УДК 582.573.81:581.134.6 doi: 10.31360/2225-3068-2026-96-78-90
EDN FALOHL

СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ И ЦВЕТКАХ КРАСОДНЕВОВ (HEMEROCALLIDACEAE)

Седельникова Л.Л.

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия. e-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Седельникова Л.Л. orcid.org/0000-0002-1122-2421

Сравнительные результаты содержания фотосинтетических пигментов (каротиноиды, хлорофиллы *a* и *b*) в надземных органах таксонов *Hemerocallis citrina, H. minor, H. fulva, H. middendorffii,* культивируемых в лесостепной зоне Приобья (Новосибирская область) в 2019–2021 гг. впервые проанализированы в данной статье. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях и цветках растений, в период активного роста и массового цветения растений отличается небольшой вариабельностью и видоспецифичностью. Наибольшими показателями каротиноидов в цветках характеризуются в 2019 г. *H. middendorffii* (82,5 мг%), в 2020 г. *H. fulva* (129,5 мг%), в 2021 г. *H. citrina* (17,2 мг%). Установлено, что в 2019–2020 гг. концентрация каротиноидов в цветках выше, чем в листьях в 3,5–4,6 раза, в 2021 г. – в 1,2–1,5 раза. Максимальные значения хлорофилла *a* и *b* отмечены

в цветках растений *H. fulva* (21,9–33,1 мг%), в листьях *H. middendorffii* (20,0–37,6 мг%). Высокие показатели состояния интродуцированных растений по соотношению хлорофилла a/b, имеют цветки *H. middendorffii* (1,9) и листья *H. minor*, *H. citrina* (2,6–3,0), по сумме (*a* + *b*)/каротиноиды *H. fulva* (2,2–5,3). Результаты показали высокую активность фотосинтетического аппарата растений культивируемых видов *Hemerocallis*, успешную адаптацию к условиям *ex situ* и возможность применения сырья в период массового цветения для практического использования.

Ключевые слова: виды рода *Hemerocallis,* листья, цветки, хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды, лесостепная зона Приобья, Новосибирская область.

Введение. В России естественные места обитания представителей рода *Hemerocallis* L. – красоднев, лилейник (семейство *Hemerocallidaceae* Br. – Красодневовые), находятся в теплоумеренной зоне юга Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, где произрастает 7 из 20-ти видов [9]. Многие виды введены в культуру, содержат микро- и макроэлементы, биологически активные вещества (флавонолы 0,5–1,3 %, танины 2,9–5,7 %, катехины 150,9–503,5 мг%, пектины 1,3–3,5 %, протопектины 3,9–7,4 %), которые могут меняться в зависимости от внешних факторов [14–16]. Однако сведений о количественном содержании пигментов в органах красодневов в отечественной литературе не обнаружено. Пигментный комплекс – каротиноиды, хлорофиллы *a* и *b,* соотношения их концентраций в надземных органах растений являются важнейшими структурными элементами фотосинтетического аппарата. Каротиноиды в органах растений взаимодействуют с хлорофиллом и участвуют в фотосинтезе [2, 3, 5, 11]. Пластичность фотосинтетических пигментов, их способность приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям, способствует устойчивости интродуцентов при введении их в культуру. Растительные пигменты, как биологически активные соединения, оказывают существенное влияние на жизнедеятельность человека. Производные хлорофилла применяют в качестве пищевых красителей (Е 141), выводят токсины, оказывают стимулирующее действие на иммунную систему, нормализуют кровяное давление, предотвращают отложение солей кальция [23, 29]. Каротиноиды являются мощными антиоксидантами, улучшают деятельность репродуктивных органов человека [13, 19]. Основные компоненты каротиноидного комплекса служат также источником накопления природных красителей, широко представлены у пищевых, технических, медоносных растений, в том числе и цветочно-декоративных, среди которых таксоны из родов *Lilium* L., *Calendula* L., *Tagetes* L., *Chrysanthemum* L. [6–8, 17]. В настоящий период проявляется повышенный интерес зарубежных авторов к исследованию пигментного состава в органах

красодневов таких видов как *H. disticha, H. citrina, H. fulva, H. rosea,* обладающих биоактивными агентами, среди которых каротиноиды, как отмечают [20, 21, 24–28, 30], имеют значение для фармацевтической, пищевой и косметической промышленности, проявляя антиоксидантные, антиколлагеназные, антиэластазные, антитирозиназные, антидепрессивные, антимикробные свойства. В поисках содержания биологически активных метаболитов в органах красодневов возрастает роль этих исследований при введении видового состава в культуру в отдельных регионах России [14–16]. Однако данные о комплексе фотосинтетических пигментов при возделывании отдельных таксонов *Hemerocallis* в лесостепной зоне Приобья отсутствуют, что придает новизну и научно-практическую значимость работы.

