

Список литературы

- 1 Seguí-Simarro, J.M., Jacquier, N.M.A., Widiez, T. Overview of *in vitro* and *in vivo* doubled haploid technologies. In Doubled Haploid Technology. Methods in Molecular Biology. Seguí-Simarro, J.M., Ed. // Humana: New York, NY, USA. 2021. Vol. 2287. P. 3–22.
- 2 Leung Y.Y., Hui L.L.Y., Kraus V.B. Colchicine—update on mechanisms of action and therapeutic uses. *Semin Arthritis Rheum.* 2015. Vol. 45. № 3. P. 341–350.
- 3 Zhao J.-P., Simmonds D.H. Application of trifluralin to embryogenic microspores to generate doubled haploid plants in *Brassica napus*. // *Physiol Plant*, in Press. 1995.
- 4 Pugacheva, A., Bikmetova, K., and Smirnova, Y. Sorbents of phenols as a components of the nutritional medium in microclonal reproduction of plants. *Natural Systems and Resources.* 2021. Vol. 3. P. 39–48.
- 5 Зюзина, Ю. А. Влияние синтетического аморфного диоксида кремния на растения *Rhododendron roseum* (L.) в культуре *in vitro*. Разнообразие растительного мира. 2017. Т. 2. № 10. С. 48–54.

DOI 10.18699/GPB2024-95

Интродукция и селекция теплолюбивых овощных растений в Сибири

Фотев Ю.В.^{1,2}, к.с.-х.н., с.н.с.

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (ЦСБС СО РАН),
Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
email: fotev_2009@mail.ru

На основе выполненных в ЦСБС СО РАН в более чем 240 комбинациях культурного томата с 13 дикорастущими видами и разновидностями созданы продуктивные и устойчивые к низкой температуре, кладоспориозу (*Cladosporium fulvum* Cooke), и ВТМ межвидовые гибридные формы. В результате интродукции и селекции культур из семейства *Fabaceae* – спаржевой вигны (*Vigna unguiculata* Walp.) и семейства *Cucurbitaceae* – кивано (*Cucumis metuliferus* E. Mey), момордики (*Momordica charantia* L.) и бенинказы (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.), изучению их биохимического состава, морфо-биологических особенностей, холодостойкости и устойчивости к патогенным микромицетам созданы 5 сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Созданы симбиотические системы, включающие сорта вигны Сибирский размер, Юньнаньская и штаммы *Bradyrhizobium* sp. 162 0501 и 164 0503. Межвидовые гибриды томата и новые для РФ овощные интродуценты отличаются более высоким содержанием аскорбиновой кислоты, каротиноидов и микроэлементов – Fe, Mn, , Zn, Cu, Co. На основе комплексной оценки теплолюбивых овощных культур созданы методические основы их интродукции и селекции.

Ключевые слова: теплолюбивые овощные культуры, интродукция, селекция, Сибирь.

Introduction and selection of heat-loving vegetable plants in Siberia

Fotev Y.V.^{1,2}

¹Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

email: fotev_2009@mail.ru

Based on more than 240 combinations of cultivated tomato with 13 wild species and varieties carried out at the Central Botanical Garden of the SB RAS, interspecific hybrid forms that were resistant to low temperatures, Cladosporium fulvum Cooke, and TMV were created. As a result of the introduction and breeding of crops from the Fabaceae family – asparagus vigna (Vigna unguiculata Walp.) and the Cucurbitaceae family – kiwano (Cucumis metuliferus E. Mey), bitter melon (Momordica charantia L.) and wax gourd (Benincasa hispida (Thunb.) Cogn.), studying their biochemical composition, morpho-biological characteristics, cold resistance and resistance to pathogenic micromycetes, 5 cultivars were bred and included in the State Register of Breeding Achievements, approved for use. Symbiotic systems including asparagus vigna cultivars Siberskiy razmer, Yunnanskaya and strains of Bradyrhizobium sp. 162 0501 and 164 0503 have been created. Interspecific tomato hybrids and new for the Russian Federation vegetable crops characterized by a higher content of ascorbic acid, carotenoids and trace elements – Fe, Mn, , Zn, Cu and Co. Based on a comprehensive assessment of heat-demanding vegetable crops, methodological foundations for their introduction and breeding have been created.

Key words: heat-loving vegetable crops, introduction, breeding, Siberia.

