

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 11 (77). 2025. № 4. С. 194–204.

УДК 582.573.81:581.134.6

DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-4-194-204

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ В НАДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ КРАСОДНЕВОВ (HEMEROCALLIDACEAE)

Седельникова Л. Л.

*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: lusedelnikova@yandex.ru*

В статье проанализированы 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). Установлено, что содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях и цветках растений, в период активного роста и массового цветения растений отличаются 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, 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 [1]. 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 %, протопектини 3,9–7,4 %), которые могут меняться в зависимости от внешних факторов [2–4]. 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 [5–8]. Пластичность фотосинтетических пигментов, их способность приспособливаться 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 [9, 10]. Каротиноиды являются мощными антиоксидантами, улучшают деятельность репродуктивных органов человека [11, 12]. 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. [13–16]. 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 [17–25], имеют значение для фармацевтической, пищевой и косметической промышленности, проявляя антиоксидантные, антиколлагеназные, антиэластазные, антитирозиназные, антидепрессивные, antimикробные свойства. В поисках содержания биологически активных метаболитов в органах красодневов возрастает роль этих исследований при введении видового состава в культуру в отдельных регионах России [2–4]. 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 исследования – провести сравнительное изучение количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов, их соотношений в цветках и листьях красодневов *H. minor*, *H. middendorffii*, *H. citrina*, *H. fulva*, культивируемых в лесостепи Новосибирского Приобья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

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* Baronii – Л. лимонно-желтый и летнецветущего вида *H. fulva* L. – Л. буро-желтый (рис. 1).

Красодневы культивировали на коллекционном участке “Вальс цветов”, расположенного на территории Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС), которая находится в правобережном юго-восточном районе Приобского округа лесостепной климатической провинции Новосибирской области 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 теплый и умеренно увлажненный с гидротермическим коэффициентом ($\Gamma\text{TK}=0,97$). В 2020 г. была ранняя весна с минимальным количеством осадков в апреле (5 мм), но сезонный период был теплый и слабо-засушливый ($\Gamma\text{TK}=0,85$). Для 2021 г. характерна теплая ранняя весна, с обилием осадков (70 мм) в июне ($\Gamma\text{TK}=0,81$). Самая высокая

среднемесячная температура воздуха в эти годы составляла 18–19,5 °C в июле. В этом же месяце отмечено максимальное количество осадков в 2019 г. (64 мм) и в 2020 г. (76 мм) и минимальное в 2021 г (36 мм) (рис. 2 а, б). За годы исследования продолжительность сезонного периода составляла от 122 дней (2019 г.) до 160 дней (2020 г.), с суммой положительных температур от 2055,4 °C до 2420,5 °C.

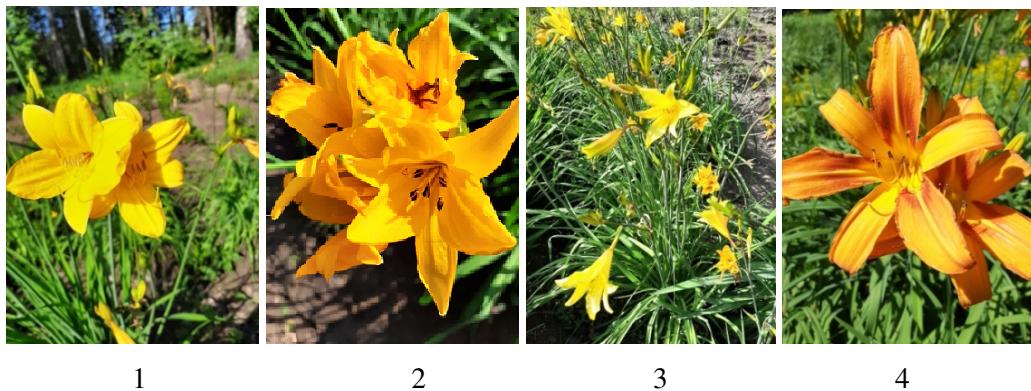


Рис. 1. Красодневы в коллекции Центрального сибирского ботанического сада:
1 – *H. minor*, 2 – *H. middendorffii*, 3 – *H. citrina*, 4 – *H. fulva*.

