

The paper has presented the studies about the water regime in 31 *Hosta* Tratt. taxa introduced into the South Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of RAS. The objects of study were 4 species (*Hosta clausa* var. *normalis* (Koidzumi) Nakai, *H. fluctuations* F. Maekawa, *H. minor* (J. Baker) Nakai, *H. ventricosa* Stearn) and 27 hosta cultivars ('Aureomarginata', 'Antioch', 'Blue Angel', 'Blue Cudet', 'Bressingham Blue', 'Brim Cup', 'Christmass Tree', 'Elata', 'Fortunei Albomarginata', 'Fortunei Albopicta', 'Fortunei Hyachintina', 'Francee', 'Gold Standard', 'Golden Tiara', 'Gypsy Rose', 'Halcyon', 'Honeybells', 'Invincible', 'Ivory Coast', 'June Fever', 'Lakeside Cha-Cha', 'Lancifolia', 'Love Pat', 'Sieboldiana', 'Stained Glass', 'Striptease', 'Undulata'). The experiments were carried out during the growing seasons of 2020–2022 on the basis of the Laboratory of Introduction and Flower Plants Breeding. During the experiments, the seasonal dynamics of such indicators as total hydration, water retention capacity and water deficiency of leaves were determined. The analysis of water regime parameters is based on the method of artificial wilting and the method of plant samples saturation. The data obtained were processed with standard statistical methods using the Microsoft Excel 2003 program. The studies carried out to identify the water regime features in the leaves of the studied objects have shown an increased level of hydration, significant indicators of variation in water retention capacity and a low percentage of water deficiency. During the periods of flowering and fruiting, water retention capacity ranged from 5.26 % to 73.70 %. Most taxa have a high water retention capacity in July, which is noticeably reduced by August. It has been revealed that the hosts are characterized by low indicators of water deficiency. Based on the above-described features of the water regime in the studied host leaves, it can be concluded that all the studied plants are adapted to dry growing periods in the forest-steppe zone of the Bashkir Urals.

Key words: *Hosta*; introduction; water regime; water retention capacity; general hydration; water deficiency.

УДК 581.144:635.922

doi: 10.31360/2225-3068-2022-82-133-145

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ
КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТЬЕВ
ХРИЗАНТЕМЫ САДОВОЙ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ**

Клемешова К.В., Габуева Т.Ю.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: klemeshova_kv@mail.ru*

Анализ количественных признаков ассимиляционного аппарата сортов хризантемы садовой показал отличия у растений открытого и защищённого грунта теплиц. Так, площадь листа в закрытом грунте в среднем на 20 % больше. Растениям открытого грунта свойственно большее содержание сухих

веществ в среднем на 1,6 %. Средние значения суммарных хлорофиллов по сортам в теплице $1,955 \pm 0,447$, в открытом грунте – $1,855 \pm 0,254$ мг/г сырого веса. Среднее содержание каротиноидов в открытом грунте $0,355 \pm 0,043$, в теплице – $0,354 \pm 0,069$ мг/г сырого веса. Для растений в открытом грунте характерны более стабильные показатели по сортам, так коэффициенты вариации для обеих групп пигментов составляют 13,68 % для хлорофиллов и 12,01 % для каротиноидов, против 22,86 % и 19,54 %, в защищённом грунте соответственно. По параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла выделяются растения открытого грунта, у которых значения индекса жизнеспособности и расчётного коэффициента фотосинтетической активности выше. Коэффициенты парной корреляции позволили выделить количественные признаки листьев, наиболее зависимые от абиотических факторов. Отмечена прямая высокая связь между показателями «относительная влажность воздуха» – «толщина листовой пластинки» и «фотосинтетическая активность»; обратная – между «температура воздуха» – «индекс жизнеспособности» и «освещённость» – «толщина листовой пластинки». Обратная весьма высокая связь отмечается у показателей «температура воздуха» – «фотосинтетическая активность» ($r = -0,91$). В целом морфофизиологические параметры листьев хризантемы садовой сортоспецифичны, а также могут служить мерой гибкости изучаемых сортов к различным условиям выращивания.

Ключевые слова: хризантема садовая, влажные субтропики, закрытый и открытый грунт, лист, адаптивность.

