing of agricultural crops.), Novosibirsk, Izd-vo SO RASXN, 1996, pp.195–203. (In Russ.)
48. Selinski J., Scheibe R. *Plant Signaling & Behavior*, 2014, No. 12 (9), e977200. <http://doi.org/10.4161/15592324.2014.977200>.
49. Williams J. H., Mazer, S. J. Pollen *American Journal of Botany*, 2016, Vol. 103. pp. 365–374. DOI:10.3732/ajb.1600074.
50. Scharloo W. *Ann. Revol. Ecol. Syst.*, 1991, Vol. 22, pp. 65–93.