


Перевод на английский язык <https://vavilov.elpub.ru/jour>

Морфологический и молекулярный анализ сортов роз из садовых групп грандифлора и розы Кордеса

С.С. Юданова , О.В. Дорогина, О.Ю. Васильева


Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
 judanova.sophia@yandex.ru

Аннотация. Поиск зимостойких, устойчивых к грибным болезням сортов, характеризующихся высокой декоративностью, ремонтантным и продолжительным цветением, является важнейшей задачей при работе с коллекционным генофондом садовых роз. В настоящее время межсортовая гибридизация роз в пределах одной садовой группы во многом исчерпала себя. Требуется поиск высокодекоративных форм или сортов, выделяющихся по резистентности, морфологическим и ритмологическим признакам для использования в селекции в качестве родительских форм. В работе выполнен сравнительный анализ сортов из двух садовых групп – грандифлора (Гурзуф, Лезгинка, Коралловый сюрприз, Queen Elizabeth, Комсомольский огонёк, Love) и кордезии (Летние звёзды, Dortmund, Гуцулочка). Эти сорта хорошо показали себя в течение многих лет испытаний в суровых климатических условиях. Целью исследования было определение степени родства внутри групп и установление возможной принадлежности фенотипически различающихся сортов к одной из групп. Анализ проводили по морфологическим, фенологическим признакам, а также с помощью ISSR-маркеров. По результатам фенологических наблюдений в группе грандифлора выделился сорт Комсомольский огонёк: более позднее вступление в фазы бутонизации и цветения. Данные полиморфизма, полученные на основании ISSR-маркирования, показали, что он удален от других сортов, образуя на дендрограмме отдельный кластер. Сравнение сортов роз по морфологическим признакам (диаметр цветка, количество лепестков, длина цветоноса, высота куста) также свидетельствует о достоверных отличиях ($p < 0.05$) сорта Комсомольский огонёк от остальных сортов группы грандифлора. Дендрограмма, построенная на основании молекулярного анализа, показала отсутствие близкого родства сорта Комсомольский огонёк и группы кордезии, которые формировали отдельный кластер. При попарном сравнении морфологических показателей сорта Комсомольский огонёк и группы кордезии обнаружено достоверное различие ($p < 0.05$) по трем из четырех изученных признаков, за исключением диаметра цветка (при сравнении с сортами Dortmund и Летние звёзды) и длине цветоноса (при сравнении с Гуцулочкой). Несмотря на то что Комсомольский огонёк по феноритмике схож с сортом Dortmund из группы кордезии, молекулярный анализ не позволяет отнести его к данной группе роз. Такие сорта, фенотипически отличающиеся от общей массы и обладающие рядом ценных признаков, являются ценнейшим селекционным материалом. Ключевые слова: *Rosa L.*; грандифлора; розы Кордеса; ISSR-маркеры; морфологические признаки; фенологические наблюдения.

Для цитирования: Юданова С.С., Дорогина О.В., Васильева О.Ю. Морфологический и молекулярный анализ сортов роз из садовых групп грандифлора и розы Кордеса. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2024;28(1): 55-62. DOI 10.18699/vjgb-24-07

Morphological and molecular analysis of rose cultivars from the Grandiflora and Kordesii garden groups

S.S. Yudanova , O.V. Dorogina, O.Yu. Vasilyeva

Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
 judanova.sophia@yandex.ru

Abstract. The breeding of remontant rose cultivars that are resistant to diseases and adverse conditions, with high decorative value and continuous flowering is the most important task during work with the gene pool of garden roses. Currently, intercultivar hybridization within a single garden group has largely outlived its usefulness. It is necessary to breed for highly decorative forms or cultivars that have outstanding resistance, morphological characters and patterns of seasonal rhythms, and use these plants as parental forms in further breeding. This study represents a comparative analysis of rose cultivars from two garden groups, Grandiflora (Gurzuf, Lezginka, Korallovy Syurpriz, Queen Elizabeth, Komsomolsky Ogonyok, Love) and Rosa Kordesii (Letniye Zvyozdy, Dortmund, Gutsulochka). These cultivars proved themselves during many years of testing in harsh climatic conditions. The objectives of the study were to determine the genetic relationship within the groups and to assign phenotypically different cultivars to one or another garden group. The analysis was carried out by morphological, phenological and ISSR markers. According to the phenological observations on the Grandiflora cultivars, Komsomolsky Ogonyok had later budding and flowering stages. Polymor-

phic data generated from the ISSR markers showed that this cultivar was the most distant from the others and formed a separate cluster on the dendrogram. A comparison of the morphological characters (flower diameter, number of petals, peduncle length, bush height) showed a significant difference ($p < 0.05$) between Komsomolsky Ogonyok and the other Grandiflora cultivars. A dendrogram based on a molecular analysis showed a lack of close relationships between Komsomolsky Ogonyok and the Kordesii group, which formed a separate cluster. A pairwise comparison of the morphological characters in Komsomolsky Ogonyok with the Kordesii group revealed a significant ($p < 0.05$) difference in three of the four characters studied. The exceptions were flower diameter when comparing with Dortmund and Letniye Zvyozdy and peduncle length when comparing with Gutsulochka. Although Komsomolsky Ogonyok has a pattern of seasonal development similar to Dortmund in the Kordesii group, the molecular analysis did not assign the former to this group of roses. The cultivars that have valuable characters that no average rose does and that are phenotypically different from such roses represent the most valuable breeding material.

Key words: *Rosa* L.; grandiflora; *Rosa* Kordesii; ISSR markers; morphological characters; phenological observations.