Введение. Одним из самых популярных цветов для получения срезочной продукции является хризантема садовая (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., син. *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey). Росту популярности хризантемы как за рубежом, так и в отечественных цветочных хозяйствах способствует большое количество новых сортов, поступающих на рынок ежегодно. Разнообразная окраска соцветий, прочные высокие цветоносы, красивая листва, длительное сохранение свежести при транспортировке и в букете, позднее цветение и возможность получать крупноцветные (одноголовые, или *disbud*) и мелкоцветные (кустовые, или *spray*) ветви – слагаемые постоянной и повсеместной популярности растений. Особое внимание при проведении селекционного процесса уделяется устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды. Однако при интродукции адаптивность сорта проявляется не всегда [14, 16, 20]. В связи с этим актуальны исследования по разработке научно-обоснованного сортамента выращиваемой на срез хризантемы садовой, сформированного высокодекоративными и устойчивыми культиварами в условиях влажного субтропического климата.

Отметим, что на Черноморском побережье Краснодарского края существует опыт возделывания хризантемы садовой на срез в условиях не только закрытого, но и открытого грунтов [6, 7]. Анализ изменчивости количественных признаков ассимиляционного аппарата хризантемы садовой в зависимости от условий выращивания позволит оценить уровень физиологического состояния растений и степень их адаптивности [10, 11, 18, 19].

Цель исследований – изучить морфофизиологические особенности сортов хризантемы садовой для расширения сортимента в условиях влажного субтропического климата.

Объекты и методы исследований. Объекты исследований – зарубежные сорта хризантемы садовой (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., син. *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey), контроль – отечественный сорт ‘Золотая Нива’ селекции Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН. Исследования проводились на базе отдела агротехники и питомниководства ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр РАН» с. Раздольное, в 2018–2021 гг.

Поставленные цели решались на уровне полевых и лабораторных исследований, согласно методикам государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность хризантемы (многолетней) *Chrysanthemum* spec. [4, 5]. Для изучения отбирали физиологически зрелые листья со средней части цветоноса, объём выборки составлял от 20 до 30 листьев каждого образца. Одновременно с отбором проводили замеры основных гидротермических показателей окружающей среды. Лабораторная повторность трёхкратная.

Количественное содержание основных фотосинтетических пигментов в листьях изучали в период бутонизации и массового цветения. Экстракцию проводили 96%-ным этанолом (навеска листьев 170 мг) методом А.А. Шлыка [8]. 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, предложенным Смитом и Бенитезом [8].

Оценку функционального состояния фотосинтетического аппарата листьев хризантемы садовой проводили по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла *a* (прибор LPT-3С, Россия) [1, 12].

Содержание сухих веществ в листьях – высушиванием пробы до постоянной массы при температуре +105 °С [9].

Биометрические параметры листа – в соответствии с программой «Измерение геометрических параметров листьев» по общепринятым методикам [3]. Толщину листовых пластинок (ТЛП) измеряли цифровым толщиномером с ценой деления 0,001 мм (диапазон измерений от 0 до 10 мм), в лабораторных условиях. Определение площади листьев проводили с применением компьютерного сканирования и дальнейшего измерения в программе Autodesk AutoCAD 2018.

Учёт гидротермических условий (температуры воздуха, относительной влажности воздуха) и освещённости выполняли в течение 2018–2021 гг., термогигрометром AR827 и цифровым люксметром AR813A.

Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [2] с использованием пакета программ Microsoft Excel. В таблицах представлены средние значения и ошибки средней.

Результаты и их обсуждение. На Черноморском побережье Краснодарского края в районе Большого Сочи успешно выращивать хризантемы на срез возможно, как в открытом, так и в защищённом грунтах. Развитие растений в большей степени зависит от гидротермических условий и уровня освещённости, и можно предположить, что условия выращивания будут влиять на фенологические ритмы развития сортов хризантемы садовой в зависимости от условий [6, 7]. Стоит отметить, что средняя температура воздуха открытого грунта опытного поля, по данным многолетних наблюдений, составляет в летний период (с июня по сентябрь включительно) $+27,2 \pm 2,2$ °С, в зимний период (с декабря по март включительно) $+9,7 \pm 2,8$ °С. Средняя относительная влажность воздуха – $61,3 \pm 9,0$ % (летом – $63,8 \pm 5,6$ %, зимой – $59,2 \pm 11,7$ %). Инсоляционный режим характеризуется минимальными значениями в декабре–январе (7 319 лк), максимальными – в мае–июне (51 225 лк), среднегодовые показатели – 29 619 лк. В первой декаде июня опытные растения открытого грунта затеняются специальной сеткой. Для защищённого грунта характерна средняя температура воздуха в течение года $20,8 \pm 8,0$ °С (летом – $+28,6 \pm 2,3$ °С, зимой – $+11,0 \pm 3,5$ °С). Средняя относительная влажность воздуха – $59,3 \pm 10,2$ %, в зависимости от сезона – летом $61,5 \pm 7,5$ %, зимой $58,4 \pm 12,9$ %. Освещённость в декабре–январе 5 285 лк, в мае–июне 39 398 лк, средние значения в течение года – 23 536 лк. В первой декаде июня растения в закрытом грунте затеняются побелкой стёкол теплицы.

