

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
УСТОЙЧИВОСТИ ХРИЗАНТЕМЫ САДОВОЙ  
К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ ВЛАЖНОГО  
СУБТРОПИЧЕСКОГО КЛИМАТА**

**Клемешова К.В., Габуева Т.Ю.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр  
Российской академии наук»,  
г. Сочи, Россия, e-mail: klemeshova\_kv@mail.ru

Фотосинтетические пигменты (хлорофилл *a*, *b* и каротиноиды) в листьях садовых хризантем варьируют в зависимости от сортовой принадлежности и условий культивирования. В фазу образования бутонов среднее по сортам значение хлорофиллов *a*, *b* выше в закрытом грунте на 0,026 мг/г сырого веса. С наступлением периода массового цветения среднее количество зелёных пигментов в закрытом грунте остаётся практически на прежнем уровне 1,956 ± 0,458 мг/г, в открытом – уменьшается до 1,784 ± 0,258 мг/г. Количество каротиноидов в фазу бутонизации в открытом грунте (0,361 ± 0,044 мг/г) несколько превышает данный показатель в закрытом грунте (0,351 ± 0,065 мг/г). С наступлением массового цветения в закрытом грунте среднее количество каротиноидов остаётся на прежнем уровне (0,357 ± 0,074 мг/г), а в открытом снижается на 3,6 % до 0,348 ± 0,046 мг/г. В результате отмечены более тесные зависимости: прямая между содержанием хлорофилла *b* и температурой воздуха ( $r = 0,66$ ); обратная между содержанием хлорофилла *b* и относительной влажностью воздуха ( $r = -0,65$ ). Установилась средняя обратная связь между содержанием каротиноидов и освещённостью ( $r = -0,50$ ).

**Ключевые слова:** хризантема садовая, влажные субтропики, закрытый и открытый грунт, лист, хлорофилл, каротиноиды.

Хризантемы, одни из древнейших декоративных культур, выращиваемые в странах Дальнего Востока на протяжении нескольких тысячелетий. Современное разнообразие сортов хризантемы с различными физиологическими и морфологическими свойствами связано с многовековой селекцией культуры. В создании современных сложных сортов и гибридов хризантемы садовой (*Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey), преимущественно участвовали виды *Chrysanthemum morifolium* Ramat и *Chrysanthemum indicum* L., родиной которых являются субтропические районы Японии и Китая.

В результате направленного селекционного процесса и благодаря широкой изменчивости представителей рода *Chrysanthemum* L. в настоящее время выведено более трёх тысяч сортов. Создававшиеся в

течение длительного времени формы адаптированы к условиям культивирования (как правило, это страны с мягким климатом) и мало устойчивы при интродукции. Расхождения между климатическими условиями и биологическими потребностями культуры являются лимитирующим фактором при введении садовых форм в новые районы выращивания, зачастую снижаются жизнеспособность, продуктивность, декоративность и, как результат, возделывание растений становится невыгодным экономически [7, 8, 12].

Продуктивность работы фотосинтетического аппарата, связанная с возможностями развития пигментного комплекса ассимиляционного аппарата растений, является важнейшим показателем их адаптивного потенциала в ограниченных внешних условиях. Исследование количественного содержания основных пигментов в зависимости от генетических особенностей позволит оценить устойчивость хризантемы садовой в условиях влажного субтропического климата [1, 3, 11].

**Целью исследований** является изучение особенностей содержания фотосинтетических пигментов в листьях различных сортов хризантемы садовой в условиях влажных субтропиков России.

**Объекты и методы исследований.** Объекты исследований – зарубежные и отечественные сорта *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey, относящиеся к группам декоративности крупноцветные – ‘Gagarin’, ‘Gilbert Leigh Purple’, ‘Севан’ и мелкоцветные – ‘Annecy White’, ‘Dante’, ‘Tigerrag’, ‘Vesuvio’, ‘Zembla White’, ‘Золотая Нива’. Сорта отбирались с учётом размещения, были представлены в открытом и закрытом грунтах отдела агротехники и питомниководства ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр РАН» (ФИЦ СЦ РАН), расположенном в селе Раздольное города Сочи, в 2018–2020 гг.

Исследования велись по методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность хризантемы (многолетней) *Chrysanthemum* spec. [5] и Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [4].