Цель работы – определить уровень количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов в цветках и листьях красодневов *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva*, культивируемых в лесостепи Новосибирского Приобья.

Объект и методы исследования. Материалом исследования служила надземная часть (листья, цветки) взрослых растений красодневов: *Hemerocallis minor* Mill. – Л. малый, *H. middendorffii* Trautv. Et C.A. Mey. – Л. Миддендорфа, *H. citrina* Baroni – Л. лимонно-жёлтый и летнецветущего вида *H. fulva* L. – Л. буро-жёлтый (рис. 1).

1 2 3 4

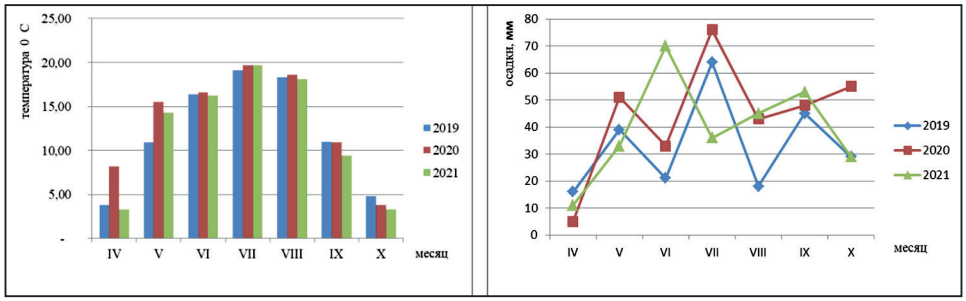
Рис. 1. Красодневы в коллекции
Центрального сибирского ботанического сада:
1 – *H. minor,* 2 – *H. middendorffii,* 3 – *H. citrina,* 4 – *H. fulva*

Fig. 1. Daylilies in the collection of the Central Siberian Botanical Garden:
1 – *H. minor*, 2 – H. *middendorffii,* 3 – *H. citrina,* 4 – *H. fulva*

Красодневы культивировали на коллекционном участке «Вальс цветов». Он находится на территории Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС), который расположен в правобережной юго-восточной части г. Новосибирска (Западно-Сибирская равнина,

Приобский округ, лесостепная агроклиматическая провинция) на высоте 100 м над у.м, в 30-ти километрах от Обского водохранилища.

Гидрометеорологические условия за три вегетационных периода работы (2019–2021 гг.) в районе интродукции красодневов имели отличия. Так 2019 г. был тёплый и умеренно-увлажнённый и показатель гидротермического коэффициента (ГТК) за вегетационный период соответствовал 0,97. Началом ранней весны с повышенной среднемесячной температурой воздуха (9,1 °С) и минимальным количеством осадков в апреле (5 мм) отличался 2020 г. Сезонный период этого года был тёплый и слабо-засушливый (ГТК = 0,85). Относительно холодная и продолжительная весна с резкими перепадами среднесуточных температур воздуха в апреле имела место в 2021 г. Однако, с повышением среднесуточных температур (<15 °С) и обилием осадков (70 мм) в июне год характеризуется как тёплый умеренно-засушливый (ГТК = 0,81). В данном районе интродукции, июль – самый жаркий месяц со среднемесячной температурой воздуха 18–19,5 °С. В этом же месяце за годы исследования отмечено неравномерное распределение количества осадков: максимальное в 2020 г. (76 мм), среднее в 2019 г. (64 мм) и минимальное в 2021 г. (36 мм) (рис. 2 а,б). За годы исследования продолжительность безморозного периода изменялась от 122 (2019 г.) до 160 дней (2020 г.), с суммой положительных температур от 2055,4 °С до 2420,5 °С.



а б

Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха (а) и осадков (б) с апреля по октябрь 2019–2021 гг.