Наступление фенологических фаз развития хризантемы обусловлено сортовыми особенностями и абиотическими факторами среды, и в меньшей степени, зависит от сроков высадки растений в грунт (табл. 1).

Таблица 1

**Фенологические ритмы
развития сортов хризантемы садовой,
2018–2021 гг.**

№ п/п	Сорт	Буто- низация	Цветение			
			Начало	Массовое	Окончание	Продол- жительность, дней
Открытый грунт						
1	‘Gagarin’	18.09–28.09	15.10–16.10	19.10–28.10	06.11–01.12	33 ±11
2	‘Gilbert Leigh Purple’	18.09–25.09	29.10–02.11	02.11–14.11	16.11–25.11	21 ±4
3	‘Sevan’	17.09–25.09	26.10–29.10	28.10–02.11	20.11–30.11	29 ±6
4	‘Золотая Нива’	25.09–05.10	26.10–01.11	29.10–04.11	20.11–02.12	30 ±7
5	‘Annecy White’	23.09–25.09	24.10–30.10	26.10–03.11	15.11–01.12	27 ±4
6	‘Dante’	28.09–29.09	19.10–05.11	26.10–10.11	19.11–01.12	25 ±5
7	‘Tigerrag’	23.09–28.09	29.10–03.11	02.11–15.11	14.11–25.11	22 ±3
8	‘Vesuvio’	23.09–28.09	26.10–03.11	01.11–15.11	29.11–30.11	33 ±5
9	‘Zembla White’	17.09–05.10	23.10–29.10	26.10–03.11	13.11.–01.12	30 ±9
Закрытый грунт						
1	‘Gagarin’	18.09–27.09	16.10–26.10	20.10–29.10	06.11.–03.12	33 ±14
2	‘Gilbert Leigh Purple’	18.09–23.09	31.10–06.11	06.11–09.11	18.11–26.11	20 ±1
3	‘Sevan’	20.09–22.09	23.10–25.10	25.10–06.11	20.11–24.11	30 ±4
4	‘Золотая Нива’	20.09–01.10	23.10–03.11	30.10–06.11	22.11–03.12	33 ±8
5	‘Annecy White’	24.09–27.09	27.10–30.10	29.10–01.11	19.11–27.11	26 ±3
6	‘Dante’	20.09–29.09	25.10–29.10	02.11–06.11	15.11–01.12	30 ±10
7	‘Tigerrag’	23.09–28.09	01.11–02.11	03.11–06.11	19.11–20.11	19 ±1
8	‘Vesuvio’	25.09–27.09	31.10–03.11	06.11–07.11	26.11–29.11	28 ±3
9	‘Zembla White’	26.09–29.09	21.10–02.11	01.11–05.11	26.11–03.12	35 ±13

Сорта в закрытом грунте преимущественно позже входили в стадию бутонизации, исключение ‘Золотая Нива’ (контроль) и ‘Dante’, у которого в ряде лет бутонизация начиналась раньше в теплице. Средняя продолжительность промежутка между бутонизацией и началом цветения везде около месяца. Несколько отличаются сроки цветения как в большую, так и в меньшую степень, однако, существенных отличий в прохождении фенологических фаз не установлено. На общем фоне стоит выделить хризантему ‘Tigerrag’, ритмы развития которой не зависят от внешних факторов.

Тем не менее, среда активно воздействует на биометрические параметры листьев, что отмечается у большинства исследуемых сортов (рис. 1).