For citation: Yudanova S.S., Dorogina O.V., Vasilyeva O.Yu. Morphological and molecular analysis of rose cultivars from the Grandiflora and Kordesii garden groups. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024;28(1):55-62. DOI 10.18699/vjgb-24-07

Введение

Розы относятся к числу древнейших культивируемых человеком растений, они используются не только в декоративных, но и в парфюмерных, медицинских, кулинарных целях. В состав рода *Rosa* L. входит около 200 видов, однако лишь 10–15 видов внесли свой вклад в создание садовых групп роз (Cairns, 2007). Согласно современной садовой классификации роз, весь мировой ассортимент, представленный 40000 сортов, подразделяется на 36 садовых групп (Аннотированный каталог..., 2018; Plugatar et al., 2019). Ценнейшее качество сортов роз из садовых групп чайно-гибридные, флорибунда, градифлора, розы Кордеса, полиантовые и миниатюрные – способность к ремонтантному цветению (Клименко, 2010; Городняя, 2014; Тыщенко, 2015), обусловленная наличием в их наследственной основе генетического материала вечнозеленых и, соответственно, малозимостойких видов из секции *Indicae*, которым в местах естественного произрастания несвойствен зимний покой.

Одним из основных критериев отбора сортов садовых роз, перспективных для выращивания в суровых климатических условиях, является цветение однолетних побегов (Васильева, 1999). Эта биологическая особенность характерна не для всех садовых групп и не для всех сортов одной садовой группы. Например, большинство сортов плетистых крупноцветковых роз (LCl.) образуют генеративные побеги на многолетних системах побега формирования (СПФ), которые из-за суровых зим практически ежегодно погибают (Пашина, 2011; Капелян, 2017; Plugatar et al., 2018). Особый интерес для создания розариев в условиях континентального климата представляют, наряду с чайно-гибридными и флорибунда, сорта из садовых групп грандифлора и розы Кордеса (кордезии).

Садовая группа грандифлора (Gr.) была выделена в 1950-х гг. исключительно по морфологическим признакам, без учета происхождения. Основу ее составляют сорта, полученные от скрещивания роз флорибунда с чайно-гибридными. Эти сорта ценятся за обильное и ремонтантное цветение, как у группы флорибунда, за длинные прямые побеги с крупными цветками различных окрасок, по форме напоминающие сорта чайно-гибридных роз, но не одиночные, а в малоцветковых соцветиях. Важнейшим признаком группы считаются также сила роста и более высокая, чем у чайно-гибридных роз, зимостойкость.

Розы Кордеса или кордезии – относительно молодая садовая группа, основателем которой является спонтанный гибрид *Rosa rugosa* × *Rosa wichuraiana*, полученный фирмой “W. Kordes’ Sohne”, приоритетным направлением селекции которой стал отбор неприхотливых и зимостойких форм. Кордезии отличаются обильным цветением с июня до поздней осени, высокой зимостойкостью и повышенной устойчивостью к болезням (Бардакова, 2017; Адрицкая, Капелян, 2022). Особая ценность этой группы в условиях сурового климата обусловлена образованием цветков на однолетних побегах, что может делать их заменой плетистым розам, характеризующимся цветением на многолетних СПФ, но плохо зимующим в условиях Сибири.

Яркий представитель кордезий – сорт Dortmund, часто использовавшийся в селекции в качестве родительской формы, обладающий ценнейшим признаком – устойчивостью к грибным болезням. В Никитском ботаническом саду (НБС-ННЦ РАН) селекционером З.К. Клименко выведены сорта-кордезии Летние звёзды и Гуцулочка (Клименко, Рубцова, 1986), которые в дальнейшем зарекомендовали себя как высокодекоративные и устойчивые в суровых климатических условиях. В группе грандифлора наиболее популярный, многократно применявшийся в селекции, высокодекоративный и обладающий комплексной устойчивостью сорт – Queen Elizabeth. Среди отечественных сортов данной группы популярен сорт Комсомольский огонёк, полученный от скрещивания сортов Charlotte Wheatcroft × Gloria Dei. Его многолетнее испытание в коллекции ЦСБС СО РАН на фоне других сортов свидетельствует о том, что он фенотипически отличается от представителей своей группы и имеет сходство с кордезиями. Поэтому дальнейшей задачей была оценка сортов из групп грандифлора и кордезий по морфологическим и молекулярно-генетическим признакам с целью определения родственных связей внутри групп и возможного установления принадлежности фенотипически выделяющихся сортов к той или иной садовой группе.

Кроме того, одной из основных задач при работе с коллекционным генофондом роз является поиск ценных по комплексу признаков форм для дальнейшей селекционной работы. Для суровых климатических условий континентального климата это сорта, обладающие высокой комплексной устойчивостью, в первую очередь зимостой-

костью, устойчивостью к грибным болезням, характеризующиеся высокой декоративностью, ремонтантным и продолжительным цветением.

В данной работе для оценки генетического полиморфизма использовался ISSR-анализ (inter simple sequence repeats). Метод основан на анализе ДНК последовательностей, фланкированных микросателлитными локусами, обладает хорошей воспроизводимостью, не требует клонирования и секвенирования фрагментов ДНК для подбора праймеров, что существенно снижает затратность и трудоемкость проведения анализа. Число микросателлитных повторов в геноме как у животных, так и у растений очень велико, что делает этот метод удобным для генетического анализа (Amom, Nongdam, 2017; Дорогина, Жмудь, 2020).

Материалы и методы

В работе использовались сорта роз из двух садовых групп: грандифлора (Гурзуф, Лезгинка, Коралловый сюрприз, Queen Elizabeth, Комсомольский огонёк, Love) и розы Кордеса (Летние звёзды, Dortmund, Гуцулочка). Сорта, относящиеся к группе грандифлора, характеризуются следующими признаками: 1) крупные цветки различных окрасок, собранные в малоцветковые соцветия; 2) высокорослые кусты, в южных районах России достигающие высоты 2 м; 3) листья крупные, глянцевые; 4) обильное ремонтантное цветение; 5) достаточно высокая зимостойкость, что благоприятно для выращивания в условиях Сибири. Кордезии отличаются высокой зимостойкостью и устойчивостью к болезням, обильным длительным цветением. В условиях континентального климата эту группу можно частично использовать в качестве замены плетистым розам благодаря цветению на однолетних побегах.

