

УДК 582.998.2 (571.63)

СТРАТЕГИЯ СЕЛЕКЦИИ АДАПТИВНЫХ СОРТОВ ХРИЗАНТЕМЫ САДОВОЙ НА ЮГЕ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Алевтина Ивановна Недолужко

Ботанический сад-институт Дальневосточного отделения РАН
690024, Россия, г. Владивосток, ул. Маковского, 142
E-mail: a.i.nedoluzhko@gmail.com

Впервые в России разработана и реализована стратегия создания адаптивных сортов хризантемы садовой. Использование интрогрессивной гибридизации в первом и последующих гибридных поколениях позволило совершенствовать генетическую основу исходного селекционного материала и решить проблему отдельных и комплекса хозяйственных признаков. Поэтапное совмещение полигенов зимостойкости и доминантных аллелей устойчивости к *Puccinia horiana* Henn. при создании многокомпонентных гибридов способствовало усилению выраженности ценных признаков и выщеплению положительных трансгрессий.

Ключевые слова: хризантема садовая; маньчжурские и корейские высокогорные виды; интрогрессивная гибридизация; адаптивные признаки; стратегия селекции; российский Дальний Восток.

Введение

В мировом цветоводстве хризантема садовая является одной из лидирующих культур в ландшафтном дизайне и высококачественной сезонной срезке. Сорты западно-европейского и американского вторичных генетических центров, заполонившие российский цветочный рынок, имеют высокий селективный уровень по определенным агрономическим признакам, но созданы в мягком климате. Большинство их умеренно адаптированы к морозам и засухе, в условиях России не зимуют в открытом грунте, зачастую восприимчивы к автохтонным патогенам, среди них редки раноцветущие формы. Приоритетным направлением отечественной селекционной программы по хризантеме садовой является получение сортов на основе интрогрессивной гибридизации с оптимальными сроками цветения, зимующих в открытом грунте, устойчивых к грибным фитопатогенам, особенно к агрессивной *Puccinia horiana* Henn.

В 30-х гг. прошлого столетия американскими и английскими селекционерами впервые успешно использованы холодостойкие восточноазиатские виды *Chrysanthemum* в гибридизации с оранжерейными формами [16, 17]. Дальнейшая селекция на основе полученных гибридов привела к созданию колоссального разнообразия садовых форм хризантемы с повышенной устойчивостью к низким температурам [7–9]. Исследования по межвидовой гибридизации проводятся в Китае и Японии на основе индигенных представителей *Chrysanthemum indicum* L., *C. vestitum* Nakai, *C. nankingense* Hand.-Mazz., *C. chanetii* H. Lev., *C. zawadskii* Herbich., *C. lavadulifolium* Makino, *C. boreale* Makino, *C. crassum* Kitam., *C. pacificum* Nakai, *C. japonicum* Makino, *C. ornatum* Hemsl., *C. yoshinaganthum* Kitam., *C. shiwogiku* Kitam. и современных сортов. В результате получены декоративные формы, устойчивые к вредителям и болезням, холоду и засухе, засоленным почвам и промышленному загрязнению [10–15, 18–20].

До настоящих исследований ни одна селекционная работа в России не проводилась на основе восточноазиатских видов рода *Chrysanthemum*, нам неизвестны литературные данные по привлечению маньчжурских (за исключением *C. chanetii*) и корейских высокогорных видов *Chrysanthemum* в гибридизацию с культурными

сортами [10, 11, 20]. Возделываемые в России формы, как правило, являются гибридами между американскими, западноевропейскими, реже китайскими культиварами и не всегда обладают требуемыми адаптивными характеристиками [1, 2, 6]. Использование в селекции маньчжурских и корейских высокогорных видов *Chrysanthemum*, прошедших длительную эволюцию в экстремальных климатических условиях и обладающих ценными хозяйственными признаками (ранний срок цветения, иммунитет к белой ржавчине *P. horiana*, выносливость к иссушению и низким зимним температурам), является актуальным. Создание комплексно адаптивных высокодекоративных гибридов и сортов позволит расширить границы выращивания хризантемы садовой, исключить затраты на зимнее укрытие, снизить пестицидную нагрузку, улучшить санитарный и эстетический эффект насаждений.