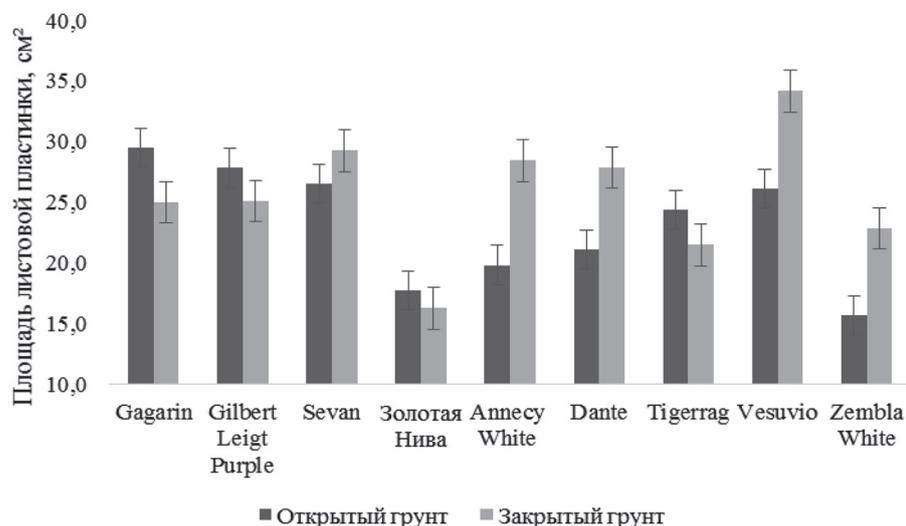


Рис. 1. Площадь листовых пластинок сортов хризантемы садовой в зависимости от условий выращивания

По значениям площади листа исследуемые сорта можно разделить на два кластера: в первой группе хризантемы имеют большие листовые пластинки в закрытом грунте – ‘Sevan’, ‘Annecy White’, ‘Dante’, ‘Vesuvio’ и ‘Zembla White’, причём у всех сортов, кроме крупноцветного сорта ‘Sevan’, различия существенные; вторая группа характеризуется большими листьями в открытом грунте – ‘Gagarin’, ‘Gilbert Leigh Purple’, ‘Золотая Нива’ и ‘Tigerrag’, но отличия несущественные.

Подобная картина наблюдается и в толщине листовых пластинок (ТЛП), сорта распределяются подобным образом за исключением ‘Dante’ и ‘Annecy White’, у которых ТЛП выше в открытом грунте.

Средние по сортам значения в открытом грунте несколько выше $0,412 \pm 0,033$ мм (в закрытом – $0,409 \pm 0,038$ мм). В целом толщина листовых пластинок достаточно стабильный признак, коэффициент вариации не превышает 10 % (незащищённый грунт – 7,97 %, теплица – 9,35 %). Наиболее плотные листья характерны для хризантемы ‘Gagarin’ ($0,441 \pm 0,003$ мм и $0,463 \pm 0,04$ мм, в закрытом и открытом грунтах, соответственно), в свою очередь, контрольный сорт ‘Золотая Нива’ отличается небольшой толщиной листьев ($0,334 \pm 0,010$ мм в теплице и $0,367 \pm 0,017$ мм в незащищённом грунте).

Растениям открытого грунта свойственно большее содержание сухого вещества в листьях в среднем на 1,2 %, причём с наступлением периода массового цветения разница увеличивается до 1,9 % (рис. 2). На общем фоне выделяются сорта ‘Gagarin’, ‘Annecy White’, у которых данная разница существенна, и ‘Zembla White’ с содержанием сухого вещества в незащищённом грунте в полтора раза превышающем показатели в условиях теплиц. Стоит отметить, что у хризантем ‘Sevan’ и ‘Золотая Нива’ условия выращивания практически не влияют на накопление сухих веществ, а у ‘Tigerrag’ и ‘Vesuvio’ количество пластических веществ больше, но не существенно, в закрытом грунте.

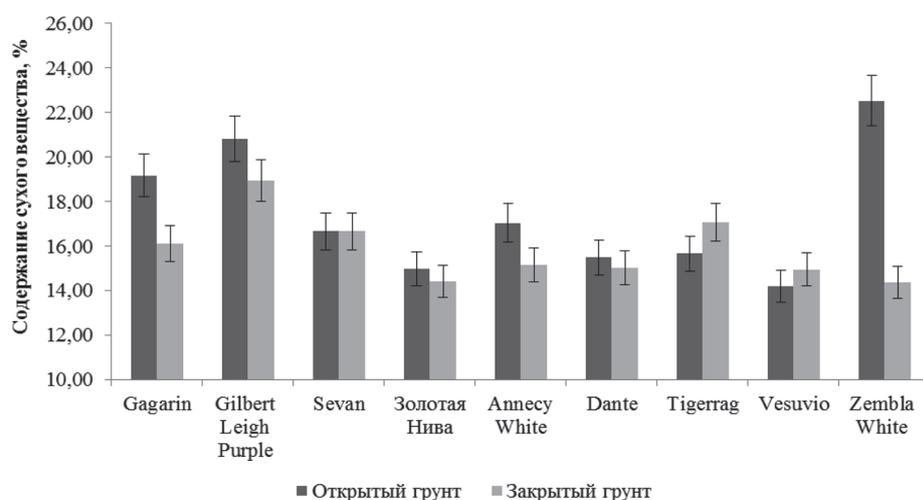


Рис. 2. Содержание сухого вещества в листьях хризантемы садовой в зависимости от условий выращивания