Изучение морфобиологических признаков (диаметр цветка, число лепестков, длина цветоноса, высота куста) проводили в течение пяти летних сезонов 2017–2021 гг. Исследование выполнялось на участке ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» USU 440534 (54°49'13.8" N, 83°06'13.3" E). Для оценки морфобиологических признаков применялись стандартные методики (Методика государственного сортоиспытания..., 1968; Клименко и др., 2019; Супрун, 2021). Фенологические наблюдения проводили по методике, разработанной И.Н. Бейдеманом (1974), с модификациями (Фомина, 2012). Для сравнения достоверности отличий по метрическим признакам использовали *t*-критерий Стьюдента (Haunes, 2013). Среднее значение показателя и ошибка среднего значения ($M \pm \bar{x}$) вычислялись по 20 показателям.

Для выделения ДНК применяли СТАВ метод с некоторыми модификациями (Doyle J.J., Doyle J.L., 1987). Амплификация выполнялась по следующей программе: первичная денатурация при 95 °С в течение 2 мин; далее 35 циклов амплификации – 20 с при 94 °С для денатурации; 45 с – отжиг праймеров; 1.5 мин – элонгация при 72 °С; финальная элонгация в течение 7 мин при 72 °С. Дальнейшее электрофоретическое разделение продуктов амплификации выполняли в 1–1.5 % агарозном геле в 1× TBE-буфере по стандартной методике (Vasilyeva et al., 2020). Характеристика и температура отжига ISSR-праймеров, использованных в работе, приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика ISSR-праймеров, использованных при изучении сортов роз грандифлора и роз Кордеса

Праймер	Последовательность	Температура отжига, °С
HB12	(CAC) ₃ GC	42
17899B	(CA) ₆ GG	42
UBC807	(AG) ₈ T	52
UBC834	(AG) ₈ YT	60
UBC855	(AC) ₈ YT	50
M2	(AC) ₈ YG	50

Количественную оценку полиморфизма маркеров и определение уровня дивергенции между изученными формами проводили с использованием бинарной матрицы. Наличие или отсутствие ПЦР-фрагментов одинакового размера обозначали как 1 или 0. Для статистической обработки данных применяли программу TREECON (Van de Peer, Wachter, 1994). Генетические дистанции рассчитывали по формуле

$$GD_{xy} = 1 - 2N_{xy}/(N_x + N_y),$$

где N_{xy} – число общих фрагментов для образцов x и y ; N_x и N_y – число фрагментов для образцов x и y соответственно (Nei, Li, 1979).

При построении дендрограмм распределения ISSR-маркеров использовался алгоритм «ближайших соседей» с бутстреп-поддержкой не менее 100. Уровень полиморфизма (P, %) каждого праймера рассчитывали по формуле

$$P = 100 \times N_p/N,$$

где N_p – число полиморфных фрагментов; N – общее число фрагментов.

Результаты

Веgetационный период у роз в условиях Сибири делится на следующие этапы: отрастание, формирование побегов текущего года, бутонизация, первое (I) и второе (II) цветение, отцветание. В более благоприятных климатических условиях некоторых преимущественно южных регионов России у сортов садовых роз наблюдается третье (III) цветение. Среднеголетние данные (2017–2022 гг.) фенологических наблюдений за сортами роз из садовых групп грандифлора и кордезии показали, что группа грандифлора отличается более ранним отрастанием побегов, чем кордезии, несмотря на то что зимнее укрытие со всей коллекции снимается одновременно (табл. 2). Период дальнейшего формирования генеративных побегов первого цветения у роз Кордеса более растянут, что обусловлено образованием мощных побегов с большим, чем у грандифлора, числом междоузлий. Повторное цветение роз Кордеса менее продолжительное.

Среди изученных образцов наиболее раннее цветение наблюдается у зарубежных сортов Love и Queen Elizabeth в группе грандифлора. Время вступления в фазу цветения сорта Queen Elizabeth в среднем наступает на 61-й день с момента снятия зимних укрытий роз и начала вегетации, что достоверно ($p < 0.01$) отличается от всех исследован-

Таблица 2. Среднеголетние фенофазы сортов роз из садовых групп грандифлора и розы Кордеса (Новосибирск, 2017–2021 гг.)

Сорт	Отрастание	Начало бутонизации	Первое цветение			Второе цветение		
			Начало	Окончание	Продолжительность, дней	Начало	Окончание	Продолжительность, дней
Группа грандифлора								
Гурзуф	07.05 ± 2	17.06 ± 2	09.07 ± 2	24.07 ± 4	16	12.08 ± 4	07.10 ± 2	57
Лезгинка	04.05 ± 4	15.06 ± 2	12.07 ± 2	30.07 ± 3	19	17.08 ± 2	22.09 ± 3	37
Коралловый сюрприз	05.05 ± 3	09.06 ± 2	07.07 ± 3	27.07 ± 2	21	12.08 ± 3	10.10 ± 2	60
Queen Elizabeth	02.05 ± 3	05.06 ± 3	26.06 ± 3	14.07 ± 2	19	03.08 ± 2	02.10 ± 3	61
Комсомольский огонёк	04.05 ± 2	18.06 ± 2	09.07 ± 2	25.07 ± 3	17	21.08 ± 2	28.09 ± 3	39
Love	05.05 ± 3	07.06 ± 3	29.06 ± 4	22.07 ± 2	24	14.08 ± 3	03.10 ± 4	51
Группа кордесий								
Летние звёзды	10.05 ± 3	20.06 ± 2	09.07 ± 3	28.07 ± 2	20	18.08 ± 3	21.09 ± 3	35
Dortmund	08.05 ± 2	23.06 ± 4	14.07 ± 2	31.07 ± 3	18	24.08 ± 4	26.09 ± 3	33
Гуцулочка	10.05 ± 4	20.06 ± 3	08.07 ± 3	03.08 ± 3	27	19.08 ± 3	19.09 ± 3	32