Выращивание большинства сельскохозяйственных культур в РФ в большей или меньшей мере подвержено влиянию нестабильных агроклиматических условий. Это тем более характерно для сельскохозяйственных районов Западной Сибири, относящихся к зоне рискованного земледелия в связи с возможными поздними весенними и ранними осенними заморозками, коротким вегетационным периодом и невысокой суммой эффективных ($> 10^{\circ}\text{C}$) температур. Есть данные, что в Новосибирской обл. удовлетворительная и хорошая продуктивность огурца (без учета развития болезней) возможна в 50 % лет, томата – в 30 % [1]. Критическими факторами, препятствующими реализации генетического потенциала растений в Сибири, являются стрессовые, особенно низкие, температуры и поражение ослабленных растений патогенными микромицетами.

Сложившийся в России за долгий период ассортимент овощных культур на 90 % сформирован из томатов, капусты, лука репчатого, моркови, свеклы и огурца. Из-за неполного восполнения отчуждаемых с урожаем микро- и макроэлементов повсюду в мире происходит снижение питательных качеств овощей. Например, за 80 лет, с 1940 по 2019 г., произошло снижение содержания в овощных культурах Fe на 50 %, Cu на 49 и Mg на 10 % [2]. Кроме того, элементный состав растений тесно

связан с накоплением вторичных метаболитов: флавоноидов и витаминов. Одним из способов решения проблемы является интродукция в растениеводческую отрасль новых для России и Сибири овощных растений с высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ), а также расширение генетического разнообразия традиционных культур в направлении повышения их пищевой ценности.

1. Создание коллекции, межвидовая гибридизация и оценка видов и разновидностей томата (род *Lycopersicon* (Tourn.) Mill.) на устойчивость к низкой и высокой температурам в гапло- и диплофазах жизненного цикла растений

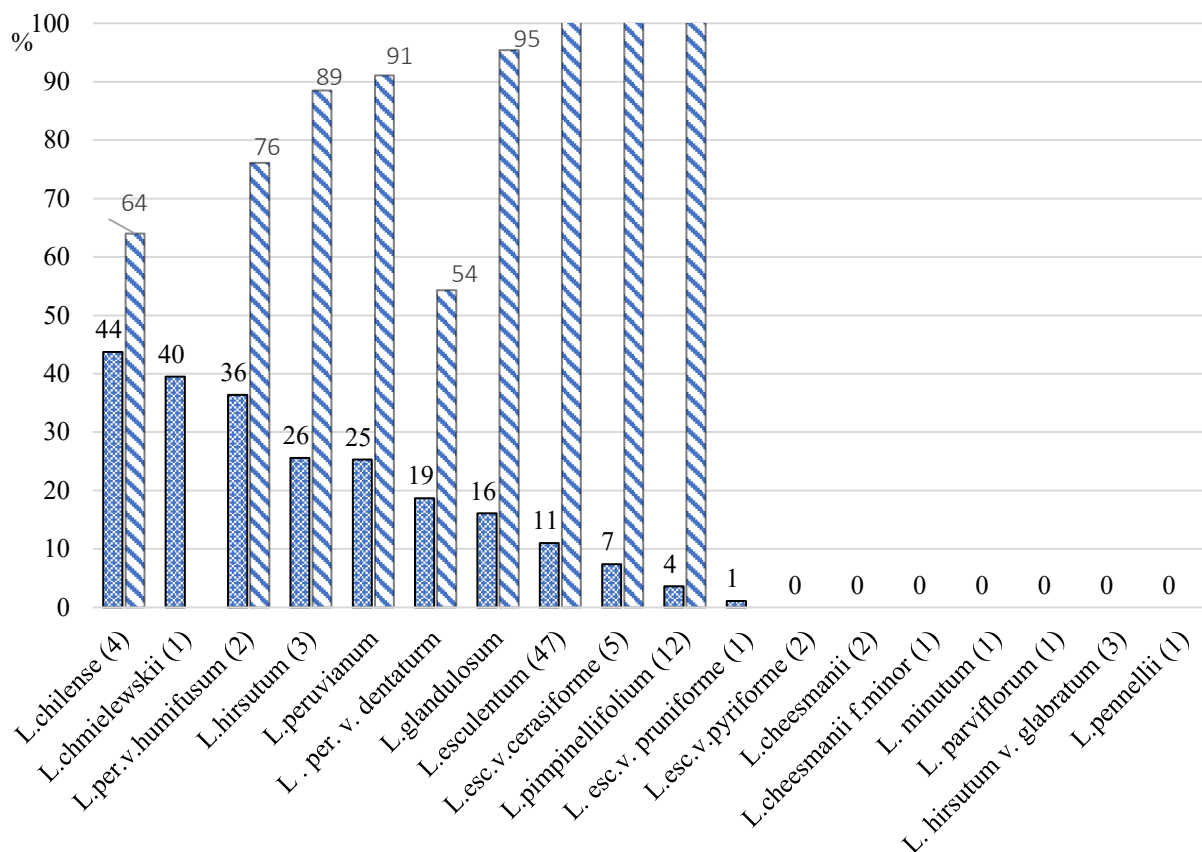
В результате сотрудничества с ВИРом и С.М. Rick Tomato Genetics Resource Center (США) в ЦСБС СО РАН сформирована большая коллекция дикорастущих видов и культурных сортообразцов томата (*Lycopersicon* Tourn.). Были выполнены скрещивания в более чем 240 комбинациях культурного томата с 13 дикорастущими видами и разновидностями. Созданы продуктивные и устойчивые к низкой температуре, кладоспориозу (*Cladosporium fulvum* Cooke), и ВТМ межвидовые гибридные формы. Как результат гибридизации формы 10–77 и дикорастущего вида *L. peruvianum* (L.) Mill. селектирован сорт томата Дельта 264, отличающийся уникальным сочетанием признаков: характерной для дикорастущего вида удлиненной кистью и крупноплодностью. Оценка холодостойкости в фазе зрелого мужского гаметофита показала высокую гетерогенность видов и разновидностей томата по этому признаку (см. рисунок).

