

УДК 635.925:581.132

doi: 10.31360/2225-3068-2019-68-170-177

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ
ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ САДОВЫХ РОЗ**

Клемешова К. В.^{1,2}, Бударин А. А.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

Изучение сезонной динамики мощности пигментного комплекса в листьях садовых роз (*Rosa × hybrida hort.*) в течение 2016–2018 гг. позволило установить общие сезонные изменения в содержании зелёных пигментов и каротиноидов культуры, среднее содержание пигментов и их соотношение, отметить существенные отличия по ряду показателей в зависимости от сортовой принадлежности и функциональной группы. В результате проведённого анализа установлены сортовые различия в содержании основных фотосинтетических пигментов, а также установлены зависимости между характеристиками пигментного комплекса и погодными условиями влажных субтропиков России.

Ключевые слова: *Rosa × hybrida*, садовые розы, функциональная группа, пигментный комплекс, гидротермические условия, корреляция.

История садовых роз началась на стыке XVIII–XIX вв., когда в Европу из Юго-восточной Азии были завезены виды вечнозелёных теплолюбивых роз, отличающихся своеобразным ароматом лепестков, напоминающим запах чая. Эти розы обладали новыми декоративными качествами: кожистыми блестящими листьями, особым благородством формы бутонов и цветка и особенно важным свойством – ремонтантностью, то есть способностью к продолжительному и многократному цветению. Усилия селекционеров были направлены на создание новых сортов, которые бы совмещали в себе ремонтантность азиатских и морозостойкость европейских роз. Долгое время этого достичь не удавалось, и лишь в начале XIX века труды селекционеров увенчались успехом.

В настоящее время существует несколько тысяч садовых сортов и гибридов роз, происхождение их зачастую трудно отследить. Поэтому в основу современной классификации роз положено разделение на классы и условные группы на основе устойчивых садовых признаков, а не их видового происхождения [5]. Однако данные классификации трудно применимы в практике садово-паркового строительства, т. к. не несут в себе информацию о возможности использования того или иного сорта в различных типах насаждений. По результатам многолетних исследований (2010–2015 гг.) нами предложено объединять сорта садовых роз в группы по их функциональным признакам. Всего выделено 5 функциональных групп для региона – кустовые, крупноцветковые, многоцветковые, почвопокровные и плетистые розы. В практике садово-паркового строительства каждая группа занимает конкретную нишу и выполняет определённую функцию, такое объединение позволяет максимально полно раскрыть хозяйственные и биологические качества сорта [3].

В то же время максимального декоративного эффекта от сорта можно добиться, учитывая при размещении в ландшафте экологические потребности культуры. Большое значение имеет учёт требований растений к температурному и влажностному режимам, к условиям освещённости, притоку солнечной радиации к их поверхности, в частности, к листовому аппарату. В связи с этим актуальным является изучение физиологических показателей, в частности, динамики содержания фотосинтетических пигментов сортов садовых роз в зависимости от условий произрастания.

Цель исследований. Цель данной работы – изучить особенности содержания фотосинтетических пигментов в листьях различных сортов садовых роз во влажных субтропиках России для разработки методики комплексной оценки культуры в регионе.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являлись различные сорта садовых роз (*Rosa × hybrida hort.*), относящиеся к функциональным группам – кустовые, крупноцветковые, многоцветковые и почвопокровные розы.

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях садовых роз изучали в динамике на протяжении вегетационного периода (май – сентябрь) в 2016–2018 гг. Пигменты экстрагировали 100%-ным ацетоном из зрелых листьев растений (навеска 170 мг) методом А. А. Шлыка [14]. Содержание фотосинтетических пигментов определяли по спектрам поглощения (длины волн для хлорофилла *a* – 662 нм, хлорофилла *b* – 644, суммы каротиноидов – 440,5 нм), снятым на спектрофотометре ПЭ-5400ви (Россия). Количество пигментов в экстрактах рассчитывали по формулам, предложенным Циглером и Эгле [14, 15].

Измерение температуры воздуха и относительной влажности воздуха проводилось термогигрометром AR827, освещённость – цифровым люксметром AR813А.

Данные статистически обработаны по методу Б. А. Доспехова [4], с использованием пакета программ Microsoft Excel. В таблицах представлены средние значения и ошибки среднего.