Отмечаются различия в количестве и соотношении основных пигментных групп хлорофиллов и каротиноидов [14, 15, 17, 19]. Количество суммарных хлорофиллов в открытом грунте меньше и в период

бутонизации, и в течение массового цветения на 0,043 и 0,203 мг/г сырого веса, соответственно. Средние значения по сортам в теплице $1,955 \pm 0,447$, в открытом грунте – $1,855 \pm 0,254$ мг/г сырого веса. Листья ‘Annecy White’ отличаются высоким содержанием зелёных пигментов по сравнению с другими хризантемами вне зависимости от условий выращивания, в среднем в 1,5 раза ($2,769 \pm 0,394$ мг/г сырого веса), низкое содержание пигментов характерно для листьев хризантем ‘Gagarin’ и ‘Sevan’ во время всего периода цветения ($1,581 \pm 0,076$ и $1,715 \pm 0,105$ мг/г сырого веса, соответственно) (рис. 3).

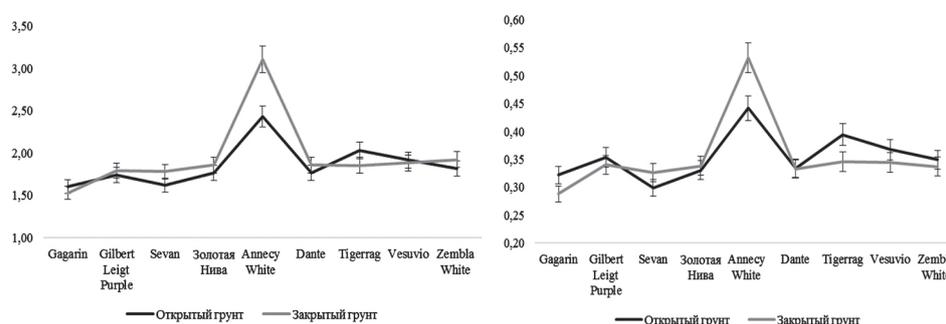


Рис. 3. Сумма хлорофиллов (слева) и сумма каротиноидов (справа) в листьях хризантемы садовой в зависимости от условий выращивания

Среднее содержание каротиноидов в течение бутонизации в защищённом грунте меньше на 0,009 мг/г, в процессе формирования соцветий разница увеличивается до 0,010 мг/г сырого веса. В открытом грунте средние по сортам значения $0,355 \pm 0,043$, в теплице – $0,354 \pm 0,069$ мг/г сырого веса. Сорта ‘Sevan’ и ‘Annecy White’ содержат большее количество каротиноидов в защищённых условиях $0,328 \pm 0,011$ и $0,517 \pm 0,010$ мг/г, соответственно, в листьях ‘Annecy White’ количество жёлтых пигментов в среднем на 0,087 мг/г выше, чем у других хризантем. Вне зависимости от условий культивирования большим содержанием каротиноидов при меньшей лабильности зелёных пигментов отличаются ‘Gagarin’, ‘Gilbert Leigh Purple’ и ‘Tigerrag’ (рис. 3).

Стоит отметить, что для растений в открытом грунте характерны более стабильные показатели по сортам, так, коэффициенты вариации для обеих групп пигментов составляют 13,68 % для хлорофиллов и 12,01 % для каротиноидов, против 22,86 % и 19,54 %, в защищённом грунте, соответственно.

Для оценки фотосинтетической активности листьев использовали параметры медленной индукции флуоресценции хлорофилла, а именно – индекс жизнеспособности и фотосинтетической активности [12, 13]. По изменениям параметров медленной индукции флуоресценции хлорофилла выделяются растения, выращиваемые в открытом грунте, у которых значения индекса жизнеспособности (F_m/F_T) и расчётного коэффициента фотосинтетической активности (K_f/T) выше. В процессе бутонизации разница в значениях составляет 0,193 и 0,049 отн. ед., соответственно. Во время массового цветения различия становятся более существенными – 0,551 и 0,084 отн. ед., соответственно. Средние значения индекса жизнеспособности по сортам в зависимости от условий выращивания $2,717 \pm 0,645$ и $2,378 \pm 0,499$ отн. ед., в открытом и закрытом грунтах, соответственно. Показатели фотосинтетической активности $0,589 \pm 0,110$ в незащищённом грунте и $0,527 \pm 0,083$ отн. ед. в теплице. В сортовом разрезе выделяются ‘Sevan’, ‘Золотая Нива’ и ‘Annecy White’, значения данных параметров у которых в период бутонизации выше в условиях защищённого грунта, однако с наступлением массового цветения хризантем, показатели становятся выше в открытом грунте, как и у остальных сортов.