Fig. 2. Average monthly air temperature (a) and precipitation (b) from April to October 2019–2021

Сбор надземной части растений проводили с 01.06 по 16.06 в период массового цветения в первой половине дня, когда согласно [5] у растений наблюдается максимальная концентрация пигментов в органах. Сырье (листья и цветки) предварительно сушили по методике

[4]. Образцы воздушно-сухой навески (0,1 г) растирали в ступке до однородной массы, с последовательным добавлением 0,1 г углекислого кальция для нейтрализации органических кислот. Далее растирали и добавляли 1 мл диметилформамида и 2 г сернокислого натрия безводного для устойчивости пигментов. Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном путём растирания в ступке первоначально в порции 20 мл, а затем дважды по 5 мл. Затем экстракцию продолжали проводить этанолом, в котором хорошо растворяется ликопин для его извлечения и далее исчерпывающе ацетоном до обесцвечивания. Определение пигментов проводили спектрофотометрическим методом в ацетоново-этанольном экстрате согласно методике [10, 12]. Оптическую плотность ацетоново-этанольной вытяжки определяли на спектрофотометре СФ-56 при длинах волн соответствующей максимуму поглощения каротиноидов (440,5 нм), хлорофилла *a* (662 нм), хлорофилла *b* (644 нм). Количественное содержание каротиноидов и хлорофиллов вычисляли по уравнениям Ветштейна и Хольма [12]. Концентрацию пигментов (мг/дм^3) проводили по формуле:

$$C_{кар} = 4.695D_{440.5} - 0.268\bullet (5.134D_{662.0} + 20.436D_{644.0}),$$

$$Ca = 9.784D_{662} - 0.99D_{644},$$

$$Cb = 21.426D_{644} - 4.65D_{662}$$

где: D – оптическая плотность раствора;
$C_{кар}$ – концентрация каротиноидов;
C*a* – концентрация хлорофилла *a*;
C*b* – концентрация хлорофилла *b*.
Далее определяли количество пигмента мг/100 г или мг%:

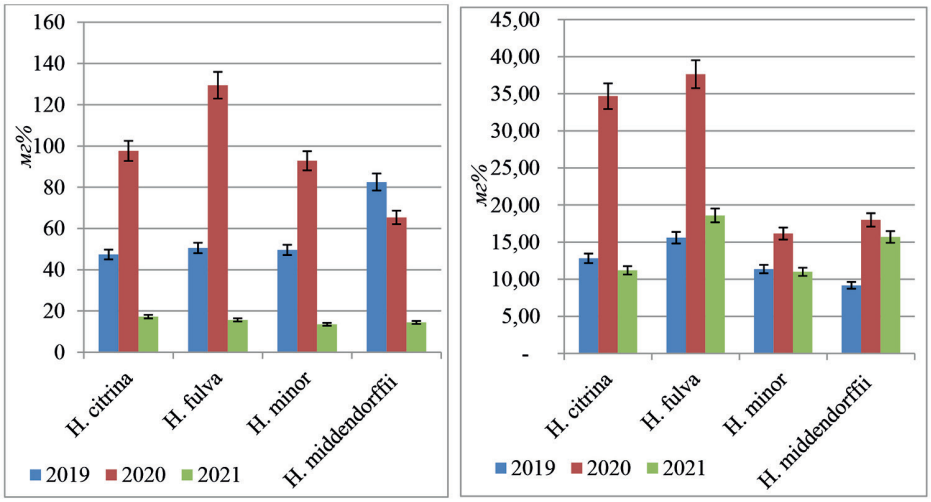
$$x = C \bullet V \bullet V_2 \bullet 100/(H \bullet V_1 \bullet 1000),$$

где: C – концентрация пигмента, *мг/дм*^{3};
V – объём исходной вытяжки, *см*^{3};
V_1 – объём вытяжки, взятый для разбавления, *см*^{3};
V_2 – объём разбавленной вытяжки, *см*^{3};
H – масса навески, *г*

Наличие фотосинтетических пигментов у образцов измеряли в трёх аналитических повторностях. Также вычисляли содержание суммы хлорофиллов (*a* + *b*); соотношение хлорофиллов *a/b* и суммы хлорофиллов (*a* + *b*) к каротиноидам. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 10. В работе они предоставлены в виде средней арифметической с ошибкой (M ± m).

Результаты и их обсуждение. При интродукции красодневов *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva* в ЦСБС в вегетационные периоды 2019–2021 гг. растения этих видов имели длительно вегетирующий фенoритм развития с весенним и летним типом цветения. Начало отрастания в 2019 г. отмечено 17.04, в 2020 г. – 14.04., в 2021 г. – 20.04. Цветение (от начала до конца) в среднем продолжалось 30–32 дня (31.05–2.07), кроме растений *H. fulva,* которые цвели позднее (05.07–8.07.) поскольку данный вид летнецветущего типа цветения. У всех видов отмечено плодоношение, кроме *H. fulva*, который самостерилен. Интродуценты вегетировали до наступления устойчивых осенних заморозков (19.10–27.10).