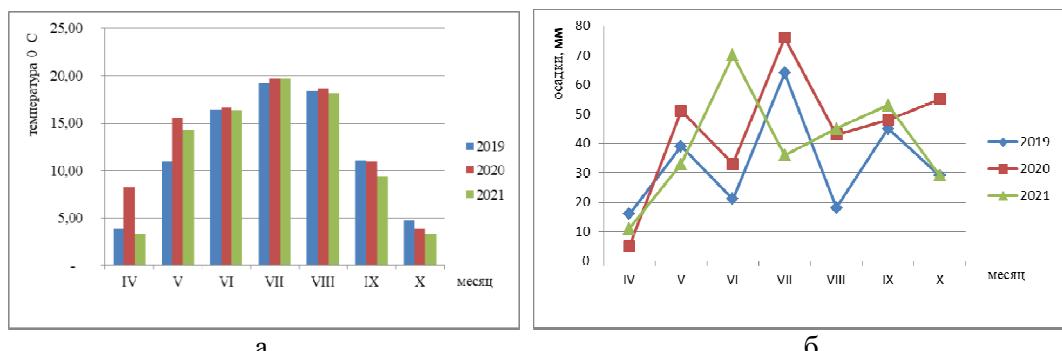


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха (а) и осадков (б) с апреля по октябрь 2019–2021 гг.

Сбор надземной части растений проводили с 01.06 по 16.06 в период массового цветения в первой половине дня, когда согласно [8] у растений наблюдается максимальная концентрация пигментов в органах. Сыре (листья и цветки) предварительно сушили по методике [26]. Определение пигментов проводили спектрофотометрическим методом в ацетоново-этанольном экстракте согласно методике [27, 28]. 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 [28]. Концентрацию пигментов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) проводили по формуле:

$$\begin{aligned} C_{\text{кар}} &= 4.695D_{440.5} - 0.268 \cdot (5.134D_{662.0} + 20.436D_{644.0}), \\ Ca &= 9.784D_{662} - 0.99D_{644}, \\ Cb &= 21.426D_{644} - 4.65D_{662} \end{aligned}$$

где D – оптическая плотность раствора; $C_{\text{кар}}$ – концентрация каротиноидов; Ca – концентрация хлорофилла a ; Cb – концентрация хлорофилла b .

Далее определяли количество пигmentа $\text{мг}/100 \text{ г}$ или $\text{мг}\%$:

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

где C – концентрация пигmentа, $\text{мг}/\text{дм}^3$; V – объем исходной вытяжки, см^3 ; V_1 – объем вытяжки, взятый для разбавления, см^3 ; V_2 – объем разбавленной вытяжки, см^3 ; H – масса навески, г.

Содержание пигментов определяли в трех аналитических повторностях из смешанной пробы. Также вычисляли содержание суммы хлорофиллов ($a + b$); соотношение хлорофиллов a/b ; соотношение суммы хлорофиллов ($a + b$) к каротиноидам. Полученные данные обработаны статистически с помощью компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 10 и предоставлены в виде средней арифметической с ошибкой ($M \pm m$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И 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 феноритм 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 зеленые пигменты от процессов фотоокисления, поддерживают водный баланс и эффективность фотосинтеза [14]. При изучении содержания каротиноидов в надземных органах красодневов установлена изменчивость их накопления в цветках и листьях в течение трех вегетационных периодов (рис. 3 а, б). 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*). Также определено, что каротиноидов больше в 3,7–4,4 раза в цветках, чем листьях, за вегетационный период 2019 г. у растений *H. citrina* – в 3,7 раза, *H. middendorffii* – в 4,1 раза, *H. minor* – в 4,4 раза. Эту закономерность наблюдали с более высоким увеличением каротиноидов в цветках в сезонный период 2020 г.: у *H. citrina* – в 4,6 раза, *H. middendorffii* – в 5,6 раза. У растений *H. fulva* отмечено стабильное содержание каротиноидов в цветках, чем в листьях, но их концентрация была в 3,5 раза выше в 2019–2020 гг., чем в 2019 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 состояние. Выявлено, что в 2021 г. показания каротиноидов в цветках растений всех видов было значительно меньше (в 5,5–8,3 раза) по сравнению с 2019–2020 гг. и составляли 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. Установлено, что во все годы наблюдений концентрация каротиноидов в цветках была выше, чем в листьях, причем в 2019–2020 гг. в 3,5–4,6 раза, а в 2021 г. в 1,2–1,5 раза.