Цель работы – разработать стратегию селекции адаптивных гибридов и сортов хризантемы садовой на основе интрогрессивной гибридизации.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в 1998–2016 гг. на территории Ботанического сада-института ДВО РАН (БСИ), расположенного в прибрежной зоне юга Приморского края. Поиск зимостойких и устойчивых к грибным патогенам форм проводили среди популяций, полученных в результате посева семян *Chrysanthemum naktongense* Nakai, 1909, Bot. Mag. (Tokyo), 23: 186; *C. coreanum* (H. Lév. et Vaniot) Nakai, 1940, J. Jap. Bot. 16, 2: 74, собранных автором в природных местообитаниях (Приморский край), а также среди представителей *C. tenuisectum* Kitag., 1942, Rep. Inst. Sci. Res., Manchoukuo, 6: 129; *C. leiophyllum* Nakai, 1921, Bot. Mag. (Tokyo), 35: 147), доставленных Р.В. Дудкиным из республики Корея. Отобранные формы использовали в качестве отцовских родителей при скрещивании с незимостойкими сортами Вродлива, Линда, Хамелеон, различающимися восприимчивостью к *Puccinia horiana*. Гибридизацию (с предварительной изоляцией) осуществляли свежесобранной пылью однократно в период раскрытия большинства трубчатых цветков в соцветии, с обрезкой ложноязычковых цветков у махровых сортов до уровня рылец. Использовали простые межвидовые и межгибридные скрещивания. Побеги с опыленными соцветиями срезали и дозаривали в условиях теплицы в сосудах с водой. Ревизию и обмолот семян проводили через один-два месяца после гибридизации, посев семян заканчивали в конце февраля-начале марта в условиях обогреваемой теплицы. В открытый грунт сеянцы высаживали с апреля по май. Оценку гибридного потомства проводили в первый год роста и после зимы. Устойчивость к *P. horiana* и другим грибным фитопатогенам (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Botrytis cinerea* Pers., *Septoria chrysanthemi-indici* Bubák & Kabát) определяли на естественном инфекционном фоне в период эпифитотий *P. horiana* (2005, 2006, 2015 гг.). Зимостойкость оценивали по весеннему отрастанию побегов по 5-балльной 6-ступенчатой шкале, где балл 0 соответствует полному вымерзанию растений, балл 5 – подмерзание отсутствует; ритмы роста и развития изучали по [5]. Декоративность оценивали в период массового цветения по [3, 4]. Отбирали комплексно адаптивные (с зимостойкостью 4–5 баллов, устойчивые к *P. horiana* и другим грибным патогенам, с оптимальными сроками цветения) и высокодекоративные сеянцы. С 1998 по 2016 годы выполнено 46 комбинаций скрещиваний, опылено 333 соцветий, получено 8216 гибридных семени, выращено 2656 сеянцев, выделено 62 перспективных отбора.

Результаты и обсуждение

Исходя из субтропического происхождения, биологических (перекрестноопылитель) и генетических (аллополиплоид) особенностей,

обеспеченности генетическими ресурсами рода *Chrysanthemum*, нами предложена стратегия селекции хризантемы садовой на новой генетической основе. Стратегия получила развитие в БСИ и направлена на создание адаптивных гибридов и сортов, не уступающих по декоративным характеристикам аналогам зарубежной селекции.

Для решения проблемы комплексной адаптивности (устойчивость к грибным болезням, в особенности, к агрессивной и экономически значимой *P. horiana*; зимостойкость; оптимальный срок цветения) предложены следующие этапы: 1 – проведение поиска источников устойчивости к *P. horiana* и зимостойкости; 2 – создание F₁-гибридных семей с моногенным типом расспецифической устойчивости к *P. horiana* и полигенным контролем признака зимостойкости на основе использования высокоэффективных генов диких родичей *Chrysanthemum*; 3 – отбор комплексно адаптивных форм среди F₁-гибридного потомства; 4 – создание на основе F₁-отборов гибридных популяций F₂, объединяющих моногены устойчивости к *P. horiana* и полигены зимостойкости от разных генетических систем; 5 – отбор комплексно адаптивных форм с высокими декоративными качествами среди гибридного потомства F₂; 6 – близкородственные скрещивания F₂-отборов (беккроссы, сибсы, полусибсы) для выявления и выбраковки рецессивных восприимчивых к *P. horiana* гомозигот, сохранение и размножение зимостойких, контролируемых полигенами (блоком рецессивных полигенов) сеянцев, с последующим вовлечением в селекцию.