Известно, что каротиноиды, по химической природе принадлежащие к группе терпенов, защищают зелёные пигменты от процессов фотоокисления, поддерживают водный баланс и эффективность фотосинтеза [7]. При изучении содержания каротиноидов в надземных органах красодневов установлена изменчивость их накопления в цветках и листьях в течение трёх вегетационных периодов (рис. 3 а,б).



а б

Рис. 3. Гистограмма распределения каротиноидов в цветках (а) и листьях (б) видов рода Hemerocallis культивируемых в ЦСБС в вегетационные периоды 2019–2021 гг.

Fig. 3. Histogram of the distribution of carotenoids in flowers (a) and leaves (b) of species of the genus Hemerocallis cultivated in CSBG during the 2019–2021 growing season

Так установлено, что концентрация каротиноидов в цветках в 2019 г. варьировала от 47, 4 мг% (*H. citrina)* до 82,5 мг% (*H. middendorffii*), а в 2020 г. от 65,4 мг% (*H. middendorffii*) до 129,5 мг% (*H. fulva*). Обнаружено, что в период вегетации в 2019 г. у красодневов уровень количественного

содержания каротиноидов в цветках был выше, чем в листьях у растений *H. citrina* – в 3,7 раза, *H. middendorffii* – в 4,1 раза, *H. minor* – в 4,4 раза. Такая же закономерность, но с более высоким увеличением концентрации каротиноидов в цветках, выявлена у *H. citrina* – в 4,6 раза и *H. middendorffii* – в 5,6 раза в сезонный период 2020 г. Стабильное содержание каротиноидов в цветках, чем в листьях отмечено у растений *H. fulva*, но их концентрация была в 3,5 раза выше в 2019–2020 гг., чем в 2021 г. Однако в период цветения 2021 г. у *H. fulva* содержание каротиноидов в листьях было выше в 1,1–1.2 раза по сравнению с цветками, а у *H. middendorffii* оно имело относительно одинаковое показание. Причём в 2021 г. количественное содержание каротиноидов в цветках растений всех видов было значительно меньше (в 5,5–8,3 раза) по сравнению с 2019–2020 гг. и составляло от 13,5 до 17,2 мг%, что, очевидно, связано с высокими показателями осадков в июне и повышенной влажностью в период цветения растений. Также отмечено, что содержание каротиноидов в листьях и цветках в слабо-засушливый период 2020 г. было 1,5–2,5 раза выше по сравнению с 2019 г. и 2021 г. Однако во все годы наблюдений концентрация каротиноидов в цветках имела высокую оценку показаний, чем в листьях, причём в 2019–2020 гг. в 3,5–4,6 раза, а в 2021 г. – в 1,2–1,5 раза.

Результаты количественного содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях и цветках, как основных зелёных пигментов фотосинтеза, влияющих на рост и развитие растений красодневов в условиях интродукции, представлены в таблице 1.

Впервые полученные экспериментальные данные показали различный уровень концентрации хлорофиллов в листьях растений красодневов. Причём листья красодневов отличаются высоким содержанием хлорофилла *a* от 25,2 до 37,6 мг% по сравнению с хлорофиллом *b* от 8,4 до 20,0 мг%. Таким образом у растений всех видов красодневов в листьях преобладает основной хлорофилл *a* по сравнению с показаниями вспомогательного хлорофилла *b*, что отмечено у *H. middendorffii* в 1,9 раза, *H. fulva* в 2,0 раза, *H. citrina* в 2,6 раза, *H. minor* в 3,0 раза. Высокое содержание хлорофилла *a* (37,6 мг%) и *b* (20,0 мг%) выявлено в листьях растений *H. middendorffii.* Растения *H. citrina, H. fulva, H. minor* характеризуются более выравненной динамикой содержания в листьях хлорофилла *a* (25,2–29,7 мг%). По сумме хлорофиллов *a* и *b* значительно преобладают листья *H. middendorffii,* у которых она в 1,4–1,7 раза выше, чем у растений других видов.

Таблица 1. Содержание пигментов в надземных органах красодневов в период цветения 2021 г.