Таблица 3. Морфологические признаки сортов роз из садовых групп грандифлора и розы Кордеса

Сорт	Диаметр цветка, см	Кол-во лепестков, шт.	Длина цветоноса, см	Высота куста, см
Группа грандифлора				
Queen Elizabeth	8.75 ± 0.22	29.92 ± 0.71	41.33 ± 2.20	63.67 ± 1.36
Коралловый сюрприз	9.27 ± 0.18	24.75 ± 0.81	45.25 ± 2.37	65.95 ± 1.33
Гурзуф	10.24 ± 0.19	35.65 ± 0.91	51.95 ± 1.71	78.15 ± 1.80
Лезгинка	8.97 ± 0.23	25.20 ± 0.79	68.45 ± 1.62	85.50 ± 1.44
Love	9.42 ± 0.20	32.85 ± 0.84	53.50 ± 1.38	70.20 ± 1.92
Комсомольский огонёк	7.92 ± 0.14	21.25 ± 0.64	50.17 ± 1.91	73.25 ± 2.68
Группа кордесий				
Dortmund	7.58 ± 0.17	6.75 ± 1.66	90.42 ± 2.94	117.00 ± 1.64
Гуцулочка	6.80 ± 0.17	25.60 ± 0.98	44.20 ± 2.30	80.20 ± 1.80
Летние звёзды	8.20 ± 0.17	42.15 ± 1.60	41.00 ± 1.95	64.80 ± 1.36

ных в работе сортов, кроме сорта Love, который по этому показателю близок к Queen Elizabeth. Остальные сорта зацветают на 72–79-й день с начала вегетации. Самое позднее первое цветение в группе грандифлора наблюдается у сортов Лезгинка и Комсомольский огонёк. При изучении фенологических фаз было отмечено, что среди сортов группы грандифлора Комсомольский огонёк позже всех вступает в фазу бутонизации, приближаясь по этому показателю к розам Кордеса. Кроме того, вторичное цветение у этого сорта наступает позднее, чем у остальных представителей группы грандифлора, и сходно с сортами роз из группы Кордеса. Феноритмика¹ сорта Комсомоль-

ский огонёк оказалась наиболее близкой к сорту Dortmund из группы кордесий (см. табл. 2).

У исследуемых сортов были изучены морфологические признаки: диаметр цветка, число лепестков, длина цветоноса, высота куста. Сорта сравнивались отдельно по садовым группам согласно классификации Всемирной федерации обществ розоводов (WFRS). При этом сорт Комсомольский огонёк достоверно отличался от остальных сортов по морфологическим признакам (табл. 3).

У сорта Комсомольский огонёк выявлены статистически достоверные различия ($p < 0.05$) по всем признакам с сортами Queen Elizabeth и Лезгинка, а также по трем признакам с сортом Коралловый сюрприз (диаметр цветка, количество лепестков и высота куста). Сравнение с сортами Гурзуф и Love тоже показало статистически достоверное различие ($p < 0.05$) по двум признакам (диа-

¹ Феноритмика – фенологические ритмы роста и развития организмов, приспособленные к сезонной ритмике экологических факторов и выражающиеся в четком чередовании фенологических фаз. Чередование фенофаз иллюстрируется феноспектрами (Дедю, 1989).

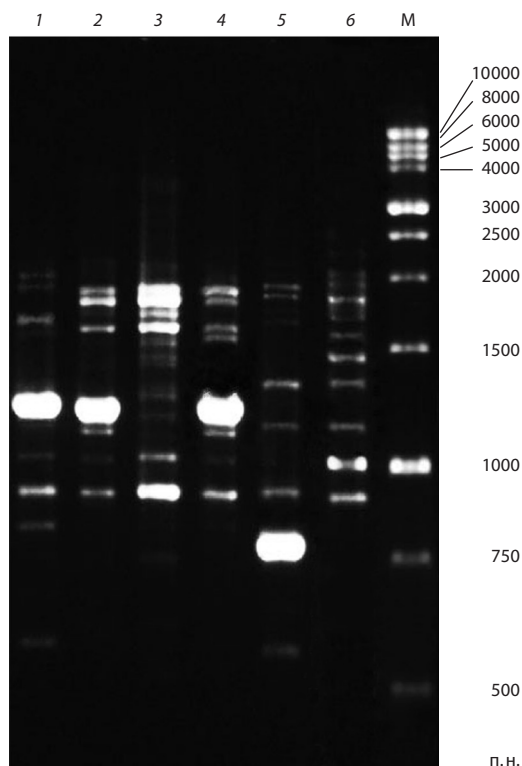


Рис. 1. Электрофореграмма продуктов ПЦР, полученных при амплификации ДНК образцов роз из садовой группы грандифлора и ISSR-праймера HB12.

1 – Комсомольский огонёк, 2 – Queen Elizabeth, 3 – Коралловый сюрприз, 4 – Лезгинка, 5 – Гурзуф, 6 – Love; М – ДНК-маркер.

метр цветка, количество лепестков). Изучение сорта Комсомольский огонёк по фено- и морфологическим признакам дало основание предположить, что сорт целесообразно относить к группе грандифлора, поскольку он отличается маленьким диаметром цветка, небольшим количеством лепестков, приближаясь по этим показателям к розам Кордеса.

Однако при сравнении сорта Комсомольский огонёк по морфометрическим признакам с сортами из группы кордезий выявлены статистически достоверные различия ($p < 0.05$). Так, Комсомольский огонёк достоверно отличается от сортов Dortmund и Летние звёзды по количеству лепестков, длине цветоноса и высоте куста, а от сорта Гуцулочка – по диаметру цветка, количеству лепестков и высоте куста.