Количественное содержание основных фотосинтетических пигментов в листьях *Chrysanthemum* × *hortorum* изучали в периоды образования бутонов и массового цветения. Экстракцию проводили 96%-ным этанолом из физиологически зрелых листьев (навеска 170 мг) методом А.А. Шлыка [13]. Основные пигменты определяли по спектрам поглощения (длины волн для хлорофилла *a* – 665 нм, хлорофилла *b* – 649 нм, суммы каротиноидов – 440,5 нм), снятым на спектрофотометре ПЭ-5400ви (Россия), количество пигментов в экстрактах вычисляли по формулам Смита и Бенитеза [13, 14].

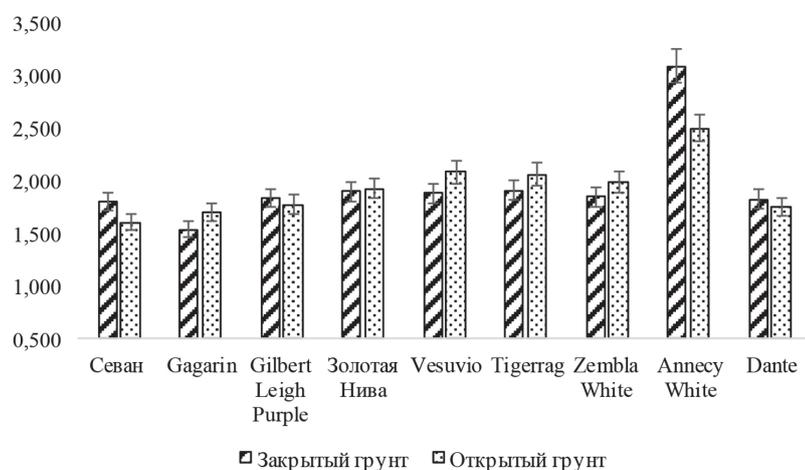
Гидротермические условия – температура воздуха и относительная влажность воздуха (термогигрометром AR827), а также условия освещённости (цифровым люксметром AR813A) учитывались одновременно в открытом и закрытом грунтах [4]. Для района исследований характерен влажный субтропический климат, отличающийся тёплой зимой, жарким влажным летом, затяжной прохладной весной и тёплой сухой осенью, основные среднегодовые гидротермические характеристики – температура воздуха +13,9 °С, количество осадков 1 354 мм, относительная влажность воздуха 74 % [6].

Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [2], с использованием пакета программ Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Опыты и практика выращивания хризантемы в странах с разным климатом свидетельствуют о том, что существующие технологии и сортовое разнообразие позволяют получать срезочную продукцию в условиях широкого охвата дневных и ночных температур как в закрытом, так и открытом грунтах [9, 10].

В течение периода исследований, фиксация условий окружающей среды в открытом и закрытом грунтах позволила оценить отличия гидротермических факторов участков культивирования хризантем. Так, открытый грунт характеризуется более высокой на 2,8 % относительной влажностью воздуха и освещённостью на 9 383 лк, тогда как для закрытого грунта характерны большие температуры воздуха на 1,9 °С. Высокие показатели температурного режима зимнего периода в закрытом грунте (9,8 °С и 11,5 °С, открытого и закрытого участка, соответственно) благоприятно сказываются на сохранении маточных растений хризантемы садовой в период покоя, в то же время, чрезмерные положительные температуры воздуха в летний период (27,2 °С и 28,9 °С, открытого и защищённого грунта, соответственно) негативно влияют на вегетирующие растения.

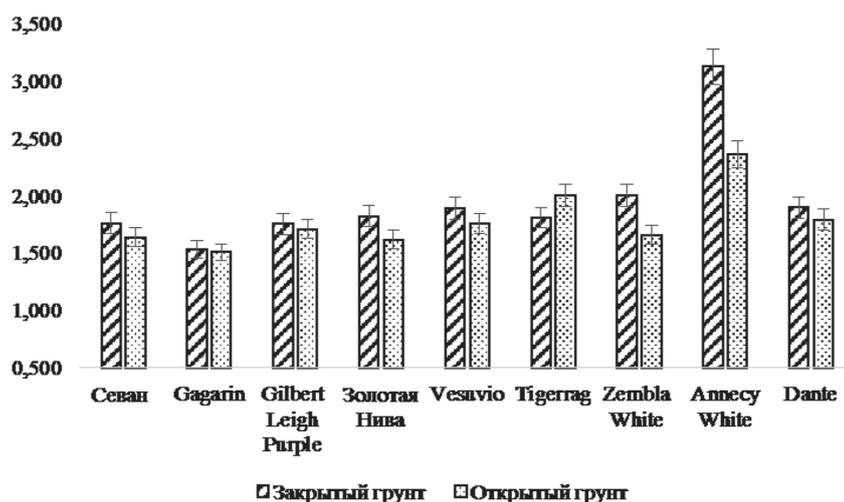
Количество пигментов в листьях определяли в период бутонизации и массового цветения (2018–2020 гг.). В фазу образования бутонов среднее по сортам значение хлорофиллов *a*, *b* выше в закрытом грунте на 0,026 мг/г сырого веса. По содержанию зелёных пигментов садовые формы можно объединить в два кластера. Первая группа, включает сорта ‘Annecy White’, ‘Dante’, ‘Gilbert Leigh Purple’ и ‘Севан’, характеризуется большим содержанием данной группы пигментов в закрытом грунте в среднем на 10,9 %; вторая группа, формируемая из сортов ‘Gagarin’, ‘Tigerrag’, ‘Vesuvio’, ‘Zembla White’ и ‘Золотая Нива’, отличается большим количеством суммарных хлорофиллов в открытом грунте в среднем на 7,1 % (рис. 1).