Table 1. The content of pigments in the aboveground organs of daylilies during the flowering period of 2021

Вид	Каротиноиды, *мг%*	Хлорофилл, *мг%*		Хлорофиллы		Х/К**
		a	*b*	*a+b*	*a/b*	
H. citrina	17,2 ±0,4 * / 11,2 ±0,2	2,9 ±0,1 / 29,7 ±0,9	4,0 ±0,1 / 11,3 ±0,5	6,9 / 41,0	0,7 / 2,6	0,4 / 3,7
H. fulva	15,6 ±0,3 / 18,6 ±0,4	33,1 ±0,9 / 27,1 ±0,8	21,9 ±0,7 / 13,6 ±0,3	55,0 / 40,7	1,5 / 1,9	3,5 / 2,2
H. minor	13,5 ±0,2 / 11,0 ±0,2	8,4 ±0,1 / 25,2 ±0,5	8,6 ±0,3 / 8,4 ±0,2	17,0 / 33,6	0,9 / 3,0	1,3 / 3.1
H. middendorffii	14,4 ±0,2 / 15,7 ±0,5	17,1 ±0,4 / 37,6 ±0,9	8,8 ±0,2 / 20,0 ±0,8	25,9 / 57,6	1,9 / 1,9	1,8 / 3,7

Примечание: * – в числителе цветок, в знаменателе лист,
** – хлорофиллы/каротиноиды

При сравнительном анализе данных нами установлено, что в листьях трёх весеннецветущих видов красодневов (*H. middendorffii, H. citrina, H. minor)* содержание хлорофилла *a* в 1,2–10,2 раза выше, чем в цветках. Исключение составляют растения летнецветущего вида *H. fulva,* у которых в цветках в 1,2–1,6 раза больше хлорофиллов *a* и *b,* чем в листьях. У этого же вида содержание в цветках хлорофилла *a* выше, чем в цветках растений *H. middendorffii* в 1,9 раза, *H. minor* в 3,9 раза, *H. citrina* 11,4 раза. Содержание хлорофилла *b* в листьях у *H. middendorffii* и *H. citrina* выше, чем в цветках в 2,3–2,8 раза. Однако у *H. fulva* этот показатель в 1,6 раза выше в цветках, чем в листьях. У *H. minor* содержание в цветках хлорофиллов *a* и *b* одинаково (8,4–8,6 мг%).

В целом максимальное значение хлорофилла *a* в листьях имели растения *H. middendorffii* (37,6 мг%), у *H. minor, H. fulva, H. citrina* – стабильное (25,2–29,7 мг%). Такая же тенденция относительно хлорофилла *b* наблюдается в листьях этих же видов.

Отмечено, что сумма хлорофиллов (*a* + *b*) в листьях красодневов варьировала от минимума 33,6 мг% (*H. minor*) до максимума 57,6 мг% (*H. middendorffii)*. Этот показатель в листьях высокий по сравнению с суммой хлорофиллов в цветках, где он в 1,5–2,2 раза ниже. Однако в цветках летнецветущих растений вида *H. fulva* сумма хлорофиллов в 1,3 раза выше по сравнению со значением в листьях. Определено, что содержание хлорофиллов, которые по химическому строению представляют магниевые комплексы различных тетрапирролов [29],

выполняющих основную роль в фотосинтезе и устойчивости растений, в листьях растений всех изученных нами видов красодневов больше, чем в цветках.

Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (*a/b*) свидетельствует о степени сформированности фотосинтетического аппарата у растений. Известно, чем активнее главный хлорофилл *a,* тем выше *a/b* и интенсивнее фотосинтез [1, 3, 5], что служит показателем успешности интродукции растений в культуре. Более того авторы [18] высказали точку зрения об участии хлорофилла *a* в адаптации растений к низкой температуре, что несомненно имеет отношение к красодневам с ранневесенним ростом и развитием в условиях резко континентального климата лесостепной зоны Западной Сибири, где часто наблюдаются среднесуточные перепады температур и заморозки в мае месяце. Отмечено высокое (3,0) отношение хлорофилла *a/b* в листьях у *H. minor.* Среднее положение по этому показателю (2,6) занимали растения *H. citrina.* Растения *H. fulva* и *H. middendorffii* имели стабильный, одинаковый индекс *a/b* (1,9), который в 1,3–1,5 раза ниже, чем у *H. minor* и *H. citrina*, что, очевидно, связано с более выраженным биоритмом летнего развития растений этих видов. Установлено, что в цветках показания хлорофиллов (*a/b*) в 2,7–4,0 раза меньше, чем в листьях и варьируют от минимального значения 0,7 (*H. citrina*) до максимального 1,9 (*H. middendorffii)* (табл. 1). Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (*a* + *b*/кар.) играет также не менее важную роль в работе фотосинтетического аппарата и зависит от световых условий произрастания растений [6, 29, 30]. Высокая величина соотношения хлорофиллы/каротиноиды отмечена в листьях у весеннецветущих видов *H. citrina* и *H. middendorffii* (3,7). Наименьшее значение у летнецветущего вида *H. fulva* (2,2), это свидетельствует о том, что этот вид более светолюбив. В целом, относительно благоприятное состояние растений в период сезонного развития в 2021 г. характеризуется высокой и стабильной величиной отношения хлорофиллы/каротиноиды в листьях растений красодневов. Что касается соотношения этой величины в цветках, то наблюдается резкая изменчивость от минимального значения (0,4) у *H. citrina,* до максимального (3,5) у *H. fulva.* Причём в цветках *H. fulva* показания хлорофиллов к каротиноидам в 1,6 выше, чем в листьях.