На основании проведенных оценок по фенологическим фазам и морфометрическим признакам установлено, что сорт Комсомольский огонёк отличается как от сортов своей группы, так и от сортов группы Кордеса. Для оценки степени родства мы использовали метод ISSR-маркирования.

При сравнении сортов группы грандифлора была проведена амплификация ДНК образцов с шестью ISSR-праймерами и идентифицированы 122 ПЦР фрагмента длиной от 250 до 3000 п. н., из которых 109 были полиморфными (см. табл. 1). Число фрагментов амплификации варьировало от 18 (маркеры HB12 и UBC834) до 23 (17899В)

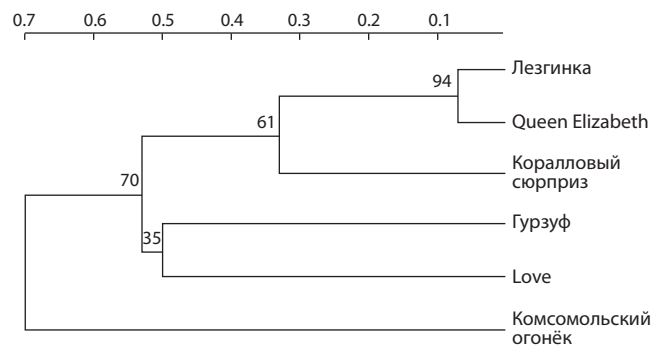


Рис. 2. Дендрограмма, построенная методом ближайших соседей на основе данных ПЦР для сортов из группы грандифлора.

Цифры в узлах показывают уровень статистической поддержки ветвей (бутстреп), цифры вверх – генетическую дистанцию.

(рис. 1). Уровень полиморфизма, выявляемого отдельно взятым праймером, варьировал от 77.8 % (маркер HB12) до 94.4 % (UBC855) и в среднем составил 91.42 %.

По результатам ISSR-маркирования образцы разделились на три кластера (рис. 2). В первый кластер вошли сорта Лезгинка, Queen Elizabeth и Коралловый сюрприз, во второй – сорта Гурзуф и Love. Комсомольский огонёк был наиболее удален от других сортов и образовал отдельную ветвь. Сорт Queen Elizabeth, полученный в середине XX в., широко использовался в селекции. По всей вероятности, он являлся родительской формой при создании сорта Лезгинка, выведенного в Никитском ботаническом саду в 2005 г. Об этом может свидетельствовать генетическая дистанция (0.1) с высоким уровнем статистической поддержки (>90)².

На следующем этапе нашей работы мы сравнили сорт Комсомольский огонёк с сортами из группы кордезии. При изучении этого материала выявлено 103 амплифицированных фрагмента длиной от 350 до 2000 п. н., из которых 97 были полиморфными. Суммарное число идентифицированных фрагментов варьировало от 15 (UBC855) до 19 (HB12) (рис. 3). Уровень полиморфизма, выявляемого отдельно взятым праймером, варьировал от 88.9 % (праймер 17899В) до 100 % (M2) и в среднем равнялся 94.25 %.

Сравнение сорта Комсомольский огонёк с кордезиями по ISSR-маркерам показало отсутствие близкого родства между ними (рис. 4). С высокой достоверностью наибольшее родство выявлено у сортов Dortmund и Летние звёзды. По-видимому, Dortmund использовался в качестве родительской формы в данной паре. Сорт Гуцулочка тоже родственен сортам Dortmund и Летние звёзды, но отстоит дальше и достоверность их общности несколько ниже. Эти три сорта из группы кордезий сформировали отдельный кластер.

Таким образом, результаты молекулярного анализа, а также изучение фено- и морфометрических показателей сортов групп грандифлора и кордезии свидетельствуют о том, что сорт Комсомольский огонёк отличается от сортов обеих групп.

² Мера статистической достоверности для узла >70 (с вероятностью более 95 %) рассматривается как высоконадежная.

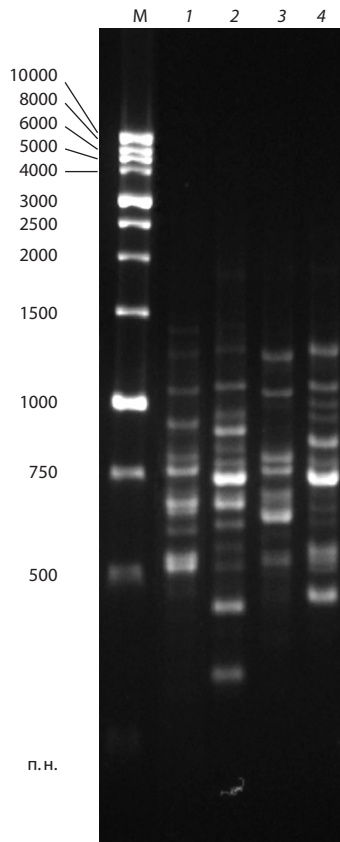


Рис. 3. Электрофореграмма продуктов ПЦР, полученных при амплификации ДНК образцов роз из садовой группы кордезии и ISSR-маркера UBC855.

1 – Dortmund, 2 – Летние звёзды, 3 – Комсомольский огонёк, 4 – Гуцулочка; М – ДНК-маркер.