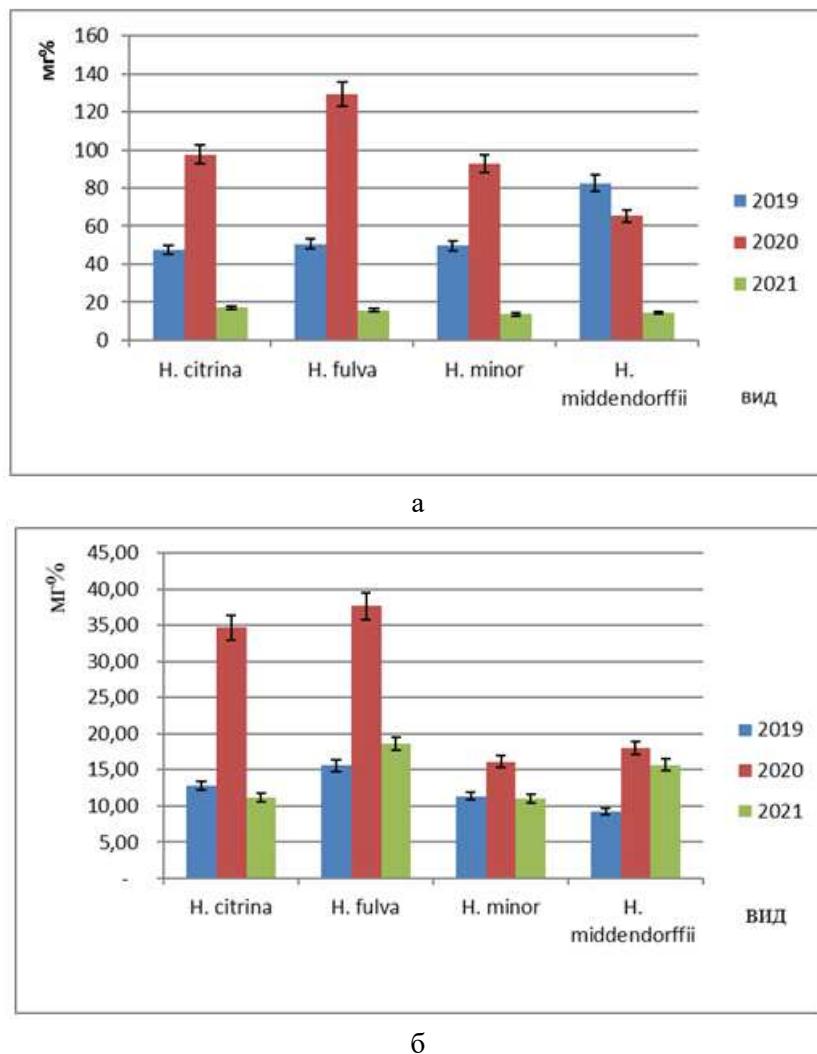


Рис. 3. Гистограмма распределения каротиноидов в цветках (а) и листьях (б) видов рода *Hemerocallis* культивируемых в ЦСБС в вегетационные периоды 2019–2021 гг.

В 2021 г. нами проведено сравнение содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях и цветках, как основных зеленых пигментов фотосинтеза, влияющих на рост и развитие растений в условиях интродукции (табл. 1).

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

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

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

Полученные экспериментальные данные показали различное содержание хлорофиллов в листьях растений красодневов. Листья отличаются высоким содержанием хлорофилла *a* от 25,2 до 37,6 мг% по сравнению с хлорофиллом *b* от 8,4 до 20,0 мг%. В результате обнаружено, что у растений всех видов красодневов преобладает основной хлорофилл *a* по сравнению с показаниями вспомогательного хлорофилла *b*: 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.

При сравнительном анализе данных нами установлено, что в листьях трех 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 растений, в листьях всех видов 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 [6, 8, 29], что служит показателем успешности интродукции растений в культуре. Более того авторы [30] 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) соотношение хлорофилла *a/b* в листьях у *H. minor*, одинаковое (1,9) у *H. fulva* и *H. middendorffii*, растения *H. citrina* занимали промежуточное положение по этому показателю (2,6). 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*) (см. 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*. Причем в цветках *H. fulva* показания хлорофиллов к каротиноидам в 1,6 выше, чем в листьях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании четырех 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 характеризуется 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-увлажненный сезон 2019 г., низкие – в увлажненный 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 “Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов” по проекту № АААА-А21-121011290025-2. Автор выражает благодарность Т. А. Кукушиной за определение фотосинтетических пигментов.

