

КЛАССИФИКАЦИЯ СОРТОВ РОЗ (*ROSA* × *HYBRIDA* HORT.) НА ГРУППЫ, ОТЛИЧАЮЩИЕСЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Клемешова К. В.², Бударин А. А.¹, Белоус О. Г.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»

² Курортный район «Имеретинский»

г. Сочи, Россия, e-mail: klemeshova_kv@mail.ru

В статье рассмотрена возможность использования метода кластеризации для классификации сортов роз в сравнительно однородные по устойчивости группы (кластеры) по физиолого-биохимическим параметрам. Авторы подробно показывают этапы статистического анализа. С учётом поставленной цели выделения групп сортов по их устойчивости: трёх (устойчивые, среднеустойчивые и неустойчивые) или двух (устойчивые и неустойчивые), может задаваться и определенное число кластеров – 3 или 2. В результате установлено, что при большом количестве анализируемого лабораторного материала, возможно применение кластерного анализа для ускорения процесса классификации сортов на группы и форсирования обработки экспериментальных данных.

Ключевые слова: кластерный анализ, садовые розы, сорта, функциональная группа, физиологические параметры.

Благодаря селекционной работе, ежегодно на мировой рынок поступает большое количество новых сортов роз, характеризующихся непревзойдённой окраской, формой цветков, ароматом и сроками цветения, что позволяет подобрать подходящий ассортимент для озеленения города. Однако в летний период во влажных субтропиках России данная культура попадает в стрессовые условия, обусловленные повышенной солнечной инсоляцией, высокими температурами и относительной влажностью воздуха [3, 4]. В этой связи, устойчивость и сохранение декоративности сортов в конкретных природно-климатических условиях является одним из немаловажных их достоинств. Изучение адаптационных возможностей садовых роз выступает актуальным направлением работы с сортовым разнообразием.

Зачастую распределение сортов на группы, отличающиеся устойчивостью к тем или иным факторам, бывает затруднено в связи с большим количеством получаемых параметров и сложностью в их анализе и интерпретации. А классификация по результатам наблюдения бывает

весьма субъективной и условной, так как опирается на оценку декоративности сорта, его новизны и проводится без учёта функциональных признаков и факторов, влияющих на устойчивость сорта к неблагоприятным погодным условиям.

В настоящий момент коллекция роз в институте включает 89 сортообразцов, относящихся к 15 садовым группам [4, 5]. Всего ассортимент устойчивых сортов для влажных субтропиков России насчитывает 64 таксона. Часть из них отличается относительной устойчивостью к наиболее опасным грибным патогенам, высокой декоративностью, устойчивостью к неблагоприятным погодным факторам на побережье. Другая часть объединяет сорта неустойчивые к одному или нескольким стрессовым факторам.

На базе Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур в течение ряда лет проводятся комплексные исследования для разработки методики оценки культуры садово-парковых роз из функциональных групп крупноцветковых и кустовых на основе изучения их биологических особенностей [2, 3, 8]. Так, по результатам исследований уже разработаны шкалы градаций признаков для каждой функциональной группы с целью оценки декоративности сортообразцов [8].

В данной статье на основе анализа полученных данных рассмотрена возможность по физиолого-биохимическим параметрам сортов роз классифицировать их в сравнительно однородные по устойчивости группы с использованием метода кластеризации. Метод кластеризации использует несходство или расстояния между объектами при формировании кластеров. Наиболее часто используемый тип расстояния – евклидово расстояние, которое является простым геометрическим расстоянием. Чтобы определить расстояние между кластерами, мы использовали метод «ближайших соседей» [6, 7, 9, 11].

Статистический анализ, в том числе и кластерный, выполняли в программе STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02).