Обсуждение

Система классификации садовых роз на протяжении последних 50 лет совершенствовалась и претерпевала различные изменения. До 1970-х гг. мировой сортимент садовых роз составлял примерно 25000 сортов, которые подразделялись на 30 садовых групп (Былов и др., 1972). В 1980-х гг. (Клименко, Рубцова, 1986) наметилась тенденция к сокращению ранее выделенных садовых групп роз до 16 путем объединения. Одним из наиболее ярких примеров такого слияния стала группа Rambler (плетистые розы). В нее были объединены группы роз мультифлора (Multiflora) и вихурайана (Wichuraiana). Изначально сорта этих групп имели четкие различия, поскольку были созданы на основе двух разных видов, входящих в одну секцию *Synstylae*, – *Rosa multiflora* Thunb. и *R. wichuraiana* соответственно. В результате дальнейших скрещиваний между сортами этих

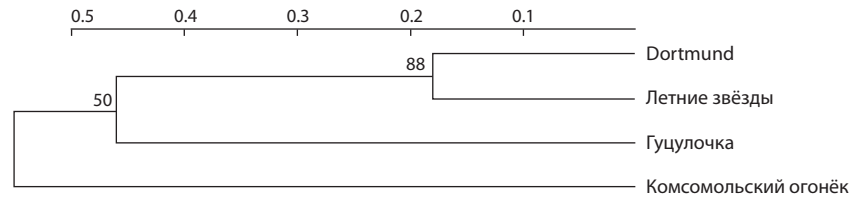


Рис. 4. Дендрограмма, построенная на основе данных ISSR-маркирования сортов роз Кордеса.

Цифры в узлах показывают уровень статистической поддержки ветвей (бутстреп), цифры вверху – генетическую дистанцию.

групп были получены сорта с признаками, общими для исходных видов, и явное разграничение между садовыми группами исчезло. Примечательно, что современные молекулярно-генетические исследования (Cui et al., 2020) по-прежнему подтверждают различие между исходными видами.

Генетические исследования, касающиеся уточнения таксономических, филогенетических отношений у роз, в настоящее время интенсивно развиваются. Так, представлены разработки генетических, геномных и транскриптомных инструментов для роз, с помощью которых можно изучать молекулярные механизмы, лежащие в основе создания некоторых видов роз (Bendahmane et al., 2013; Duta-Cornescu et al., 2017; Li et al., 2018). В частности, проведена оценка генетического родства розы Таиф с некоторыми генотипами роз (*Rosa* sp.) на основе случайной амплифицированной полиморфной ДНК, маркеров простого повтора последовательности *inter* и простого повтора последовательности *simple* (El-Assal et al., 2014), а китайские ученые идентифицировали транскрипты, общие для розоцветных, которые должны помочь прояснить филогенетические взаимоотношения розоцветных растений (Li et al., 2018).

Интродукция и селекция роз имеют долгую и сложную историю. Виды роз скрещивались в совершенно разных регионах мира, таких как Европа, Азия и Ближний Восток. В процессе одомашнивания было отобрано несколько признаков, влияющих на качество цветка: периодическое цветение, махровые цветки, окраска лепестков и аромат (Bendahmane et al., 2013). Стимулирование цветения, долговечности цветков, создание новизны в структуре цветков, цветовой гамме и ароматах являются основными задачами селекции декоративных растений. Методы редактирования генома открывают дополнительные возможности изучения функции генов и выведения новых сортов для производства роз в цветочной промышленности (Giovannini et al., 2021). Данные о генетической структуре популяций вида, рода или семейства позволяют рациональнее использовать имеющийся генофонд за счет оптимизации подбора исходных селекционных форм.

За последние два десятилетия у розы были изучены молекулярные основы производства цветочных ароматов, а также их генетическое наследование, что представляет собой полезную информацию как для изучения, так и для улучшения производства цветочного аромата (Yan et al., 2014; Shi, Zhang, 2022). В итоге, как результат комплексных исследований французских, китайских и немецких ученых, был секвенирован геном чайной розы (*R. chinensis*) – вида-прародителя многих современных сортов роз, и обнаружены гены, предположительно отвечающие за ремонтантность (способность к многократному цветению в течение сезона). Выяснилось, что синтез летучих веществ, которые придают цветку аромат и пигменты, ответственные за цвет, координируется одним и тем же тандемом белка и некодирующей микроРНК (Raymond et al., 2018).

Заключение

В настоящее время насчитывается уже свыше 40000 сортов садовых и парковых роз, которые подразделяются на 36 садовых групп. В этом гигантском мировом ассортименте многие сорта роз часто не имеют четкого подтверждения их происхождения; например, о происхождении сорта Dort-

mund в каталогах есть лишь указание: Сеянец × *R. kordesii*. Поэтому при создании научных коллекций и коллекционных генофондов большое значение приобретает паспортизация сортов. Межсортная гибридизация роз в пределах одной садовой группы во многом исчерпала себя. Требуется поиск сортов, в первую очередь среди групп чайно-гибридные, флорибунда и грандифлора, характеризующихся высокой декоративностью, но выделяющихся по морфологическим, ритмологическим признакам и резистентности для использования в селекции в качестве отцовских и материнских форм.

В данной работе были исследованы сорта роз из биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН (USU 440534), относящиеся к группе грандифлора и розы Кордеса. У выделяющегося по молекулярно-генетическим, фено- и морфологическим признакам из группы грандифлора сорта Комсомольский огонёк не обнаружено близкого родства с изученными сортами кордезии, хотя по размеру цветка и феноритмике он ближе к кордезиям.

Сорта, фенотипически отличающиеся от общей массы и обладающие рядом ценных признаков – прежде всего зимостойкостью, устойчивостью к грибным болезням, а также декоративностью, ремонтантным и продолжительным цветением, являются ценнейшим селекционным материалом для создания новых сортов. По результатам наших исследований именно Комсомольский огонёк может быть рекомендован для активного вовлечения в селекционную работу при создании сортов роз для регионов с суровыми климатическими условиями. Выявленный полиморфизм по ISSR-маркерам у изученных сортов роз в дальнейшем может быть использован для молекулярно-генетической паспортизации, что является необходимым этапом для учета и сохранения генофонда ценных сортов. К преимуществам ISSR-маркеров при описании генофондов различных видов культурных растений относятся полилокусность, наличие большого количества продуктов амплификации, полученных в полимеразной цепной реакции, и исключение процедуры секвенирования в полиакриламидных гелях.