Поиск источников устойчивости к *P. horiana* и зимостойкости среди маньчжурских и корейских высокогорных видов *Chrysanthemum*. Мониторинг интродукционных популяций в период эпифитотий *P. horiana* позволил выявить иммунитет у всех образцов *C. coreanum* (H. Lév. et Vaniot) Nakai, *C. tenuisectum* Kitag. В популяциях *C. naktongense* Nakai и *C. leiophyllum* Nakai отмечен полиморфизм по восприимчивости к патогену. Уникальная зимостойкость *C. coreanum* и *C. tenuisectum* в течение ряда лет позволила растениям успешно зимовать и благополучно развиваться весной. Дифференциация по признаку зимостойкости выявлена среди семенного потомства *C. naktongense*, *C. leiophyllum*. Отобраны выдающиеся по зимостойкости и устойчивости к грибным патогенам формы *C. coreanum*, *C. tenuisectum*, *C. naktongense*, *C. leiophyllum* – комплексные источники адаптивности.

Создание межвидовых источников и доноров адаптивных признаков. Установлена принципиальная возможность скрещиваний сортов с природными видами *Chrysanthemum*, но их эффективность зависела от сопряженности сроков цветения, генетических особенностей исходных родительских форм, конкретных погодных условий. Растения F₁, выращенные из гибридных семян, отличались гибридной мощностью и мономорфностью в пределах каждой комбинации скрещивания. По габитусу, облиственности побегов, интенсивности вегетативного возобновления преобладали признаки дикого родителя. Форма, размер и окраска соцветий также характеризовались фенотипическим единообразием и указывали на наличие доминантных аллелей дикого типа. Устойчивость к *P. horiana* доминировала в большинстве комбинаций скрещиваний, что позволило уже в F₁-поколении провести отбор по данному признаку. Выщепление восприимчивых гомозиготных рецессивов наблюдалось от скрещивания форм, имеющих в своей родословной рецессивные аллели восприимчивости к *P. horiana*. Признак зимостойкости, отсутствующий у культурных сортов, в F₁ наследовался как количественный, что может свидетельствовать о его полигенной природе. В ряде семей наблюдалось выщепление трансгрессивных генотипов, зимостойкость которых выше сортового родителя. Отобранные невосприимчивые к *P. horiana* и устойчивые к другим патогенам (*Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Septoria chrysanthemi-indici*), стабильно зимующие полукультурные формы F₁ на данном этапе послужили промежуточным звеном и

являются новыми комплексно адаптивными источниками. Созданные на новой генетической основе F₁-гибриды цветут раньше своих сортовых родителей, интенсивно отрастают весной. Для дальнейшей гибридизации предпочтение отдаем растениям с хорошо развитой корневой системой как морфологическому показателю адаптации.

Получение сложных межвидовых гибридов F₂ на основе комплексных источников адаптивности F₁. Скрещивания отборов F₁ на основе разных видов и сортов *Chrysanthemum* позволили получить гибридное потомство F₂, объединившее признаки разных генетических систем (рис. 1). Последовательное включение в селекционный процесс нескольких доноров устойчивости к *P. horiana* и зимостойкости позволило усилить имеющиеся положительные качества. Так как устойчивость к *P. horiana* доминирует над восприимчивостью, и присутствие в одном генотипе нескольких генов с доминантными аллелями от разных видов и невосприимчивых сортов создает барьер патогену для преодоления такой комплексной невосприимчивости, то на данном этапе отбираем наиболее устойчивые генотипы, обеспечивающие эффективную защиту растений. Зимостойкость в потомстве F₂ наследуется промежуточно, выделены трансгрессивные генотипы, объединившие полигены (блоки полигенов) от разных видов *Chrysanthemum*, что позволило перейти на новый уровень признака. Отобраны многокомпонентные комплексно адаптивные высокодекоративные формы F₂ – кандидаты в новые сорта, а также новые комплексные перспективные источники адаптивных признаков.