Список литературы

1. Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. / отв. ред. К. С. Байков. – Новосибирск: издательство Наука, 2012. – 639 с.
2. Реут А. А. Содержание биологически активных веществ в интродуцированных представителях рода *Hemerocallis* L. / А. А. Реут // Известия Федерального научного центра овощеводства. – 2019. – № 1. – С. 93–96.
3. Пятнина И. С. Исследование элементного состава растений рода *Hemerocallis* L., произрастающих на территории Республики Башкортостан / И. С. Пятнина, Р. И. Бастамова, А. А. Реут [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 944–949.
4. Седельникова Л. Л. Основные группы биологически активных веществ в растениях видов *Hemerocallis* L. / Л. Л. Седельникова // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Вып. 24, № 07. – С. 909–920. DOI:10.32417/1997-4868-2024-24-06-909-920.
5. Аэров И. М. Изменение оптических свойств листьев растений в зависимости от содержания пигментов хлоропластов / И. М. Аэров, Д. А. Лихолат // Физиология и биохимия культурных растений. – 1970. – №2(3). – С. 318–323.

6. Горышина Т. К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды / Т. К. Горышина. – Л.: издательство ЛГУ, 1989. – 204 с.
7. Мерзляк М. Н. Спектры отражения листьев и плодов при нормальном развитии, старении и стрессе / М. Н. Мерзляк, А. А. Гительсон, С. И. Погосян // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 5. – С. 707–716. DOI: 10.31857/S0015330322040224.
8. Дымова О. В. Фотосинтетические пигменты: функционирование, экология, биологическая активность / О. В. Дымова, Т. К. Головко // Известия Уфимского научного центра. – 2018. – № 3–4. – С. 5–16.
9. Wanansundara U. N., Shahidi F. Antioxidant and prooxidant activity of green tea extracts in marine oils / U. N. Wanansundara, F. Shahidi // Food Chemistry. – 1998. – Vol. 63, no 3. – P. 335–342.
10. İnanç A. L. Chlorophyll: structural properties, health benefits and its occurrence in virgin olive oils / A. L. İnanç // Academic Food Journal. – 2011. – Vol. 9, no 2. – P. 26–32.
11. Никитюк В. Г. Каротиноиды и их значение в живой природе и для человека / В. Г. Никитюк // Провизор. – 1999. – № 6. – С. 39–41.
12. Burri B. J. Carotenoids: chemistry, sources and physiology / B. J. Burri // Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition). Eds. by B. Caballero. Elsevier Ltd.: Academic Press. – 2013. – P. 283–291.
13. Дейнека В. И. Некоторые особенности накопления пигментов в цветках *Tagetes* sp. (*T. patula*) / В. И. Дейнека, М. Ю. Третьяков, Л. А. Дейнека [др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2007. – Вып. 5, № 36. – С. 22–27.
14. Дейнека В. И. Каротиноиды и антоцианы листочков околоветвников некоторых видов и сортов лилий (*Lilium* L.) / В. И. Дейнека, Н. А. Лабунская, О. А. Сорокопудова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2008. – № 2. – С. 18–23.
15. Дейнека В. И. Каротиноиды лепестков цветков календулы / В. И. Дейнека, И. А. Гостищев, М. Ю. Третьяков [и др.] // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2011. – № 9 (104). – С. 15–18.
16. Якушина Л. Г. Флуоресценции хлорофилла и содержание пигментов в лепестках хризантемы / Л. Г. Якушина // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2024. – № 91. – С. 199–211. DOI: 10.31360/2225-3068-2024-91-199-211.
17. Griesbach R. J. Floral pigments of *Hemerocallis fulva*, *H. rosea*, and *H. disticha* / R. J. Griesbach, L. Batdorf // Horticultural Science. – 1995. – Vol. 30. – P. 353–354.
18. Tai C. Y. Analysis and stability of carotenoids in the flowers of daylily (*Hemerocallis disticha*) as affected by various treatments / C. Y. Tai, B. H. Chen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48. – P. 5962–5968.
19. Cichewicz R. Isolation and characterization of stelladerol, a new antioxidant naphthalene glycoside, and other antioxidant glycosides from edible daylily (*Hemerocallis*) flowers / R. Cichewicz, M. Nair // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 87–91.
20. Mao L. C. Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze-dried daylily flowers / L. C. Mao, X. Pan, F. Que [et al.] // European Food Research and Technology. – 2006. – Vol. 222. – P. 236–241.
21. Lin Y. Antioxidative caffeoylequinic acids and flavonoids from *Hemerocallis fulva* flowers / Y. Lin, C. Lu, Y. Huang [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2011. – Vol. 59. – P. 8789–8795.
22. Gu L. The role of monoaminergic systems in antidepressant-like effect of ethanol extracts from *Hemerocallis citrina* / L. Gu, Y. Liu, Y. Wang [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. – 2012. – Vol. 139. – P. 780–787.
23. Lim J. A. Total phenol content and antioxidative activity of fractions from *Hemerocallis fulva* leaves / J. A. Lim, T. Y. Chung, E. J. Cho // Cancer Prevention Research. – 2012. – No 17. – P. 257–263.
24. Lin S. The antidepressant-Like effect of ethanol extract of daylily flowers in rats / S. Lin, H. Chang, P. Chen [et al.] // Journal of Traditional and Complementary Medicine. – 2013. – No 3. – P. 53–61.
25. Wang Y. Advances in research on the chemical composition and functions of *Hemerocallis* plants / Y. Wang, T. Xu, B. Fan [et al.] // Medicinal Plants. – 2018. – No 9. – P. 16–21.
26. Государственная фармакопея Российской Федерации. М. : Медицина – 2018. – Вып. XIV, Т. 2. – 3263 с.
27. Кривенцов В. И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав / В. И. Кривенцов. – Ялта : НБС, 1982. – 21 с.

28. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
29. Андрианова Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский – М.: Наука, – 2000. – 135 с.
30. Babenko L. M. Effect of temperature stresses on pigment content, lipoxygenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings / L. M. Babenko, L. V. Kosakivska, Yu. Akimov [et al.] // Genetics Plant Physiology. – 2014. – Vol. 4, no 1–2. – P. 117–125.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN AERIAL ORGANS OF DAYLILIES (HEMEROCALLIDACEAE)

Sedelnikova L. L.

*Central Siberian Botanical Garden Siberian Branch of the Academy of Sciences, Novosibirsk,
Russia Federation
E-mail: lusedelnikova@yandex.ru*

The article analyzes 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*, *H. middendorffii*, cultivated in the forest-steppe zone of Priobye (Novosibirsk region). It has been established that the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves and flowers of plants during the period of active growth and mass flowering of plants is characterized by slight variability and species specificity. The highest carotenoid levels in flowers were found in *H. middendorffii* in 2019 (82,5 mg%), *H. fulva* in 2020 (129,5 mg%), and *H. citrina* in 2021 (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 maximum values of chlorophylls *a* and *b* were noted in the flowers of *H. fulva* plants (21,9–33,1 mg%) and in the leaves of *H. middendorffii* (20,0–37,6 mg%). The flowers of *H. middendorffii* (1,9) and the leaves of *H. minor*, *H. citrina* (2,6–3,0) have high indicators of the condition of introduced plants in terms of the chlorophyll *a/b* ratio, and in terms of the sum (*a+b*)/carotenoids of *H. fulva* (2,2–5,3). The results showed high activity of the photosynthetic apparatus of plants of cultivated *Hemerocallis* species, successful adaptation to ex situ conditions and the possibility of using raw materials during the period of mass flowering for practical use.

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

References

1. *Konspekt flory Aziatskoj Rossii:sosudistye rasteniya*, 639 s. (Novosibirsk: Nauka, 2012).
2. Reut A. A. Soderzhaniye biologicheski aktivnykh veshchestv v introdutsirovannykh predstaviteleyakh roda *Hemerocallis* L., *Izvestiya Federalnogo nauchnogo centra ovshevodstva*, **1**, 93 (2019).
3. Pyatina I. S., Bastamova R. I., Reut A. A., Safiullina L. M., Shakurova E. R. Issledovaniye elementnogo sostava rasteniy roda *Hemerocallis* L., proizrastayushchikh na territorii respubliki Bashkortostan, *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, **26**, **4**, 944 (2021).