Список литературы / References

Адрицкая Н.А., Капелян А.И. Сравнительная оценка зимостойкости и декоративности различных сортов роз в розарии ботанического сада Петра Великого. *Изв. С.-Петербург. гос. аграр. ун-та*. 2022;2(67):48-58. DOI 10.24412/2078-1318-2022-2-48-58 [Adritskaya N.A., Kapelyan A.I. Comparative assessment of winter hardiness and decorative properties of various varieties of roses in the rose garden of the Botanical Garden of Peter the Great. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Proceedings of the Saint Petersburg State Agrarian University*. 2022;2(67):48-58. DOI 10.24412/2078-1318-2022-2-48-58 (in Russian)]

Аннотированный каталог цветочно-декоративных растений коллекции Никитского ботанического сада. Т. I. Коллекции розы садовой, клематиса, сирени. Симферополь: АРИАЛ, 2018 [Annotated Catalog of Ornamental Plants from the Collection of the Nikita Botanical Garden. Vol. I. Collections of garden roses, clematis, and lilacs. Simferopol: ARIAL Publ., 2018 (in Russian)]

Бардакова С.А. Влияние неблагоприятных климатических условий на рост и развитие садовых роз в Ставропольском Ботаническом саду. *Вестн. АПК Ставрополя*. 2017;1(25):120-122 [Bardakova S.A. Influence of adverse climatic conditions on the growth and development of garden roses in the Stavropol Botani-

cal Garden. *Vestnik APK Stavropolya = Agricultural Bulletin of the Stavropol Region*. 2017;1(25):120-122 (in Russian)]

Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974 [Beideman I.N. Methodology for Studying the Phenology of Plants and Plant Communities. Novosibirsk: Nauka Publ., 1974 (in Russian)]

Былов В.Н., Штанько И.И., Юдинцева Е.В., Михайлов Н.Л. Розы. Краткие итоги интродукции. М.: Наука, 1972 [Bylov V.N., Shtanko I.I., Yudinseva E.V., Mikhailov N.L. Roses. Summary of introduction. Moscow: Nauka Publ., 1972 (in Russian)]

Васильева О.Ю. Интродукция роз в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1999 [Vasilyeva O.Yu. Introduction of Roses in Western Siberia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1999 (in Russian)]

Городня Е.В. Перспективный сортимент роз для использования в озеленении и селекции в условиях предгорной зоны Крыма. *Учен. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия*. 2014;27(5):29-37 [Gorodnyaya E.V. A promising assortment of roses for use in landscaping and breeding in the foothill zone of Crimea. *Uchenye Zapiski Tavricheskogo Natsyonalnogo Universiteta imeni Vernadskogo. Seriya Biologiya, Khimiya = Proceedings of the Vernadsky Taurida National University. Series: Biology, Chemistry*. 2014;27(5):29-37 (in Russian)]

Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев, 1989 [Dedu I.I. Ecological Encyclopedic Dictionary. Kishinev, 1989 (in Russian)]

Дорогина О.В., Жмудь Е.В. Молекулярно-генетические методы в экологии растений. *Сиб. экол. журн*. 2020;27(4):416-432. DOI 10.15372/SEJ20200402 [Dorogina O.V., Zhmud E.V. Molecular-genetic methods in plant ecology. *Contemporary Problems of Ecology*. 2020;13(4):333-345. DOI 10.1134/S1995425520040058]

Капелян А.И. Привитые и корнесобственные розы в Ботаническом саду Петра Великого. *Сб. науч. трудов Гос. Никитского ботан. сада*. 2017;145:271-274 [Kapelyan A.I. Grafted and own-rooted roses in the Saint Petersburg Botanical Garden. *Collection of Scientific Works of the Nikita State Botanical Garden*. 2017;145:271-274 (in Russian)]

Клименко З.К. Итоги многолетней работы (1824–2010 гг.) по селекции садовых роз в Никитском ботаническом саду. *Бюл. Гос. Никитского ботан. сада*. 2010;100:49-55 [Klimenko Z.K. The results of long-term work (1824–2010) on the breeding of garden roses in the Nikita Botanical Garden. *Byulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada = Bulletin of the Nikita State Botanical Garden*. 2010;100:49-55 (in Russian)]

Клименко З.К., Рубцова Е.Л. Розы. Киев: Наук. думка, 1986 [Klimenko Z.K., Rubtsova E.L. Roses. Kyiv: Naukova dumka Publ., 1986 (in Russian)]

Клименко З.К., Васильева О.Ю., Зорина Е.В., Дзюба О.В. Эколого-географическое испытание садовых роз в трех климатических зонах. *Самар. науч. вестн*. 2019;8(1):36-42. DOI 10.24411/2309-4370-2019-11105 [Klimenko Z.K., Vasilyeva O.Yu., Zorina E.V., Dzyuba O.V. Ecological and geographical testing of garden roses in three climatic zones. *Samarskiy Nauchnyi Vestnik = Samara Journal of Science*. 2019;8(1):36-42. DOI 10.24411/2309-4370-2019-11105 (in Russian)]

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 6. Декоративные культуры. М.: Колос, 1968 [Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. Iss. 6. Ornamental crops. Moscow: Kolos Publ., 1968 (in Russian)]

Пашина М.В. Ритмы роста и развития садовых роз в условиях лесостепного Прииртышья. *Вестн. ИрГСХА*. 2011;6(44):110-116 [Pashina M.V. Rhythms of growth and development of garden roses in the Irtysh forest-steppe. *Vestnik IrGSHA*. 2011;6(44):110-116 (in Russian)]