**Рис. 1.** Сумма хлорофиллов в листьях сортов хризантемы садовой (фаза бутонизации), 2018–2020 гг.

На общем фоне выделяется ‘Annecy White’ с высоким содержанием хлорофиллов вне зависимости от условий культивирования ( $3,087 \pm 0,047$  и  $2,496 \pm 0,071$  мг/г в закрытом и открытом грунтах, соответственно), низкое содержание пигментов характерно для хризантемы ‘Севан’ ( $1,798 \pm 0,081$  и  $1,599 \pm 0,110$  мг/г) и ‘Gagarin’ ( $1,530 \pm 0,155$  и  $1,699 \pm 0,059$  мг/г).

С наступлением периода массового цветения среднее количество зелёных пигментов в закрытом грунте остаётся на прежнем уровне ( $1,956 \pm 0,458$  мг/г), а в открытом грунте снижается на 7,4 % до  $1,784 \pm 0,258$  мг/г (рис. 2).

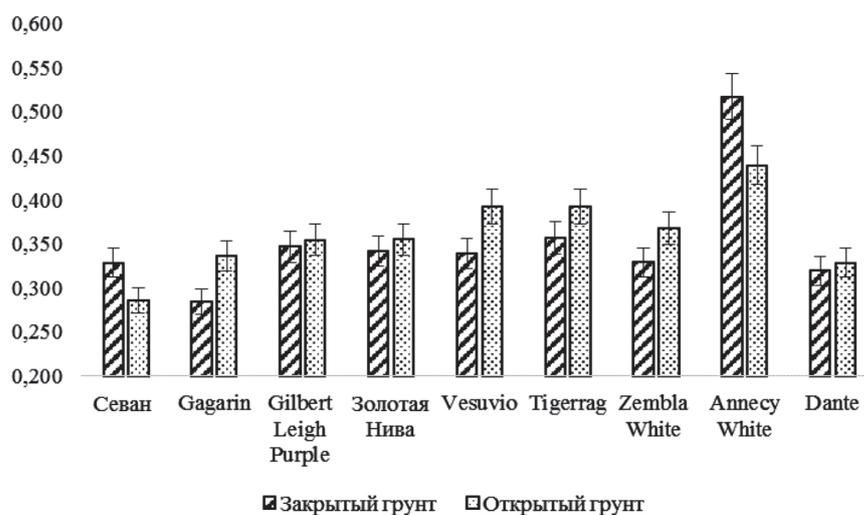


**Рис. 2.** Сумма хлорофиллов в листьях сортов хризантемы садовой (фаза массового цветения), 2018–2020 гг.

В первой группе тенденция высокого содержания суммарных хлорофиллов в защищённом грунте сохраняется, а разница увеличивается до 12,0 %, сорта во второй группе во время массового цветения также характеризуются большим количеством хлорофиллов *a*, *b* в закрытом грунте на 9,8 % ( $1,814 \pm 0,201$  и  $1,636 \pm 0,104$  мг/г, в защищённом и открытом грунтах). Исключение составил ‘Tigerrag’, листья которого содержат больше суммарных хлорофиллов в открытом грунте, чем в условиях теплицы,  $2,004 \pm 0,180$  мг/г и  $1,809 \pm 0,252$  мг/г, соответственно.