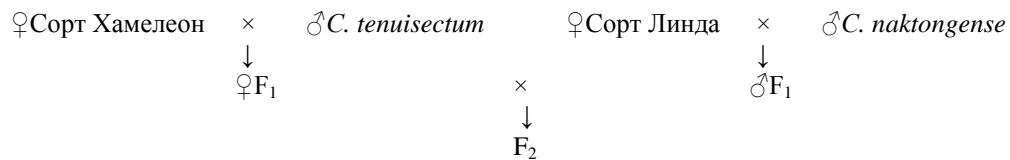


Рис.1 Схема получения адаптивных гибридов F₂

Близкородственные скрещивания F₂-отборов с целью выявления ценных генотипов. Для выявления потенциальных генетических возможностей растений второго гибридного поколения (F₂) использовали близкородственные скрещивания (беккроссы, сибсы, полусибсы). Сконцентрировав в гомозиготном состоянии доминантные и выявив рецессивные аллели генов, определяющих ценные признаки, близкородственные скрещивания позволили обнаружить новые комбинации генов и благоприятствовали отбору улучшенных форм. На данном этапе выделены зимостойкие, неполегающие, раноцветущие и устойчивые к грибным болезням формы с экспрессией признаков, определяющих высокие декоративные качества. Выделенные новые генотипы обогатили коллекцию перспективных источников и доноров общей экологической устойчивости. Отдельные образцы представляют собой формы с новым выражением и сочетанием признаков и выходят за пределы проявления их у исходных родительских форм.

С использованием разработанной стратегии и на основе интрогрессии ценных признаков маньчжурских и корейских высокогорных видов *Chrysanthemum* получены новые комплексные источники и доноры устойчивости к *P. horiana* и зимостойкости, и первые отечественные адаптивные сорта хризантемы садовой (Денница, Восточная Славянка, Созвездие), не уступающие по декоративности аналогам зарубежной селекции.

Выводы

Интрогрессивная гибридизация в первом и последующих поколениях позволяет совершенствовать генетическую основу исходного селекционного материала для конструирования новых отечественных сортов и решить проблему отдельных и комплекса хозяйственных признаков.

Поэтапное совмещение полигенов зимостойкости при создании многокомпонентных гибридов и выщепление положительных трансгрессий способствует усилению выраженности признака в новых организмах.

Сочетание в одном генотипе нескольких генов с доминантными аллелями устойчивости к *P. horiana* формирует комплексную невосприимчивость к патогену.

Близкородственные скрещивания интрогрессивных гибридов благоприятствуют отбору улучшенных форм.

Предложенная нами стратегия селекции хризантемы садовой на адаптивность реализована при создании новых гибридов и сортов, выгодно отличающихся от своих предшественников по изучаемым признакам.