Посчитаны коэффициенты парной корреляции между физиологическими параметрами листьев хризантемы садовой и факторами окружающей среды.

Таблица 2

**Коэффициенты парной корреляции (r)
между количественными признаками листьев хризантемы
садовой и абиотическими факторами среды**

Параметры	Температура воздуха, °C	Относительная влажность воздуха, %	Освещённость, лк
Площадь листовой пластинки, см ²	0,23	-0,50	0,58
Толщина листовой пластинки, мм	-0,57	0,70	-0,78
Содержание сухого вещества, %	0,34	-0,07	-0,07
Содержание хлорофилла a, мг/г сырого веса	0,40	-0,30	0,07
Содержание хлорофилла b, мг/г сырого веса	0,66	-0,65	0,46
Содержание суммы каротиноидов, мг/г сырого веса	0,22	0,15	-0,50
Индекса жизнеспособности, отн. ед.	-0,79	0,68	-0,41
Фотосинтетическая активность, отн. ед.	-0,91	0,80	-0,54

Так, прямая высокая связь отмечена между показателями «относительная влажность воздуха» – «толщина листовой пластинки», «фотосинтетическая активность»; обратная – между «температура воздуха» – «индекс жизнеспособности» и «освещённость» – «толщина листовой пластинки». Обратная весьма высокая связь отмечается у показателей «температура воздуха» – «фотосинтетическая активность» ($r = -0,91$).

Выводы. Анализ количественных признаков ассимиляционного аппарата сортов хризантемы садовой показал отличия у растений открытого и защищённого грунта теплиц. Так, площадь листа в закрытом грунте в среднем на 20 % больше. Растениям открытого грунта свойственно большее содержание сухих веществ в среднем на 1,6 %. Средние значения суммарных хлорофиллов по сортам в теплице $1,955 \pm 0,447$, в открытом грунте – $1,855 \pm 0,254$ мг/г сырого веса. Среднее содержание каротиноидов в открытом грунте $0,355 \pm 0,043$, в теплице – $0,354 \pm 0,069$ мг/г сырого веса. Для растений в открытом грунте характерны более стабильные показатели по сортам, так коэффициенты вариации для обеих групп пигментов составляют 13,68 % для хлорофиллов и 12,01 % для каротиноидов, против 22,86 % и 19,54 %, в защищённом грунте, соответственно. По параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла выделяются растения открытого грунта, у которых значения индекса жизнеспособности (F_m/F_T) и расчётного коэффициента фотосинтетической активности (K_f/T) выше. Коэффициенты парной корреляции позволили выделить количественные признаки листьев, наиболее зависимые от абиотических факторов. Отмечена прямая высокая связь между показателями «относительная влажность воздуха» – «толщина листовой пластинки», «фотосинтетическая активность»; обратная – между «температура воздуха» – «индекс жизнеспособности» и «освещённость» – «толщина листовой пластинки». Обратная весьма высокая связь отмечается у показателей «температура воздуха» – «фотосинтетическая активность» ($r = -0,91$). В целом морфофизиологические параметры листьев хризантемы садовой сортоспецифичны и могут служить мерой гибкости изучаемых сортов к различным условиям выращивания.