Выводы. При исследовании четырёх видов красодневов: *H. citrina, H. minor, H. fulva, H. middendorffii* в лесостепной зоне Приобья Новосибирской области, нами впервые установлено, что количественное содержание фотосинтетических пигментов в цветках и листьях в период активного роста и массового цветения растений характеризует-

ся небольшой вариабельностью и видоспецифичностью. Накопление каротиноидов в надземных органах красодневов зависит от гидротермических условий вегетационных периодов. Высокое содержание каротиноидов в надземных органах красодневов связано с повышенной функциональной способностью пигментов в слабо-засушливый вегетационный период 2020 г. Средние значения этого показателя проявляются в умеренно-увлажнённый сезон 2019 г., низкие – в увлажнённый период массового цветения 2021 г. Наибольшими показателями каротиноидов в цветках характеризуются в 2019 г. растения *H. middendorffii* (82,5 мг%), в 2020 г. *H. fulva* (129,5 мг%), в 2021 г. *H. citrina* (17,2 мг%). Во все годы наблюдений в листьях *H. fulva* содержание каротиноидов было в 1,5–2,3 раза выше по сравнению с растениями других видов изученных красодневов. Максимальное значение хлорофиллов *a* и *b* в цветках имели растения летнецветущего вида *H. fulva* (21,9–33,1 мг%) и листья весеннецветущего вида *H. middendorffii* (20,0–37,6 мг%). Высокими показателями состояния растений по соотношению хлорофилла *a/b* отличались цветки *H. middendorffii* (1,9) и листья *H. minor*, *H. citrina* (2,6–3,0); по сумме (*a* + *b*)/каротиноиды *H. fulva* (2,2–5,3). Данные показатели свидетельствуют о высоком уровне пигментного фонда у изученных интродуцентов, обеспечивающих интенсивность фотосинтеза в период их роста и развития.

Таким образом, полученные результаты содержания каротиноидов и хлорофиллов показали высокую активность фотосинтетического аппарата растений культивируемых видов *Hemerocallis* в период сезонного развития, устойчивость к факторам среды в условиях *ex situ* и возможность проводить заготовку сырья в период массового цветения.

Исследование проведено на экспериментальной базе «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534, Центрального сибирского ботанического сада СО РАН в рамках государственного задания по теме «Разработка научных основ и технологий оценки, сохранения и восстановления природного биоразнообразия, в том числе редких видов растений и их рационального использования» по проекту № АААА-А21-121011290025-2. Автор выражает благодарность Т.А. Кукушкиной за определение фотосинтетических пигментов

Список литературы / References

1. Андрианова Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука, 2000, 135 с. [Andrianova Yu.E. Chlorophyll and plant productivity. M.: Nauka, 2000, 135 p. (In Rus)].
2. Аэров И.М., Лихолат Д.А. Изменение оптических свойств листьев растений в за-