В процессе изучения культуры отмечены более тесные зависимости: прямая между содержанием хлорофилла *b* и температурой воздуха ( $r = 0,66$ ); обратная между содержанием хлорофилла *b* и относительной влажностью воздуха ( $r = -0,65$ ).

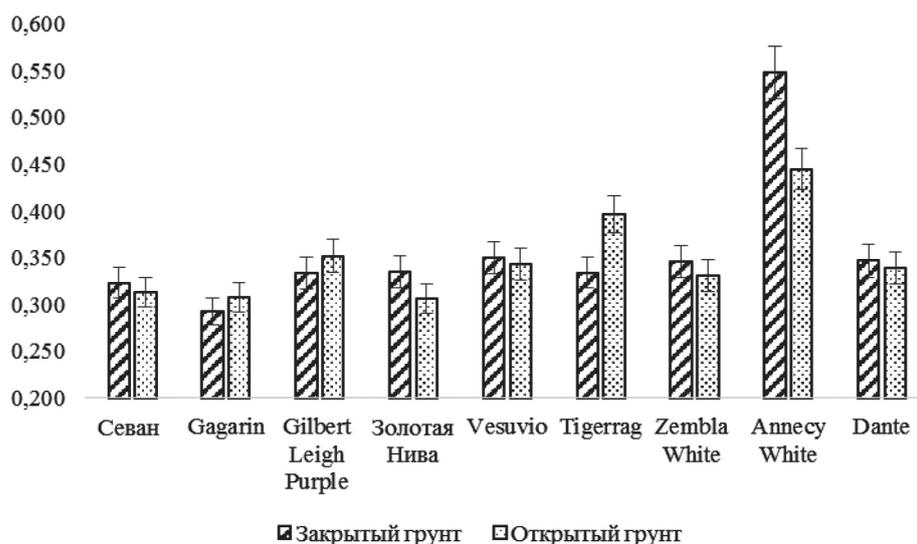
В период бутонизации среднее содержание каротиноидов в закрытом грунте  $0,351 \pm 0,065$  мг/г, открытом –  $0,361 \pm 0,044$  мг/г. В листьях сортов ‘Севан’ и ‘Annecy White’ существенно больше каротиноидов в условиях защищённого грунта  $0,328 \pm 0,011$  и  $0,517 \pm 0,010$  мг/г, соответственно. Причём в листьях ‘Annecy White’ количество жёлтых пигментов в среднем на  $0,087$  мг/г выше, чем у других хризантем (рис. 3)



**Рис. 3.** Сумма каротиноидов в листьях сортов хризантемы садовой (фаза бутонизации), 2018–2020 гг.

С наступлением массового цветения в закрытом грунте среднее количество каротиноидов остаётся на прежнем уровне ( $0,357 \pm 0,074$  мг/г), а в открытом снижается на 3,6 % до  $0,348 \pm 0,046$  мг/г, что может свидетельствовать об эффективности работы фотосинтетического аппарата

в более оптимальных внешних условиях. У сортов ‘Gagarin’, ‘Gilbert Leigh Purple’ и ‘Tigerrag’ сохранялась тенденция к большему накоплению каротиноидов в открытом грунте, а общее количество пигментов меняется незначительно (рис. 4).



**Рис. 4.** Сумма каротиноидов в листьях сортов хризантемы садовой (фаза массового цветения), 2018–2020 гг.

Параллельно для исследуемых садовых хризантем были посчитаны коэффициенты парной корреляции между содержанием каротиноидов в листьях и фиксируемыми абиотическими показателями среды. Так, отмечается тенденция обратной зависимости между содержанием каротиноидов и освещённостью ( $r = -0,50$ ).

**Заключение.** В условиях влажного субтропического климата возможно выращивать сорта хризантемы садовой для получения среза в открытом и закрытом грунтах. Различия в условиях окружающей среды имеют как положительные, так и негативные стороны. Эффективность работы фотосинтетического аппарата позволяет оценить физиологическое состояние растений под влиянием различных абиотических факторов. Так, в процессе культивирования фотосинтетические пигменты (хлорофилл *a*, *b* и каротиноиды) в листьях садовых хризантем варьируют в зависимости от сортовой принадлежности и условий культивирования. В целом растения в закрытом грунте более адаптированы к условиям выращивания, характеризуются большей стабильностью хлорофиллов при значительном накоплении суммарных каротиноидов. В результате

отмечены более тесные зависимости: прямая между содержанием хлорофилла *b* и температурой воздуха ( $r = 0,66$ ); обратная между содержанием хлорофилла *b* и относительной влажностью воздуха ( $r = -0,65$ ). Установилась средняя обратная связь между содержанием каротиноидов и освещённостью ( $r = -0,50$ ).