*Публикация подготовлена в рамках реализации
ГЗ ФИЦ СЦ РАН № FGRW-2022-0012*

Список литературы

1. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Будаговский И.А. Лазерно-оптические методы и технические средства многопараметрической диагностики растений и плодов: Актуальные вопросы плодоводства и декоративного садоводства в начале XXI века: сб. трудов межд. науч. конф., 22–26 сентября. Сочи, 2014; 16-20.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011, 350 с. ISBN 978-5-903034-96-3.
3. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973, 256 с.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Декоративные культуры. М.: Колос, 1968, 224 с.
5. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность хризантемы (многолетней) *Chrysanthemum* spec., Официальный бюллетень Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений. 1995; 3 : 12 с.
6. Траутвейн К.С., Клемешова К.В. Динамика коллекции *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey во Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур, Плодоводство и ягодоводство России. 2019; 58 : 80-89. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-80-89.
7. Траутвейн К.С., Клемешова К.В. История изучения хризантемы (*Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey) во Всероссийском научно-исследовательском институте цветоводства и субтропических культур, Субтропическое и декоративное садоводство. 2018; 64 : 26-33. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-64-26-33.
8. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев, Биохимические методы физиологии растений. М.: Наука, 1971, 15-17
9. Юртаева Н.М. Малый практикум по физиологии растений, Н. Новгород: ННГАСУ. 2015, 112 с.
10. Abilfazova J., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2018; 12(1) : 723-728. DOI: 10.5219/974.
11. Belous O., Klemeshova K., Malyarovskaya V. Photosynthetic pigments of subtropical plants. In: Photosynthesis – From Its Evolution to Future Improvements in Photosynthetic Efficiency Using Nanomaterials. 2018, 31-52. DOI: 10.5772/INTECHOPEN.75193.
12. Belous O.G., Klemeshova K.V., Pashchenko O.I. Comparative analysis of photosynthetic indicators in freesia hybrids on the Black Sea coast of Krasnodar region, Horticultural Science. 2017; 44 : 99-104. DOI: 10.17221/189/2015-HORTSCI.
13. Bussotti F., Pollastrini M., Gerosa G., Digrado A. Selection of chlorophyll fluorescence parameters as indicators of photosynthetic efficiency in large-scale plant ecological studies, Ecological Indicators. 2020; 108 : 105686. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105686. – EDN PLBOMU.
14. Calzadilla P.I., Carvalho F.E.L., Gomez R., Lima Neto M.C., Signorelli S. Assessing photosynthesis in plant systems: A cornerstone to aid in the selection of resistant and productive crops, Environmental and Experimental Botany. 2022; 201 : 104950. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.104950.
15. Din A. et al. Biosynthesis and Degradation of Carotenoids in Ornamental Crops with specific reference to Chrysanthemum, International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. 2017; 2(2) : 784-798. DOI: 10.22161/IJEAB/2.2.28.
16. Greg M. Walter et al. Adaptive divergence generates distinct plastic responses in two closely related *Senecio* species, Evolution. 2022; 76(6) : 1229-1245. DOI: 10.1111/evo.14478.
17. Kishimoto S., Ohmiya A. Regulation of carotenoid biosynthesis in petals and leaves of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*), Physiologia Plantarum. 2006; 128(3) : 436-447. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00761.x.
18. Nenko N.I., Kisileva G.K., Ulianovskaya E.V. et al. Physiological-biochemical criteria of the apple-tree resistance to the summer period abiotic stresses, EurAsian Journal of Bio-Sciences. 2018; 12(1) : 55-61.

19. Ohmiya A. Qualitative and quantitative control of carotenoid accumulation in flower petals, *Scientia Horticulturae*. 2013; 163 : 10-19. DOI: 10.1016/J.SCIENTA.2013.06.018.
20. Zhu J. et al. Effect of simulated warming on leaf functional traits of urban greening plants, *BMC Plant Biology*. 2020; 20 : 139. DOI: 10.1186/s12870-020-02359-7.