Результаты исследований и их обсуждение. Значительная роль в формировании климата и теплового режима региона принадлежит Чёрному морю, которое летом сильно нагревается, аккумулируя в себе значительное количество тепла. Зимой это тепло постепенно отдаётся окружающему воздуху, что способствует медленному охлаждению почвы и воздуха, поэтому осень в регионе тёплая и продолжительная. Весной глубокие слои воды прогреваются значительно медленнее поверхности земли. В связи с чем, весна на побережье затяжная и прохладная. Годовой ход среднемесячных температур характеризуется плавностью. Общая сумма эффективных температур выше +10 °С достаточно высокая и составляет около 4 200 °С. Среднегодовое количество осадков (1 534 мм) равномерно распределено по тёплому и холодному периодам года [11]. Самыми сухими месяцами являются июнь-июль, самыми дождливыми – декабрь-январь. Несмотря на большое количество осадков, в регионе обычны засухи разного периода длительности, неблагоприятно влияющие на физиологическое состояние растений.

Содержание хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов клетки – является одним из биохимических показателей степени адаптации растений к экологическим условиям. Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях, их соотношение и отношение их суммы к

содержанию каротиноидов являются надёжными показателями физиологического состояния растений и индикаторами стресса. Высокая концентрация хлорофилла характерна для здоровых растений, тогда как содержание каротиноидов, как правило, увеличивается у растений под воздействием стресса.

Так, началу вегетационного периода (май) соответствует максимальное содержание хлорофиллов – 1,892 мг/г. Затем в конце июня – начале июля (после первичного стресса) отмечается резкий спад до 1,640 мг/г, далее в течение длительного стрессового периода показатели суммы хлорофиллов постепенно выравниваются (от 1,787 до 1,846 мг/г) и приближаются к уровню благоприятного по гидротермическим показателям периода. Среднее значение суммы хлорофиллов *a*, *b* – 1,810 мг/г сырого веса, закономерности содержания данной пигментной группы в листьях садовых роз не зависят от сорта и его принадлежности к той или иной функциональной группе. В динамике содержания группы каротиноидов не отмечается резких колебаний, минимальное значение отмечено, как и в случае хлорофиллов, в конце июня 0,756 мг/г, максимальное – 0,833 мг/г – в августе. В среднем в течение года данный показатель составляет 0,809 мг/г сырого веса.

В целом такие сезонные изменения свойственны большинству видов, выращиваемых в зоне влажных субтропиков. Связано это, в том числе, с условиями произрастания, что подтверждается и другими исследователями [1, 2, 6–13].

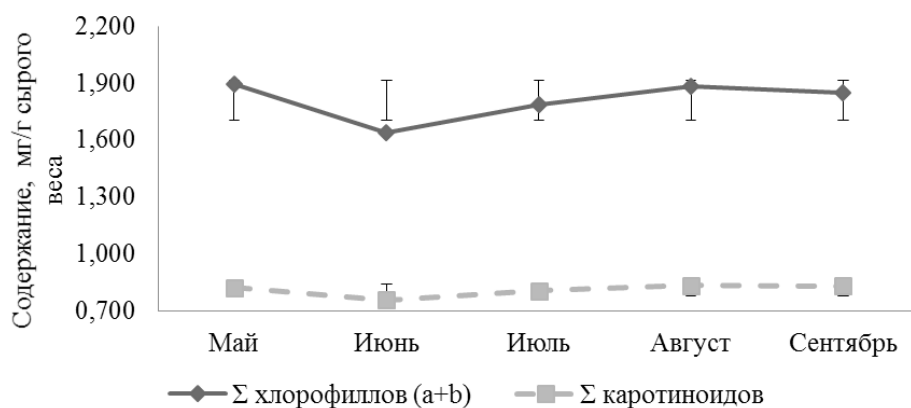


Рис. 1. Сезонное содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях сортов *Rosa × hybrida* различных функциональных групп, 2016–2018 гг.

При сезонной количественной оценке параметров накопления фотосинтетических пигментов проявляются сортовые отличия (табл. 1). Несмотря на то, что выявленные закономерности изменения содержания пигментов проявляются у всех исследуемых сортов *Rosa* × *hybrida*, устойчивые сорта в стрессовый период характеризуются меньшей лабильностью хлорофиллов при динамичном характере накопления каротиноидов.