Анализ взаимосвязи интенсивности гуттации проростков при низкой температуре и холодостойкости пыльцы в F₂ (Пионерский × *L. pimpinellifolium* к-108/5) показал тесную сопряженность между этими признаками ($r = 0,697$).

При повторной оценке одних и тех же сортообразцов в разные годы установлено, что минимальным варьированием плодообразования по годам обладают образцы с 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). На основе анализа количественных признаков в гапло- и диплофазах предложена схема оценки адаптивной способности форм и гибридов томата.

2. Комплексная оценка межвидовых гибридов и форм на устойчивость к стрессовым температурам и болезням

На основании изучения 138 образцов культурного и дикорастущих видов и разновидностей томата на устойчивость к действию абиотических и биотических стрессовых факторов – низкой и высокой температурам на стадии прорастания пыльцы *in vitro*, а также болезням: фузариозу, мелойдогинозу, «корки-рут», фитофторозу, серой гнили и мучнистой росе, выделили 23 высокорезистентные формы, сочетающие устойчивость к разным стрессовым факторам.



■ Холодостойкость по проращению пыльцы in vitro, % ▨ Cv

Холодостойкость образцов видов томата рода *Lycopersicon* (Tourn.) Mill. по показателю проращения пыльцы в 20 %-ном растворе ПЭГ6000 в режиме 6°C/24 ч. В скобках – количество образцов. Cv – коэффициент вариации, %

3. Интродукция новых (нетрадиционных) видов и форм

В результате проведенной интродукции и селекции новых для России теплолюбивых овощных культур из семейства Fabaceae – спаржевой вигны (*Vigna unguiculata* Walp.) и семейства Cucurbitaceae – кивано (*Cucumis metuliferus* E. Mey), момордики (*Momordica charantia* L.) и бенинказы (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.), изучению их биохимического состава, морфо-биологических особенностей, холодостойкости и устойчивости к патогенным микромицетам созданы 5 сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Совместно с Госсорткомиссией РФ предложена и официально зарегистрирована первая в РФ методика испытания сортов вигны по признакам ООС.

Предложены критерии отбора растений и оценки успеха их интродукции в условиях Сибири [3], а также коэффициент востребованности культур [4]. Предложена концепция создания в России национальной системы функциональных продуктов питания [5].

4. Оценка нодуляции и азотфиксации спаржевой вигны при использовании штаммов *Bradyrhizobium* sp.

Проведена инокуляция двух сортов вигны (*V. unguiculata*) – Сибирский размер

и Юньнаньская штаммами *Bradyrhizobium* sp.: 162 0501, 163 0502 и 164 0503, отмечены активная нодуляция и азотфиксация. Самые высокие значения активности нитрогеназы отмечены на сорте Сибирский размер при использовании штамма 164 0503 – $5155,3 \pm 878,8$ нмоль C_2H_4 /раст./ч, на сорте Юньнаньская штамма 162 0501 – $5255,5 \pm 2036,2$, а также штамма 164 0503 – $4673,0 \pm 719,0$. Их можно рассматривать в качестве симбиотических систем.