References

1. Budagovskaya O.N., Budagovsky A.V., Budagovsky I.A. Laser-optical methods and technical means of multiparametric diagnostics of plants and fruits: Topical issues of fruit growing and ornamental gardening at the beginning of the XXI century: proceedings of the International Scientific Conference, September 22-26, Sochi, 2014; 16-20.
2. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.: Alliance, 2011, 350 p. ISBN 978-5-903034-96-3.
3. Zaitsev G.N. Methodology of biometric calculations. In: *Mathematical statistics in experimental botany*. Moscow: Nauka, 1973, 256 p.
4. Methodology of state variety testing of agricultural crops. In: *Decorative cultures*. M.: Kolos, 1968, 224 p.
5. Methodology for testing the distinctness, uniformity and stability of chrysanthemum (perennial) *Chrysanthemum* spec., Official Bulletin of the State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements. 1995; 3 : 12 p.
6. Trautwein K.S., Klemeshova K.V. Dynamics of the *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey collection at the All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2019; 58 : 80-89. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-80-89.
7. Trautwein K.S., Klemeshova K.V. History of chrysanthemum (*Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey) study at the All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Subtropical and ornamental horticulture. 2018; 64 : 26-33. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-64-26-33.
8. Shlyk A.A. Determination of chlorophyll and carotenoids in extracts of green leaves, *Biochemical methods of plant physiology*. Moscow: Nauka, 1971, 15-17.
9. Yurtaeva N.M. Small workshop on plant physiology, N. Novgorod: NNGASU. 2015, 112 p.
10. Abilfazova J., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2018; 12(1) : 723-728. DOI: 10.5219/974.
11. Belous O., Klemeshova K., Malyarovskaya V. Photosynthetic pigments of subtropical plants. In: *Photosynthesis – From Its Evolution to Future Improvements in Photosynthetic Efficiency Using Nanomaterials*. 2018, 31-52. DOI: 10.5772/INTECHOPEN.75193.
12. Belous O.G., Klemeshova K.V., Pashchenko O.I. Comparative analysis of photosynthetic indicators in freesia hybrids on the Black Sea coast of Krasnodar region, *Horticultural Science*. 2017; 44 : 99-104. DOI: 10.17221/189/2015-HORTSCI.
13. Bussotti F., Pollastrini M., Gerosa G., Digrado A. Selection of chlorophyll fluorescence parameters as indicators of photosynthetic efficiency in large-scale plant ecological studies, *Ecological Indicators*. 2020; 108 : 105686. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105686. – EDN PLBOMU.
14. Calzadilla P.I., Carvalho F.E.L., Gomez R., Lima Neto M.C., Signorelli S. Assessing photosynthesis in plant systems: A cornerstone to aid in the selection of resistant and productive crops, *Environmental and Experimental Botany*. 2022; 201 : 104950. DOI: /10.1016/j.envexpbot.2022.104950.
15. Din A. et al. Biosynthesis and Degradation of Carotenoids in Ornamental Crops with specific reference to *Chrysanthemum*, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017; 2(2) : 784-798. DOI: 10.22161/IJEAB/2.2.28.

16. Greg M. Walter et al. Adaptive divergence generates distinct plastic responses in two closely related *Senecio* species, *Evolution*. 2022; 76(6) : 1229-1245. DOI: 10.1111/evo.14478.
17. Kishimoto S., Ohmiya A. Regulation of carotenoid biosynthesis in petals and leaves of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*), *Physiologia Plantarum*. 2006; 128(3) : 436-447. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00761.x.
18. Nenko N.I., Kisileva G.K., Ulianovskaya E.V. et al. Physiological-biochemical criteria of the apple-tree resistance to the summer period abiotic stresses, *EurAsian Journal of Bio-Sciences*. 2018; 12(1) : 55-61.
19. Ohmiya A. Qualitative and quantitative control of carotenoid accumulation in flower petals, *Scientia Horticulturae*. 2013; 163 : 10-19. DOI: 10.1016/J.SCIENTA.2013.06.018.
20. Zhu J. et al. Effect of simulated warming on leaf functional traits of urban greening plants, *BMC Plant Biology*. 2020; 20 : 139. DOI: 10.1186/s12870-020-02359-7.

ANALYSIS OF VARIANCE FOR QUANTITATIVE TRAITS IN GARDEN CHRYSANTHEMUM LEAVES DEPENDING ON GROWING CONDITIONS

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*

Analysis of quantitative traits of the assimilation apparatus in garden chrysanthemum cultivars has shown differences in plants at open and protected ground. Thus, leaf area in the protected ground is on average 20 % more. Open-ground plants tend to have higher dry matter content by 1.6 % on average. The average values of total chlorophylls among cultivars grown in the greenhouse are 1.955 ± 0.447 , in the open ground – 1.855 ± 0.254 mg/g of raw weight. The average content of carotenoids in the open ground is 0.355 ± 0.043 , while in the greenhouse – 0.354 ± 0.069 mg/g of raw weight. Plants in the open ground are characterized by more stable indicators for cultivars, so variation coefficients for both groups of pigments are 13.68 % for chlorophylls and 12.01 % for carotenoids, versus 22.86 % and 19.54 % in protected ground, respectively. According to the parameters of slow induction of chlorophyll fluorescence, open-ground plants are distinguished, in which the values of the viability index and the calculated coefficient of photosynthetic activity are higher. The pair correlation coefficients allowed us to identify the quantitative characteristics of leaves that are most dependent on abiotic factors. There is a direct high relationship between the indicators "relative humidity" – "thickness of the leaf blade" and "photosynthetic activity"; the reverse is between "air temperature" – "vitality index" and "illumination" – "thickness of the leaf blade". The inverse very high relationship is observed in the indicators "air temperature" – "photosynthetic activity" ($r = -0.91$). In general, morphophysiological parameters of garden chrysanthemum leaves are specific among cultivars, and can also serve as a resistance measure for the studied cultivars to different growing conditions.

Key words: garden chrysanthemum, humid subtropics, protected and open ground, leaf, adaptability.