4. Sedelnikova L. L. Osnovnye gruppy biologicheski aktivnyh veshestv v rasteniyah vidov *Hemerocallis* L., *Agrarnyj vestnik Urala*, **24**, 7, 909 (2024). DOI:10.32417/1997-4868-2024-24-06-909-920.
5. Aerov I. M., Liholat D. A. Izmenenie opticheskikh svojstv listev rastenij v zavisimosti ot soderzhanija pigmentov hloroplastov, *Fiziologiya i biohimija kulturnyh rastenij*, **2** (3), 318 (1970).
6. Goryshina T. K. *Fotosinteticheskij apparat rastenij i usloviya sredy*, 204 s. (Leningrad: Izdatelstvo, LGU, 1989).
7. Merzlyak M. N., Gitelson A. A., Pogosyan S. I. Spektry otrazheniya listev i plodov pri normalnom razvitiu, stareni i stresse, *Fiziologiya rastenij*, **44**, 5, 707 (1997). DOI: 10.31857/S0015330322040224.
8. Dymova O. V., Golovko T. K. Fotosinteticheskie pigmenty: funkcionirovanie, ekologiya, biologicheskaya aktivnost, *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra*, **3-4**, 5 (2018).
9. Wanasyunda U. N., Shahidi F. Antioxidant and prooxidant activity of green tea extracts in marine oils, *Food Chemistry*, **63**, 3, 335 (1998).
10. Inanç A. L. Chlorophyll: structural properties, health benefits and its occurrence in virgin olive oils, *Academic Food Journal*, **9**, 2, 26 (2011).
11. Nikityuk V. G. Karotinoidy i ih znachenie v zhivoj prirode i dlya cheloveka, *Provizor*, **6**, 39 (1999).
12. Burri B. J. Carotenoids: chemistry, sources and physiology, *Encyclopedia of Human Nutrition*, 283 (2013).
13. Dejneca V. I., Tretyakov M. Yu., Dejneca L. A., Sorokopudov V. N. Nekotorye osobennosti nakopleniya pigmentov v cvetkah Tagetes sp. (*T. patula*), *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosuniversiteta. Seriya Estestvennye nauki*, **5**, 36, 22 (2007).
14. Dejneca, V. I., Labunskaya N. A., Sorokopudova O. A. Karotinoidy i antociany listochkov okolocvetnikov nekotoryh vidov i sortov lilij (Lilium L.), *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*, **2**, 18 (2008).
15. Dejneca V. I., Gostincev I. A., Tretyakov M. Yu., Indina I. V. Karotinoidy lepestkov cvetkov kalenduly, *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki*, **9** (104), 15 (2011).
16. Yakushina L. G. Fluorescencii hlorofilla i soderzhanie pigmentov v lepestkah hrizantemy, *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo*, **91**, 199 (2024) DOI: 10.31360/2225-3068-2024-91-199-211.
17. Griesbach R. J., Batdorf L. Floral pigments of *Hemerocallis fulva*, *H. rosea*, and *H. disticha*, *Horticultural Science*, **30**, 353 (1995).
18. Tai C. Y., Chen B. H. Analysis and stability of carotenoids in the flowers of daylily (*Hemerocallis disticha*) as affected by various treatments, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 5962 (2000).
19. Cichewicz R., Nair, M. 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*, **50**, 87 (2002).
20. Mao L. C., Pan X., Que F., Fang X. H. Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze-dried daylily flowers, *European Food Research and Technology*, **222**, 236 (2006).
21. Lin Y., Lu C., Huang Y., Chen H. Antioxidative caffeoylquinic acids and flavonoids from *Hemerocallis fulva* flowers, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 8789 (2011).
22. Gu L., Liu Y. J., Wang Y. B., Yi L. T. The role of monoaminergic systems in antidepressant-like effect of ethanol extracts from *Hemerocallis citrina*, *Journal of Ethnopharmacology*, **139**, 780(2012).
23. Lim J. A., Chung T. Y., Cho E. J. Total phenol content and antioxidative activity of fractions from *Hemerocallis fulva* leaves, *Cancer Prevention Research*, **17**, 257 (2012).
24. Lin S., Chang H., Chen P., Hsieh C., Su K., Sheen L. The antidepressant – Like effect of ethanol extract of daylily flowers in rats, *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, **3**, 53 (2013).
25. Wang Y., Xu T., Fan B., Zhang L., Lu C., Wang D., Liu H., Wang F. Advances in research on the chemical composition and functions of *Hemerocallis* plants, *Medicinal Plants*, **9**, 16 (2018).
26. *Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii*, **XIV**, 2, 3263 s. (Moscow: Medicina, 2018).
27. Krivencov V. I. *Metodicheskie rekomendacii po analizu plodov na biohimicheskij sostav*, 21 s. (Yalta: Izdatelstvo Nikitskij botanicheskij sad, 1982).
28. *Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij*, 430 s. (St. Petersburg; Agropromizdat 1987).
29. Andrianova Yu. E., Tarchevskij I. A. *Hlorofill i produktivnost rastenij*, 135 s. (Moscow: Nauka, 2000).
30. Babenko L. M., Kosakivska L. V., Akimov Yu. Effect of temperature stresses on pigment content, lipoxygenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings, *Genetics Plant Physiology*, **4**, 1-2, 117 (2014).