Список литературы

1. Забелин И.А. Выведение новых сортов хризантем // Труды Никитского ботан. Сада. – 1972. – Т. 2, № 59. – С. 11 – 19.
2. Козьменко Н.П. Результаты исследований по интродукции и селекции мелкоцветковых хризантем в субтропиках России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – № 49. – С. 170 – 178.
3. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. – М.: Колос, 1968. – Вып. 6 (декоративные культуры). – 223 с.
4. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Хризантема // Официальный бюллетень Гос. Комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – М., 2007. – № 10. – С. 976 – 1002.
5. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / ред. Р.А. Карпионовой, Л.С. Плотникова. – М., 1975. – 27 с.
6. Шумаева Г.В., Миронова Л.Н., Тухватуллина Л.А. Новые сорта хризантемы корейской башкирских селекционеров // Агро XXI. – 2013. – № 10-12. – С. 16-18.
7. Anderson N.O., Gesick E. Container production of prostrate garden chrysanthemums // Hort. Science 2003, 38(7): 1344 – 1348.
8. Anderson N.O. Chrysanthemum. *Dendranthema* × *grandiflora* Tzvel. In: Flower breeding and genetics: Issues, challenges, and opportunities for the 21 st century / Ed. N.O. Anderson. – Dordrecht: Springer, 2006. – P. 389 – 437.
9. Anderson N., Ascher P., Gesick E. Winter-hardy Mammoth™ Series Garden Chrysanthemums „Red Daisy“, „White Daisy“, and „Coral Daisy“ Sporting a Shrub Plant Habit // Hort. Science. – 2008. – Vol. 43, no 3. – 648 – 654.
10. Chen J. Studies on the origin of chinese florist's chrysanthemum // Acta Hort. – 1985. – No 167. – P. 349-361.
11. Chen J.Y., Wang S., Wang X., Wang P. Thirty years' studies on breeding ground-cover chrysanthemum new cultivars // Acta Hort. – 1995. – No 404. – P. 30 – 36.
12. Cheng X., Chen S., Chen F., Fang W., Deng Y., She L. Interspecific hybrids between *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Kitam. and *D. nankingense* (Nakai) Tzvel. achieved using ovary rescue and their cold tolerance characteristics // Euphytica. – 2010. – No 172. – P. 101 – 108.

13. Cheng X., Chen S., Chen F., Deng Y., Fang W., Tang F., Liu Z., Shao W. Creating novel chrysanthemum germplasm via interspecific hybridization and backcrossing // *Euphytica*. – 2011. – No 177. – P. 45 – 53.
14. Douzono M., Ikeda H. All year round productivity of F₁ and BC₁ progenies between *Dendranthema grandiflorum* and *D. shiwogiku* // *Acta Hort.* – 1998. – No 452. – P. 303 – 310.
15. Fukai S., Nagira T., Goi M. Cross compatibility between chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) and *Dendranthema* species native to Japan // *Acta Hort.* – 2000. – No 508. – P. 337 – 340.
16. Kuykendall J.R., Galey D.O. The Role of the Korean hybrids in the development of the new hardy garden chrysanthemums // *Missouri Botanical Garden Bulletin*. – 1949. – Vol. 37, no 8. – P. 161 – 178.
17. Machin B. The origins of hardy border chrysanthemums // *Plantsman*. – 2012. – No 3. – P. 20 – 23.
18. Li X.L., Chen F.D., Zhao H.B. Compatibility of interspecific cross in *Dendranthema* Genus // *Acta Horticulture Sinica*. – 2008. – Vol. 35, no 2. – P. 257 – 262.
19. Sun C.Q., Chen F. D., Teng N.J., Liu Z.L., Fang W.M., Hou X.L. Interspecific hybrids between *Chrysanthemum grandiflorum* (Ramat.) Kitam. and *C. indicum* (L.) Des Moul. and their drought tolerance evaluation // *Euphytica*. – 2010. – No 174. – P. 51 – 60.
20. Wang P., Chen J. Studies on breeding ground-cover chrysanthemum new cultivars // *Acta Hort.* – 1990. – Vol. 17, no 3. – P. 223 – 228.

Nedoluzhko A.I. Adaptive selection strategy of chrysanthemum gardens in the south of the Russian Far East // *Works of the State Nikit. Botan. Gard.* – 2017. – V. 145 – P. 149-154.

For the first time in Russia developed and implemented a strategy for the creation of adaptive varieties of garden chrysanthemum. Using introgressive hybridization in the first and subsequent generations of hybrids helped improve the genetic basis of initial breeding material and solve the problem of the individual and the complex valuable features. The increased of valuable features and the segregation of the positive transgressions took place at gradual combination of the polygenes winter hardiness and the dominant alleles of resistance to *Puccinia horiana* when creating multihybrids.

Key words: garden chrysanthemum; Manchurian and Korean alpine species; introgressive hybridization; adaptive properties; selection strategy; Russian Far East.