висимости от содержания пигментов хлоропластов, Физиология и биохимия культурных растений. 1970; 2(3) : 318-323. [Aerov I.M., Likholat D.A. Changes in the optical properties of plant leaves depending on the content of chloroplast pigments, Physiology and biochemistry of cultivated plants. 1970; 2(3) : 318–323. (In Rus)].
3. Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. Л.: ЛГУ, 1989, 204 с. [Goryshina T.K. Photosynthetic apparatus of plants and environmental conditions. Leningrad: Leningrad State University, 1989, 204 p. (In Rus)].
4. Государственная фармакопея Российской Федерации. М.: Медицина, 2018, Вып. XIV, Т. 2, 3263 с. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Moscow: Medicine, 2018, Issue XIV, Vol. 2, 3263 p. (In Rus)].
5. Дымова О.В., Головко Т.К. Фотосинтетические пигменты: функционирование, экология, биологическая активность, Известия Уфимского научного центра РАН. 2018; 3-4 : 5-16. [Dymova O.V., Golovko T.K. Photosynthetic pigments: functioning, ecology, biological activity, Bulletin of the Ufa Scientific Center. 2018; 3-4 : 5-16. (In Rus)].
6. Дейнека В.И. Некоторые особенности накопления пигментов в цветках Tagetes sp. (*T. patula*), Научные ведомости Белгородского госуниверситета. Серия Естественные науки. 2007; 5(36) : 22-27. [Deineka V.I. Some Features of Pigment Accumulation in Flowers of Tagetes sp. (*T. patula*), Scientific Bulletin of Belgorod State University. Natural Sciences Series. 2007; 5 (36) : 22-27. (In Rus)].
7. Дейнека В.И., Лабунская Н.А., Сорокопудова О.А. Каротиноиды и антоцианы листочков околоцветников некоторых видов и сортов лилий (Lilium L.), Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2008; 2 : 8-23. [Deineka V.I., Labunskaya N.A., Sorokopudova O.A. Carotenoids and anthocyanins of tepals of some species and varieties of lilies (Lilium L.), Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2008; 2 : 8-23. (In Rus)].
8. Дейнека В.И., Гостинцев И.А., Третьяков М.Ю. и др. Каротиноиды лепестков цветков календулы, Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011; 9(104) : 15-18. [Deineka V.I., Gostintsev I.A., Tretyakov M.Yu., et al. Carotenoids of calendula flower petals, Scientific News. Natural Sciences Series. 2011; 9(104) : 15-18. (In Rus)].
9. Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. Новосибирск: Наука, 2012, 639 с. [Abstract of the flora of Asian Russia: vascular plants. Novosibirsk: Nauka, 2012, 639 p. (In Rus)].
10. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта: НБС, 1982, 21 с. [Kriventsov V.I. Methodological recommendations for the analysis of fruits for biochemical composition. Yalta: NBS, 1982; 21 p. (In Rus)].
11. Мерзляк М.Н., Гительсон А.А., Погосян С.И. Спектры отражения листьев и плодов при нормальном развитии, старении и стрессе, Физиология растений. 1997; 44(5) : 707-716. [Merzlyak M.N., Gitelson A.A., Pogosyan S.I. Reflectance spectra of leaves and fruits during normal development, aging and stress, Plant Physiology. 1997; 44(5) : 707-716. (In Rus)]. DOI: 10.31857/S0015330322040224.
12. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987, 430 с. [Methods of biochemical study of plants. L.: Agropromizdat, 1987, 430 p. (In Rus)].
13. Никитюк В.Г. Каротиноиды и их значение в живой природе и для человека, Провизор. 1999; 6 : 39-41. [Nikityuk V. G. Carotenoids and their importance in wildlife and for humans, Provisor. 1999. 6 : 39-41].
14. Пятина И.С. Исследование элементного состава растений рода *Hemerocallis* L., произрастающих на территории Республики Башкортостан, Вестник Башкирского университета. 2021; 26(4) : 944-949. [Pyatina I.S. Study of the elemental composition of plants of the genus Hemerocallis L. growing in the Republic of Bashkortostan, Bulletin of Bashkir University. 2021; 26(4) : 944-949. (In Rus)].
15. Реут А.А. Содержание биологически активных веществ в интродуцированных представителях рода *Hemerocallis* L., Известия Федерального научного центра овощеводства. 2019; 1 : 93-96. [Reut A.A. Content of biologically active substances in in-