Таблица 1

**Содержание фотосинтетических пигментов
в листьях сортов *Rosa* × *hybrida* различных
функциональных групп, 2016–2018 гг.**

Сорта	Σ хлор., мг/г	Σ карот., мг/г	Chl a/Chl b	$\frac{\Sigma \text{хлор.}}{\Sigma \text{карот.}}$
<i>гр. Кустовые розы</i>				
‘Sangria’	1,654 ±0,18	0,740 ±0,08	3,257 ±0,42	2,239 ±0,11
‘Knock Out’	2,249 ±0,27	0,985 ±0,12	3,163 ±0,40	2,286 ±0,09
‘Grand Hotel’	2,083 ±0,27	0,938 ±0,12	3,059 ±0,38	2,222 ±0,09
‘Graham Thomas’	1,334 ±0,33	0,608 ±0,14	3,049 ±0,43	2,189 ±0,14
<i>гр. Крупноцветковые розы</i>				
‘Lover’s Meeting’	1,916 ±0,27	0,863 ±0,12	3,073 ±0,43	2,221 ±0,11
‘Chrysler Imperial’	1,651 ±0,23	0,746 ±0,09	3,249 ±0,43	2,212 ±0,14
‘Grand Mogul’	2,014 ±0,32	0,893 ±0,14	3,061 ±0,41	2,255 ±0,11
‘Lady X’	1,795 ±0,21	0,806 ±0,10	3,135 ±0,36	2,229 ±0,12
<i>гр. Многоцветковые розы</i>				
‘Centenaire de Lourdes’	1,679 ±0,29	0,757 ±0,14	2,981 ±0,16	2,222 ±0,05
‘Eulalia Berridge’	1,904 ±0,27	0,871 ±0,12	3,428 ±0,18	2,186 ±0,04
‘Crimson Meillandecor’	1,431 ±0,18	0,651 ±0,08	3,235 ±0,12	2,198 ±0,01
‘La Sevillana’	1,471 ±0,19	0,643 ±0,08	3,474 ±0,19	2,290 ±0,21
<i>гр. Почвопокровные розы</i>				
‘Hello’	1,844 ±0,05	0,826 ±0,02	3,304 ±0,13	2,233 ±0,03
‘Heideschnee’	1,803 ±0,19	0,805 ±0,09	3,353 ±0,18	2,242 ±0,02
‘Magic Meillandecor’	1,829 ±0,08	0,821 ±0,04	3,248 ±0,18	2,228 ±0,04
‘Rosy Cushion’	1,784 ±0,14	0,824 ±0,04	3,310 ±0,23	2,163 ±0,09

По содержанию пигментов листьев (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) выделяются сорта из функциональной группы почвопокровных роз, у которых данные физиолого-биохимические показатели выровнены и не зависят от сортовой принадлежности. В среднем по группе сумма хлорофиллов составляет $1,815 \pm 0,03$ мг/г сырого веса, каротиноидов – $0,819 \pm 0,01$ мг/г сырого веса. По показателям физиологического состояния (соотношения хлорофилл *a*/хлорофилл *b*, хлорофиллы/каротиноиды) также нет существенных различий внутри группы.

Внутри остальных функциональных групп сорта значительно отличаются по содержанию основных фотосинтетических пигментов, причём в группе кустовых роз различия между устойчивыми и неустойчивыми сортами существенны. Сумма хлорофиллов в группе кустовых роз колеблется в пределах от 1,334 до 2,249 мг/г, каротиноидов – от 0,608 до 0,985 мг/г. Крупноцветковые розы также имеют существенный разбег по сортам, сумма хлорофиллов в листьях роз данной группы составляют $1,844 \pm 0,16$ мг/г в среднем по сортам (от 1,795 до 2,014 мг/г), общее количество каротиноидов – $0,827 \pm 0,06$ мг/г сырого веса. Сорта из функциональной группы многоцветковых роз имели самые низкие средние показатели в целом по группе. Так, для них характерно общее содержание хлорофиллов в среднем 1,621 мг/г, и такое же низкое содержание каротиноидов – 0,731 мг/г.

По результатам исследований пигментного аппарата листьев садовых роз был проведён корреляционный анализ между содержанием фотосинтетических пигментов и гидротермическими условиями в изучаемые годы (табл. 2).

Таблица 2

**Коэффициент парной корреляции (*r*)
между содержанием фотосинтетических пигментов
в листьях сортов *Rosa* × *hybrida* различных функциональных
групп и факторами среды, 2016–2018 гг.**

Параметры	Температура воздуха, °C	Относительная влажность воздуха, %	Освещённость, лк
Σ хлорофиллов, мг/г	–0,62	–0,19*	–0,56
Σ каротиноидов, мг/г	–0,65	–0,11	–0,33
Chla/Chlb	0,18	0,31	0,59
Σ хлор./ Σкар.	–0,36	–0,25	–0,79

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

Установлено, что качественный и количественный состав пигментной системы листьев садовых роз подвержен изменению в течение вегетационного периода и зависит от погодных условий сезона. Отмечены зависимости между содержанием основных фотосинтетических пигментов и температурой воздуха ($r = -0,62 \dots -0,65$), и между освещённостью и показателями физиологического состояния, так, тесная отрицательная зависимость ($r = -0,79$) наблюдается между данным параметром и соотношением суммы хлорофиллы к каротиноидам.