- Супрун Н.А. Комплексная оценка коллекции сортов роз Ботанического сада ВГСПУ. В: Труды по интродукции и акклиматизации растений. Ижевск, 2021;525-529
[Suprun N.A. Comprehensive assessment of the collection of rose varieties of the VSSPU Botanical Garden. In: Proceedings on the Introduction and Acclimatization of Plants. Izhevsk, 2021;525-529 (in Russian)]
- Тыщенко Е.Л. Перспективные садовые группы роз для использования в ландшафтных композициях на юге России. В: Науч. труды Сев.-Кавк. зонального науч.-исслед. ин-та садоводства и виноградарства. 2015;7:67-72
[Tyshchenko E.L. Promising garden groups of roses for use in landscaping in southern Russia. In: Scientific Works of the North Caucasian Zonal Research Institute for Horticulture and Viticulture. 2015;7:67-72 (in Russian)]
- Фомина Т.И. Биологические особенности декоративных растений природной флоры в Западной Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2012
[Fomina T.I. Biological Characteristics of Ornamental Plants of Natural Flora in Western Siberia. Novosibirsk: Acad. Publ. House "Geo", 2012 (in Russian)]
- Amom T., Nongdam P. The use of molecular marker methods in plants: a review. *Int. J. Cur. Res. Rev.* 2017;9(17):1-7. DOI 10.7324/IJCRR.2017.9171
- Bendahmane M., Dubois A., Raymond O., Bris M.L. Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. *J. Exp. Bot.* 2013;64(4):847-857. DOI 10.1093/jxb/ers387
- Cairns T. (Ed.) Modern Roses XI: The world encyclopedia of roses. New York: Acad. Press, 2007
- Cui W.H., Zhong M.C., Du X.Y., Qu X.J., Jiang X.D., Sun Y.B., Wang D., Chen S.Y., Hu J.Y. The complete chloroplast genome sequence of a rambler rose, *Rosa wichuraiana* (Rosaceae). *Mitochondrial DNA Part B.* 2020;5(1):252-253. DOI 10.1080/23802359.2019.1700198
- Doyle J.J., Doyle J.L. Genomic plant DNA preparation from fresh tissue-CTAB method. *Phytochem. Bul.* 1987;19(1):11-15
- Duta-Cornescu G., Pavlusenco C.-E., Pojoga D.M., Negulici M.E., Constantin N., Simon-Gruita A. Genetic analysis of some roses cultivars appropriate for S-E Romania climate using PCR-ISSR technology. *AgroLife Sci. J.* 2017;6(1):69-74
- El-Assal S.E.D., El-Awady M.A., El-Tarras A., Shehab G. Assessing the genetic relationship of Taif rose with some rose genotypes (*Rosa* sp.) based on random amplified polymorphic DNA, inter simple sequence repeat and simple sequence repeat markers. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 2014;10(1):88-98. DOI 10.3844/ajbbsp.2014.88.98
- Giovannini A., Laura M., Nesi B., Savona M., Cardi T. Genes and genome editing tools for breeding desirable phenotypes in ornamentals. *Plant Cell Rep.* 2021;40(3):461-478. DOI 10.1007/s00299-020-02632-x
- Haynes W. Student's t-test. In: Dubitzky W., Wolkenhauer O., Cho K.H., Yokota H. (Eds.) Encyclopedia of Systems Biology. New York: Springer, 2013;2023-2025. DOI 10.1007/978-1-4419-9863-7_1184
- Li S., Zhong M., Dong X., Jiang X., Xu Y., Sun Y., Cheng F., Li D.Z., Tang K., Wang S., Dai S., Hu J.Y. Comparative transcriptomics identifies patterns of selection in roses. *Plant Biol.* 2018;18(1):371. DOI 10.1186/s12870-018-1585-x
- Nei M., Li W.-H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1979;76(10):5269-5273. DOI 10.1073/pnas.76.10.5269
- Plugatar Yu.V., Klimenko Z.K., Plugatar S.A., Zykova V.K., Kravchenko I.N. Rambling roses in the landscape of the southern coast of the Crimea: historical traditions of their use. *Acta Hort.* 2018;1201:49-55. DOI 10.17660/ActaHortic.2018.1201.88
- Plugatar Yu.V., Klimenko Z.K., Zykova V.K., Plugatar S.A. Methods and results of roses breeding from different garden groups in the south of Russia. *Acta Hort.* 2019;1255:31-34. DOI 10.17660/ActaHortic.2019.1255.6
- Raymond O., Gouzy J., Just J., Badouin H., Verdenaud M., Lemainque A., Vergne P., Moja S., Choisine N., Pont C., ... Liu C., Le Bris M., Salse J., Baudino S., Benhamed M., Wincker P., Bendahmane M. The *Rosa* genome provides new insights into the domestication of modern roses. *Nat. Genet.* 2018;50(6):772-777. DOI 10.1038/s41588-018-0110-3
- Shi S., Zhang Z. Genetic and biochemical aspects of floral scents in roses. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(14):8014. DOI 10.3390/ijms23148014
- Van de Peer Y., Wächter R.D. TREECON for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. *Comput. Appl. Biosci.* 1994;10(5):569-570
- Vasilyeva O.Yu., Dorogina O.V., Yudanova S.S., Plugatar S.A., Klimenko Z.K. Identifying the rose varieties and natural forms using ISSR-markers. *BIO Web Conf.* 2020;24:00091. DOI 10.1051/bioconf/20202400091
- Yan H., Zhang H., Chen M., Jian H., Baudino S., Caissard J.C., Bendahmane M., Li S., Zhang T., Zhou N., Qiu X., Wang Q., Tang K. Transcriptome and gene expression analysis during flower blooming in *Rosa chinensis* 'Pallida'. *Gene.* 2014;540(1):96-103. DOI 10.1016/j.gene.2014.02.008

ORCID

S.S. Yudanova orcid.org/0000-0001-7547-0099
O.V. Dorogina orcid.org/0000-0001-5729-3594
O.Yu. Vasilyeva orcid.org/0000-0003-0730-3365

Благодарности. Исследования выполнены по комплексной программе фундаментальных научных исследований СО РАН, проект «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов» № АААА-А21-121011290025-2, с использованием материалов биоресурсной научной «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» USU 440534.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 28.06.2023. После доработки 11.12.2023. Принята к публикации 11.12.2023.