Публикация подготовлена в рамках реализации  
ГЗ ФИЦ СЦ РАН № 0492-2021-0007

#### Библиографический список

1. Белоус О.Г., Маляровская В.И. Оценка адаптивности красивоцветущих растений к стресс-факторам субтропиков России // Бюллетень ГНБС. – 2016. – Вып. 121. – С. 39-47. – ISSN 0513-1634.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Альянс, 2011. – 350 с. – ISBN 978-5-903034-96-3.
3. Клемешова К.В., Габуева Т.Ю. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях хризантемы садовой (*Chrysanthemum × hortorum* Bailey) // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – Т. 61. – С. 86-94. – <http://dx.doi.org/10.31676/2073-4948-2020-61-86-94>.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 6: Декоративные культуры. – М.: Колос, 1968. – 224 с.
5. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность хризантемы (многолетней) *Chrysanthemum* sp. // Официальный бюллетень Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – 1995. – № 3. – 12 с.
6. Мосияш А.С., Лугавцов А.М. Агроклиматическая характеристика Большого Сочи. – Ростов н/Д: Гидрометеоздат, 1967. – 247 с.
7. Мохно В.С. Создание новых сортов хризантемы на юге России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2014. – Вып. 50. – С. 186-192. – ISSN 2225-3068.
8. Недолужко А.И. Род *Chrysanthemum* L. на юге российского Дальнего Востока (интродукционные возможности, ресурсы изменчивости, селекция, сохранение генофонда): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Мичуринск: Наукоград, 2010. – 43 с.
9. Рындин А.В., Лях В.М. Влияние длины дня и интенсивности освещения на цветение хризантемы (*Chrysanthemum × morifolium* Ramat.) // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 63. – С. 127-148. – ISSN 2225-3068.
10. Рындин А.В., Лях В.М. Влияние термического фактора на рост хризантемы (*Chrysanthemum × morifolium* Ramat.) // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 61. – С. 21-41. – ISSN 2225-3068.
11. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абиьфазова 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.
12. Стецович А.С. Биолого-морфологические особенности видов и сортов рода *Chrysanthemum* L. при интродукции на юг Черноземья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Белгород, 2011. – 19 с.
13. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев. // Биохимические методы физиологии растений / под ред. О.А. Павлинова. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.

14. Wintermans J.E.G., De Mots A. Spectrophotometric characteristics of chlorophyll *a* and *b* and their phaeophytins in ethanol // *Biochimica et Biophysica Acta.* – 1965. – Vol. 109. – P. 448-453. – [http://dx.doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6).

**PHYSIOLOGICAL ASPECTS  
OF GARDEN CHRYSANTHEMUM RESISTANCE TO ABIOTIC  
STRESSORS IN THE HUMID SUBTROPICAL CLIMATE**

**Klemeshova K.V., Gabuyeva T. Yu.**

*Federal Research Centre  
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Sochi, Russia, e-mail: klemeshova\_kv@mail.ru*

Photosynthetic pigments (chlorophyll *a*, *b* and carotenoids) in the leaves of garden chrysanthemums vary depending on the cultivar and cultivation conditions. In the bud formation phase, the average value of chlorophylls *a*, *b* in the closed ground is higher by 0.026 mg/g of raw weight. As the mass flowering period begins, the average amount of green pigments in the closed ground remains almost at the same level ( $1.956 \pm 0.458$  mg/g), while in the open ground it decreases to  $1.784 \pm 0.258$  mg/g. The amount of carotenoids in the open ground during the budding phase ( $0.361 \pm 0.044$  mg/g) slightly exceeds this indicator in the closed ground ( $0.351 \pm 0.065$  mg/g). As the mass flowering begins, the average amount of carotenoids in the closed ground remains at the same level ( $0.357 \pm 0.074$  mg/g), while in the open ground it decreases by 3.6 % to  $0.348 \pm 0.046$  mg/g. As a result, closer dependencies have been recorded: a direct relationship between the content of chlorophyll *b* and air temperature ( $r = 0.66$ ); an inverse relationship between the content of chlorophyll *b* and relative humidity ( $r = -0.65$ ). An average feedback has been established between the carotenoid content and illumination ( $r = -0.50$ ).

**Key words:** *Chrysanthemum* × *hortorum*, humid subtropics, closed and open ground, leaf, chlorophyll, carotenoids.