Для апробации возможности использования кластерного анализа для классификации сортов привлечены модельные сорта с известной степенью устойчивости к грибным заболеваниям, из функциональной группы кустовые: устойчивые сорта ‘Sangria’ (контроль) и ‘Knock Out’; среднеустойчивый сорт ‘Grang Hotel’ и не устойчивый – ‘Graham Thomas’ [1, 11]. В функциональной группе крупноцветковые: устойчивые к грибным заболеваниям сорта ‘Lover’s Meeting’ (контроль) и ‘Chrysler Imperial’, среднеустойчивый – ‘Grand Mogul’, не устойчивый сорт ‘Lady X’. Данные сорта махровые или полумахровые, и, за исключением ‘Graham Thomas’ и ‘Lady X’, характеризуются обильным, длительным цветением.

По физиологическим показателям из общей группы выделяется сорт ‘Graham Thomas’, характеризующийся небольшими количествами

фотосинтезирующих пигментов (Σ хл. и Σ кар.), низкими значениями хлорофилльного индекса (ХИ), невысокой активностью каталазы (КАТ), при повышенной активности пероксидазы (ПО) и тонкой листовой пластинкой (ТЛП), что приводит к ослабленному синтезу сухих веществ (СВ). Остальные сорта, как устойчивые, так и обладающие средней устойчивостью по физиолого-биохимическим параметрам довольно выровнены, о чем свидетельствует просчёт коэффициента вариации (табл. 1).

Таблица 1

**Физиолого-биохимические
параметры, характеризующие модельные сорта роз**

Параметры	Модельные сорта								V, %
	'Sangria'	'Lady X'	'Grand Hotel'	'Graham Thomas'	'Lover's Meeting'	'Chrysler imperial'	'Grand Mogul'	'Knok Out'	
СВ, %	37,67	35,18	39,82	32,55	38,32	35,60	34,52	38,04	7
Σ хл., мг/г	1,65	1,79	2,08	1,28	1,92	1,65	2,01	2,25	17
Σ кар., мг/г	0,74	0,81	0,94	0,58	0,86	0,75	0,89	0,99	16
Слa/Слb	3,26	3,13	3,06	3,06	3,07	3,25	3,06	3,16	3
Σ хл./ Σ кар.	2,24	2,24	2,22	2,19	2,22	2,21	2,25	2,29	1
ХИ, г хлороф./м ²	1,06	0,76	0,93	0,52	0,77	0,74	0,97	1,09	22
ПО, мл/г	0,45	0,34	0,80	1,27	0,30	0,69	0,66	0,75	47
КАТ, млО ² /г	211,55	213,51	214,24	193,93	211,44	211,20	210,76	213,89	3
ТЛП, мм	0,31	0,27	0,30	0,22	0,27	0,25	0,30	0,27	10

Как известно, если коэффициент вариации меньше 10 %, то степень рассеивания данных считается незначительной, от 10 до 20 % – средней, больше 20 % – значительной. В нашем случае, значительные различия между сортами наблюдаются только по показателям ХИ и ПО. Это подтверждает вывод, сделанный Клемешовой К. В., Будариным А. А. и Карпун Н. Н. (2017), при разработке методики комплексной оценки садово-парковых роз о том, что такие показатели как хлорофилловый индекс (ХИ) и содержание пероксидазы (ПО) могут использоваться для оценки адаптивного потенциала садово-парковых роз в любое время, с мая по август.

Для установления зависимости между показателями и выбраковки данных, наименее значимых для использования в дальнейшем кластерном анализе, мы провели корреляционный анализ всех, полученных нами, физиолого-биохимических параметров для поиска наиболее коррелирующих показателей (табл. 2).

**Коэффициенты парной корреляции
между физиолого-биохимическими параметрами,
характеризующими модельные сорта роз**

	СВ, %	Σ хл., мг/г	Σ кар., мг/г	С1а/ С1б	Σ хл./ Σ кар.	ХИ, г хлор- роф./ м ²	ПО, мл/г	КАТ, млО ² /г	ТЛП, мм
СВ, %	1,00								
Σ хл., мг/г	0,68	1,00							
Σ кар., мг/г	0,70	1,00	1,00						
С1а/С1б	0,10*	-0,17	-0,19	1,00					
Σ хл./ Σ кар.	0,35	0,79	0,75	0,16	1,00				
ХИ, г хлороф./м ²	0,63	0,74	0,72	0,30	0,84	1,00			
ПО, мл/г	-0,44	-0,38	-0,39	-0,28	-0,35	-0,38	1,00		
КАТ, млО ² /г	0,72	0,79	0,80	0,28	0,63	0,71	-0,74	1,00	
ТЛП, мм	0,61	0,60	0,61	0,05	0,50	0,80	-0,57	0,73	1,00