Заключение. В целом по культуре садовых роз, содержание максимального количества зелёных пигментов в листьях соответствует благоприятному по гидротермическим показателям периоду, и составляет 1,892 мг/г сырого веса, среднее значение суммы хлорофиллов *a*, *b* – 1,810 мг/г сырого веса. В динамике содержания группы каротиноидов не отмечается резких колебаний, в среднем в течение года данный показатель составляет 0,809 мг/г сырого веса. Отмечены отличия в содержании пигментов листьев (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) между сортами внутри функциональных групп и между группами в целом. Установлены зависимости между качественным и количественным содержанием фотосинтетических пигментов и погодными условиями региона.

Библиографический список

1. Абиляфазова Ю.С. Устойчивость персика к стресс-факторам влажных субтропиков России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 6. – С. 40-42. – ISSN 2500-2082.
2. Белоус О.Г., Притула З.В. Характеристика пигментного аппарата растений чая в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и южное садоводство России: мат. и докл. Всерос. науч.-практ. конф. «Субтропическое растениеводство и южное садоводство», посвященные 115-й годовщине основания Сочинской сельскохозяйственной и садовой опытной станции и 75-летию юбилею создания опытно-коллекционного сада-музея «Дерево Дружбы», Сочи, 28-30 сентября, 2009 г. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2009. – Вып. 42. – Т. II. – С. 103-110.
3. Бударин А.А. Перспективные садовые группы роз для влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – Вып. 49. – С. 69-73. – ISSN 2225-3068.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Классификация роз [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Классификация_роз (дата обращения: 31.01.2019).
6. Клемешова К.В. Адаптивный потенциал актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa* Chevalier) в условиях влажных субтропиков России: дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2012. – 121 с.
7. Клемешова К.В., Белоус О.Г. Сортовая диагностика функционального состояния Актинидии сладкой: основные абиотические стрессоры, диагностические показатели и методика диагностики. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 64 p. – ISBN 978-3-659-44008-3.

8. Кожевникова А.М., Белоус О.Г. Характеристика пигментного аппарата листьев различных сортов фундука во влажных субтропиках России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2012. – Вып. 47. – С. 178-183. – ISSN 2225-3068.
9. Маляровская В.И., Белоус О.Г. Методическое пособие по использованию физиолого-биохимических параметров для оценки устойчивости вейгелы (*Weigela* × *Wagnera* L. H. Bailey) в условиях Черноморского побережья Краснодарского края // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 52. – С. 107-125. – ISSN 2225-3068.
10. Маляровская В.И., Белоус О.Г. Фотосинтетическая активность листьев *Hydrangea macrophylla* Ser. в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 61. – С. 167-173. – ISSN 2225-3068.
11. Мосияш А.С. Фенология субтропических культур в зависимости от погодных условий в Сочи // Сб. науч. раб. Сочинской опытной станции субтропических и южных плодовых культур. – 1963. – Вып. 17. – С. 62-80.
12. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абильфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 3. – С. 40-48. – ISSN 0131-6397.
13. Слепченко Н.А., Белоус О.Г. Некоторые физиологические особенности белоцветника летнего (*Leucojum aestivum* L.) в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – Т. 47. – № 3. – С. 86-89. – ISSN 0131-6397.
14. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.
15. Krause G.H., Wies E. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis // The Basis. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1991. – Vol. 42. – P. 313-349.

THE EFFECT OF HYDROTHERMAL FACTORS ON THE DYNAMICS OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENT CONTENT IN GARDEN ROSE LEAVES

Klemeshova K. V.^{1,2}, Budarin A. A.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

Seasonal dynamics of the pigment complex power in garden rose (*Rosa* × *hybrida* hort.) leaves was studied during 2016–2018, as a result it became possible to establish general seasonal changes in the content of green pigments and carotenoids of this culture, the average content of pigments and their ratio, noting significant differences in a number of indicators depending on a certain cultivar and a functional group. As a result of the analysis, we established some varietal differences in the main photosynthetic pigment content, as well as the dependencies between pigment complex characteristics and weather conditions specific for the Russian humid subtropics.

Key words: *Rosa* × *hybrida*, garden roses, functional group, pigment complex, hydrothermal conditions, correlation.