5. Оценка содержания функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) в традиционных (на примере культурного томата и межвидовых гибридов) и новых овощных культурах.

Дикорастущие виды томата и межвидовые гибриды отличаются высоким содержанием в плодах ФПИ. Так, в плодах вида *L. pimpinellifolium* Mill. (к-3987) накапливается $55,7 \pm 7,8$ мг % аскорбиновой кислоты. Плоды F_3BC_1 гибрида с *L. glandulosum* С.Н. Mull. накапливают $30,0 \pm 4,2$ мг % этого витамина.

В плодах созданного в ЦСБС СО РАН сорта спаржевой вигны Юньнаньская содержится 84 мг % аскорбиновой кислоты (что более чем в два раза больше, чем в фасоли обыкновенной). В плодах момордики – отборных форм и сорта Гоша отмечено высокое содержание каротиноидов (в ариллусе плодов 68,9–177, в листьях 350,8–545,1 мг % (FW) и аскорбиновой кислоты (72,5–127,5 мг %). Установлено высокое содержание элементы так называемого «крововетворного комплекса» (Fe, Mn, Cu, Co): в плодах сортов и образцах момордики, кивано и бенинказы. Повышенные концентрации Zn выявлены в плодах момордики, спаржевой вигны и кивано (32,9–57,6 мкг/г).

Наименьшим варьированием (Cv) содержания в семенах макро- и микроэлементов в разных регионах страны отличается сорт вигны Сибирский размер (Cv=14,6–22,9 %), макроэлементов – *Vigna catjang* (Cv=14,4).

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану по проекту: АААА-А21-121011290027-6 «Теоретические и прикладные аспекты изучения генофондов природных популяций растений и сохранения растительного разнообразия вне типичной среды обитания (*ex situ*)».

Список литературы

- 1 Коняев Н. Ф. Научные основы высокой продуктивности овощных растений. Новосибирск: Издательство НСХИ. 1978. Ч. 1, 111. С. 33–38.
- 2 Mayer A.-M.B., Trenchard L., F. Historical changes in the mineral content of fruit and vegetables in the UK from 1940 to 2019: a concern for human nutrition and agriculture // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2022. V. 73, N 3. P. 315–326. DOI 10.1080/09637486.2021.1981831.
- 3 Фотев Ю.В. К методике интродукции теплолюбивых овощных растений в Сибири. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет), 2018. № 4. С. 104–118. DOI 10.31677/2072-6724-2018-49-4-104-118
- 4 Фотев Ю.В., Артемьева А.М., Зверева О.А. Генетические ресурсы овощных растений: от

- селекции нетрадиционных культур к функциональным продуктам питания // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25(4). С.442–447. DOI 10.18699/VJ21.049.
- 5 Фотев Ю.В., Пивоваров В.Ф., Артемьева А.М., Куликов И.М., Гончарова Ю.К., Сысо А.И., Гончаров Н.П. Концепция создания Российской национальной системы функциональных продуктов питания // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2018. Т.22, № 7. С.776–783. DOI 10.18699/VJ18.421.

DOI 10.18699/GPB2024-96

Перспективы использования методов протеомики и метаболомики в селекции растений

Фролов А.А.^{1,2}

¹*Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Лаборатория Аналитической Биохимии и Биотехнологии, Москва, Россия*

²*Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия
email: Andrej.Frolov@ipb-halle.de*

Благодаря развитию физико-химических методов анализа был совершен решающий прорыв в повышении эффективности селекционного процесса, выразившийся в формировании ряда высокоэффективных методологических платформ пост-геномных исследований – транскриптомики, протеомики и метаболомики. На сегодняшний день эти подходы позволяют практически полностью охарактеризовать метаболические и регуляторные сдвиги, сопровождающие изменения генома в процессе получения новых сортов растений. В настоящее время начинается освоение этого инструментария селекционерами.

Ключевые слова: селекция, протеомика, метаболомика.

Prospects for using proteomics and metabolomics methods in plant breeding

Frolov A.A.^{1,2}

¹*K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia*

²*Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia
email: Andrej.Frolov@ipb-halle.de*

Thanks to the development of physicochemical methods of analysis, a decisive breakthrough was made in increasing the efficiency of the breeding process, expressed in the formation of a number of highly effective methodological platforms for post-genomic research – transcriptomics, proteomics and metabolomics. Today, these approaches make it possible to almost completely characterize the metabolic and regulatory changes that accompany genome changes in the process of obtaining new plant varieties. Currently, breeders are beginning to master this toolkit.

Key words: plant breeding, proteomics, metabolomics.