Примечание: серым цветом выделены ячейки с низкой степенью корреляции ($\leq 0,5$)

В итоге, нами для дальнейшего анализа были отобраны только параметры со средней или высокой степенью корреляции (СВ, Σ хл., Σ кар., ХИ, КАТ и ТЛП).

Далее рассчитываем евклидово расстояние и формируем кластеры по каждой отдельной группе показателей. Для расчёта евклидового расстояния и формирования промежуточного кластера по принципу «ближнего соседа» объединяем два наблюдения, которые ближе всего друг к другу. После пересчёта расстояния между группами две наиболее близкие группы объединяем. Эту операцию повторяем до тех пор, пока не останется заданное число кластеров. Их количество определяется поставленной нами целью. Так, например, если мы хотим в дальнейшем выделять три группы сортов по их устойчивости (устойчивые, среднеустойчивые и неустойчивые), то заданное число кластеров будет равняться трём. В этом случае окончательный результат кластерного анализа будет иметь следующий вид (табл. 3).

Анализируя распределение сортов, получаем наиболее близко расположенные 'Grand Hotel', 'Lover's Meeting', 'Chrysler imperial', 'Knok Out' и 'Grand Mogul', 'Sangria' выделяется в отдельный кластер. Отдельные позиции у сортов 'Lady X' и 'Graham Thomas'.

Так как, в оптимальных условиях вегетации бывает трудно распределить сорта на группы «устойчивые», «среднеустойчивые» и «неустойчивые», можно выделять два кластера – «устойчивые» и «неустойчивые» сорта. В этом случае, наш анализ принимает следующий вид (табл. 4 и рис. 2).

Таблица 3

**Результат кластерного анализ сортов
по физиолого-биохимическим параметрам
(по трём заданным кластерам)**

Кластер	СВ, %	Σ хл., мг/г	Σ кар., мг/г	$\frac{\Sigma \text{хл.}}{\Sigma \text{кар.}}$	ХИ, г хлороф./м ²	КАТ, млО ² /г	ТЛП, мм
Устойчивые	36,85	1,852	0,831	2,231	0,869	212,12	0,285
Среднеустойчивые	38,04	2,249	0,985	2,286	1,088	213,89	0,269
Неустойчивые	32,55	1,276	0,581	2,189	0,521	193,93	0,222

Результаты иерархической классификации объектов представлены на рисунке 1 в виде дендрограммы.

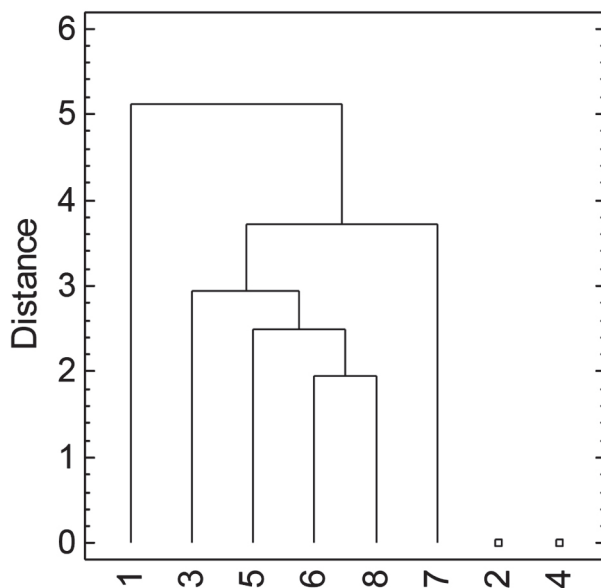


Рис. 1. Классификация сортов роз

на три кластера по степени их устойчивости к грибным заболеваниям, где:

1 – ‘Sangria’, 2 – ‘Lady X’; 3 – ‘Grand Hotel’; 4 – ‘Graham Thomas’;

5 – ‘Lover’s Meeting’; 6 – ‘Chrysler imperial’; 7 – ‘Grand Mogul’;

8 – ‘Knok Out’

Таблица 4

Результат кластерного анализ сортов по физиолого-биохимическим параметрам (по двум заданным кластерам)

Кластер	СВ, %	Σ хл., мг/г	Σ кар., мг/г	Σ хл./ Σ кар.	ХИ, г хлороф./м ²	КАТ, млО ² /г	ТЛП, мм
Устойчивые	37,02	1,909	0,853	2,239	0,901	212,37	0,282
Неустойчивые	32,55	1,276	0,582	2,189	0,522	193,93	0,222

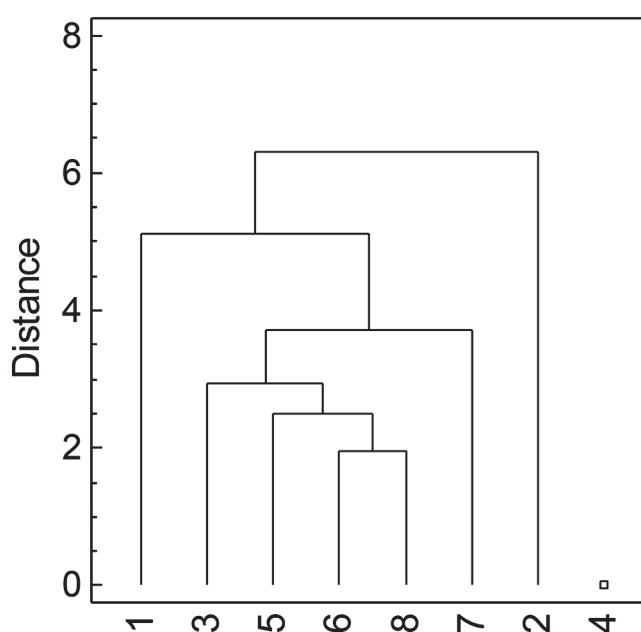


Рис. 2. Классификация сортов роз на два кластера по степени их устойчивости к грибным заболеваниям, где:
 1 – ‘Sangria’, 2 – ‘Lady X’; 3 – ‘Grand Hotel’; 4 – ‘Graham Thomas’;
 5 – ‘Lover’s Meeting’; 6 – ‘Chrysler imperial’; 7 – ‘Grand Mogul’;
 8 – ‘Knok Out’

В итоге, анализ полученных расчётов показал, что в одну наиболее близкую по физиолого-биохимическим показателям группу попадают сорта ‘Chrysler imperial’ и ‘Knok Out’, примыкают к ним сорта ‘Lover's Meeting’, ‘Grand Hotel’ и ‘Grand Mogul’, наиболее удалены сорта ‘Sangria’ и ‘Lady X’. Сорт ‘Graham Thomas’ занимает отдельный кластер, не связанный с остальными сортами.

Сравнивая оба результата, по устойчивости сорта можно разбить на группу «устойчивые»: ‘Grand Hotel’, ‘Lover’s Meeting’, ‘Chrysler imperial’, ‘Knok Out’; «слабоустойчивые»: ‘Sangria’, ‘Grand Mogul’ и «неустойчивые»: ‘Lady X’ и ‘Graham Thomas’. В оптимальный период вегетации сорта из группы устойчивые и слабоустойчивые могут быть объединены в один кластер.