troduced representatives of the genus Hemerocallis L., Bulletin of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing. 2019; 1 : 93-96. (In Rus)].
16. Седельникова Л.Л. Основные группы биологически активных веществ в растениях видов *Hemerocallis* L., Аграрный вестник Урала. 2024; 24(07) : 909-920. [Sedelnikova L.L. The main groups of biologically active substances in plants of the species Hemerocallis L., Agrarian Bulletin of the Urals. 2024; 24(07) : 909-920. (In Rus)]. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-909-920.
17. Якушина Л.Г. Флуоресценции хлорофилла и содержание пигментов в лепестках хризантемы, Субтропическое и декоративное садоводство. 2024; 91 : 199-211. [Yakushina L.G. Chlorophyll fluorescence and pigment content in chrysanthemum petals, Subtropical and ornamental horticulture. 2024; 91 : 199-211. (In Rus)]. DOI: 10.31360/2225-3068-2024-91-199-211.
18. Babenko L.M., Kosakivska L.V., Akimov Yu. et al. Effect of temperature stresses on pigment content, lipoxygenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings, Genetics Plant Physiology. 2014; 4(1-2) : 117-125.
19. Burri B.J. Carotenoids: chemistry, sources and physiology. Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition). Elsevier Ltd.: Academic Press, 2013, 283–291.
20. Cichewicz R. Isolation and characterization of stelladerol, a new antioxidant naphthalene glycoside, and other antioxidant glycosides from edible daylily (*Hemerocallis*) flowers, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002; 50 : 87-91.
21. Griesbach R.J., Batdorf L. Floral pigments of *Hemerocallis fulva*, *H. rosea*, and *H. disticha*, Horticultural Science. 1995; 30 : 353-354.
22. Gu L., Liu Y., Wang Y., et al. The role of monoaminergic systems in antidepressant-like effect of ethanol extracts from *Hemerocallis citrina,* Journal of Ethnopharmacology. 2012; 139 : 780-787.
23. İnanç A.L. Chlorophyll: structural properties, health benefits and its occurrence in virgin olive oils, Academic Food Journal. 2011; 9(2) : 26-32.
24. Lim J.A., Chung T.Y., Cho E.J. Total phenol content and antioxidative activity of fractions from *Hemerocallis fulva* leaves, Cancer Prevention Research. 2012; 17 : 257-263.
25. Lin S., Chang H., Chen P., et al. The antidepressant – Like effect of ethanol extract of daylily flowers in rats, Journal of Traditional and Complementary Medicine. 2013; 3 : 53-61.
26. Lin Y., Lu C., Huang Y., et al. Antioxidative caffeoylquinic acids and flavonoids from *Hemerocallis fulva* flowers, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011; 59 : 8789-8795.
27. Mao L.C., Pan X., Que F., et al. Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze-dried daylily flowers, European Food Research and Technology. 2006; 222 : 236-241.
28. Tai C.Y., Chen B.H. Analysis and stability of carotenoids in the flowers of daylily (*Hemorocallis disticha*) as affected by various treatments, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000; 48 : 5962-5968.
29. Wanasundara U.N., Shahidi F. Antioxidant and prooxidant activity of green tea extracts in marine oils, Food Chemistry. 1998; 63(3) : 335-342.
30. Wang Y., Xu T., Fan B., et al. Advances in research on the chemical composition and functions of *Hemerocallis* plants, Medicinal Plants. 2018; 9 : 16-21.

PIGMENT CONTENT IN THE LEAVES AND FLOWERS OF DAYLILIES (HEMEROCALLIDACEAE)

Sedelnikova L.L.

Central Siberian Botanical Garden S
iberian Branch of the Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia, e-mail: lusedelnikova@yandex.ru

The comparative results of the content of photosynthetic pigments (carotenoids, chlorophylls a and b) in the above-ground organs of the taxa *Hemerocallis citrina, H. minor, H. fulva*, and *H. middendorffii,* cultivated in the forest-steppe zone of the Priobye region (Novosibirsk Oblast) in 2019–2021, are analyzed for the first time in this paper. The content of chlorophylls and carotenoids in the leaves and flowers of plants during the period of active growth and mass flowering is characterized by low variability and species specificity. The highest levels of carotenoids in flowers were observed in 2019 in *H. middendorffii* (82.5 mg%), in 2020 in *H. fulva* (129.5 mg%), and in 2021 in *H. citrina* (17.2 mg%). It was found that in 2019–2020, the concentration of carotenoids in flowers was 3.5–4.6 times higher than in leaves, and in 2021, it was 1.2–1.5 times higher. The highest values of chlorophyll a and b were observed in the flowers of *H. fulva* (21.9–33.1 mg%) and in the leaves of *H. middendorffii* (20.0–37.6 mg%). High indicators of the state of introduced plants in terms of the chlorophyll a/b ratio were recorded in flowers of *H. middendorffii* (1.9) and in leaves of *H. minor, H. citrina* (2.6–3.0), by the sum (a+b)/carotenoids *H. fulva* (2.2–5.3). The results showed the high activity of the photosynthetic apparatus of plants of cultivated species of *Hemerocallis*, successful adaptation to *ex situ* conditions and the possibility of using raw materials during the period of mass flowering for practical use.

***Key words**:* species of the genus *Hemerocallis*, leaves, flowers, chlorophylls *a* and *b*, carotenoids, forest-steppe zone of Priobye, Novosibirsk region.