Основным критерием кластеризации является то, что различия между кластерами должны быть более существенны, чем между наблюдениями, отнесёнными к одному кластеру. Для проверки достоверности кластеризации необходимо провести повторный дисперсионный анализ. Задача его проведения состоит в оценке существенности различий между группами (кластерами). Для этого необходимо определить групповые дисперсии, а затем по критерию Фишера с вероятностью 95 % проверить значимость различий между группами. В первом случае (табл. 3), мы получаем $F = 37,79 > F_{кр.} = 2,85$; во втором (анализ табл. 4): $F = 44,36 > F_{кр.} = 2,85$.

Таким образом, при большом количестве анализируемого лабораторного материала, возможно применение кластерного анализа для ускорения процесса классификации сортов на группы и ускорения обработки экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Белоус О.Г., Маляровская В.И. Использование кластерного анализа в сортовой диагностике субтропических растений // Горное сельское хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 81-87. – ISSN: 2410-2911.
2. Бударин А.А. Методы оценки садовых роз // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2012. – Вып. 46. – С. 30-34. – ISSN: 2225-3068.
3. Бударин А.А., Белоус О.Г., Маляровская В.И. Изменение ферментативной активности роз в зоне влажных субтропиков России // Научные исследования в субтропиках России: сб. трудов молодых уч-ных, аспирантов и соискателей. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2013. – С. 77-85. – ISBN: 978-5-904-533-19-9.
4. Бударин А.А., Клемешова К.В. Коллекция роз во Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. 47. – С. 53-56. – ISSN: 2073-4948.
5. Былов В.И., Михайлов Н.Л., Сурина Е.И. Розы. Итоги интродукции – М.: Наука, 1988. – 440 с.
6. Вятчинин Д.А. Нечеткие методы автоматической классификации. – Минск: Технопринт, 2004. – 219 с. – ISBN: 985-464-529-0.
7. Дюк В.А. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с. – ISBN: 5-947235-01-3.
8. Карпун Н.Н., Бударин А.А., Клемешова К.В. Сортовая устойчивость садовых роз к грибным болезням в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 55. – С. 145-152. – ISSN: 2225-3068.
9. Классификация и кластер / под ред. Дж. Вэн Райзина. – М.: Мир. – 1980. – 390 с.

10. Клемешова К.В., Белоус О.Г. Сортовая диагностика функционального состояния Актинидии сладкой. – Germany: LAP Lambert Academic Publishing. – 2013. – 54 с. – ISBN: 978-3-659-44008-3.

11. Олдендерфер М.С., Блэшфилд Р.К. Кластерный анализ. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / пер. с англ. под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика. – 1989. – 215 с.

CLASSIFICATION OF ROSE (*ROSA* × *HYBRIDA* HORT.) CULTIVARS INTO GROUPS WITH DIFFERENT RESISTANCE USING THE CLUSTERING METHOD

Klemeshova K. V.², Budarin A. A.¹, Belous O. G.¹

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops“

² Resort area “Imeretinsky”

c. Sochi, Russia, e-mail: klemeshova_kv@mail.ru

The paper considers possible use of the clustering method to classify rose cultivars into groups (clusters) relatively uniform in terms of resistance according to their physiological and biochemical parameters. The authors detail the stages of statistical analysis. Considering the goal, cultivar groups were allocated according to their resistance: three (resistant, medium resistant and not resistant) or two (resistant and not resistant), a certain number of clusters can be specified – 3 or 2. As a result, it was found that with a large amount of the analyzed laboratory material it is possible to use clustering to speed up the process of classifying cultivars into groups and stimulate the processing of experimental data.

Key words: clustering, garden roses, cultivars, functional group, physiological parameters.

УДК 635.9:58.02

doi: 10.31360/2225-3068-2018-67-50-58

АНАЛИЗ КОЛЛЕКЦИИ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЗИМНЕМ САДУ ВНИИЦиСК В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ

Козина Е. В., Яшмурзина Д. С.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: cvetovodstvo@vniisubtrop.ru

Произведён анализ устойчивости коллекции тропических и субтропических растений, культивируемых в зимнем саду ВНИИЦиСК к условиям низкой освещённости. Коллекция состоит из 39 семейств, 70 родов и 120 видов растений (в том числе разновидностей и форм). Растения разделены на три группы по их