



СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ПОБЕГАХ ОЧИТКОВ (SEDOIDEAE) В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2026

Фомина Т.И.

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (г. Новосибирск, Россия)

Аннотация. Цель настоящей работы заключалась в определении содержания хлорофиллов и каротиноидов в побегах очитков в разные фазы сезонного развития. Исследование выполнено в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск) в 2022 г. Объектами послужили 8 видов подсемейства Sedoideae, относящихся к родам *Aizopsis*, *Hylotelephium*, *Sedum*. Определяли концентрации хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов в свежесобранном сырье спектрофотометрическим методом. Установлено, что в фазу цветения суммарное содержание хлорофиллов в вегетативных побегах очитков варьировало в пределах 40,0–398,5 мг%, а в побегах с соцветиями – от 31,8 до 216,6 мг% на абсолютно сухую массу сырья. Соответствующие показатели для каротиноидов составляли 7,4–84,1 мг% и 10,8–36,0 мг%. В конце вегетационного периода пигментный фонд увеличился у зимнезеленых видов, обеспечивая накопление пластических веществ при подготовке к зимнему периоду. Соотношение хлорофиллов *a* и *b* осенью колебалось от 0,6 до 2,6; соотношение хлорофиллов и каротиноидов – от 3,1 до 4,6. Летом эти показатели варьировали в большем диапазоне из-за различной степени светолюбия очитков. Полученные данные свидетельствуют о низком содержании фотосинтетических пигментов у очитков и высокой межвидовой изменчивости количественных показателей пигментного фонда при адаптации к условиям лесостепи западной Сибири.

Ключевые слова: *Aizopsis*; *Hylotelephium*; *Sedum*; очитки; хлорофилл *a*; хлорофилл *b*; каротиноиды; фенофазы; вегетативные и цветущие побеги; интродукция; Западная Сибирь.

CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE SHOOTS OF STONECROPS (SEDOIDEAE) IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

© 2026

Fomina T.I.

Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Abstract. The purpose of this work was to determine the content of chlorophylls and carotenoids in the shoots of stonecrops at different phases of seasonal development. The study was carried out at the Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk) in 2022. The objects were 8 species of the subfamily Sedoideae, belonging to the genera *Aizopsis*, *Hylotelephium*, and *Sedum*. The concentrations of chlorophylls *a* and *b*, as well as carotenoids in the freshly collected raw material were determined by the spectrophotometric method. It was found that during the flowering phase, the total chlorophyll content in the vegetative shoots of stonecrops ranged from 40,0 to 398,5 mg%, and in the shoots with inflorescences – from 31,8 to 216,6 mg% per absolutely dry raw material weight. The corresponding indicators for carotenoids were 7,4–84,1 mg% and 10,8–36,0 mg%. At the end of the growing season, the pigment pool increased in winter-green species, providing the accumulation of plastic substances for the winter period. The ratio of chlorophylls *a* and *b* in autumn ranged from 0,6 to 2,6, the ratio of chlorophylls and carotenoids ranged from 3,1 to 4,6. In summer, the indicators varied in a wider range due to the different heliophilicity of stonecrops. The data demonstrate a low content of photosynthetic pigments in stonecrops and a high interspecific variability of quantitative indicators of the pigment pool during adaptation to the forest-steppe conditions of Western Siberia.

Keywords: *Aizopsis*; *Hylotelephium*; *Sedum*; stonecrops; chlorophyll *a*; chlorophyll *b*; carotenoids; phenophases; vegetative and flowering shoots; introduction; Western Siberia.

Введение

Важной характеристикой функционального состояния растений, определяющего их продуктивность и устойчивость, является количественное содержание и соотношение фотосинтетических пигментов [1; 2]. Поглощение света и защиту фотосинтетического аппарата от избыточного излучения осуществляет пигментный комплекс – хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды, локализованные в ассимилирующих тканях зеленых органов. Пигментный фонд связан с уровнем фотосинтеза, поэтому служит косвенным индикатором условий местобитания и приспособления растений к гидротермическому и световому режиму [3].

Показатели активности фотосинтеза обусловлены генотипом, различаются у разных таксонов и жизненных форм. На видовом уровне они варьируют в зависимости от фазы развития, возрастного состояния растений, а также от экологических условий. Максимум содержания хлорофиллов обычно приходится на начало репродуктивного периода, а минимум отмечается в процессе старения и в стрессовых условиях [4–7].

Важным показателем состояния фотосинтетического аппарата является соотношение хлорофиллов *a* и *b*, а также соотношение хлорофиллов и каротиноидов. Установлено, что у большинства наземных растений со-

держание хлорофиллов невысокое, в пределах 2–10 мг/г сухой массы листьев. При этом соотношение хлорофиллов *a* и *b* составляет 2,0–3,5, соотношение хлорофиллов и каротиноидов – 4–5 [2; 8].

Каротиноиды играют ключевую роль в защите хлорофилла от процессов фотодеструкции и образования активных форм кислорода. В стрессовых условиях (засуха, урбанизированная среда и др.) эффективность фотосинтеза поддерживается за счет повышенного синтеза хлорофилла *b* и каротиноидов, функционирующих как вспомогательные светосборщики. По данным различных исследований, подобное изменение в структуре пигментного фонда может также свидетельствовать об адаптации растений к затенению [9; 10].

Очитки – представители семейства Толстянковых (Crassulaceae), подсемейства Sedoideae известны как отличные медоносы и лекарственные растения, обладающие ранозаживляющими, противовоспалительными, мочегонными свойствами. Благодаря содержанию алкалоидов, танинов, слизи, камеди и рутина, очитки являются биогенными стимуляторами, усиливают обменные процессы и регенерацию тканей, оказывают общетонизирующее действие [11; 12]. Современные данные подтверждают перспективность этих растений в качестве источника различных биоактивных веществ фенольной природы, а также пектинов, сахаров, аскорбиновой кислоты [13; 14].

Очитки широко используются в городском озеленении в качестве красивоцветущих и декоративнолистных растений. Поскольку очитки способны длительно выдерживать дефицит влаги, они являются лучшим выбором для сухих участков и технологий, предусматривающих сокращение затрат на полив [15; 16]. Кроме того, выявлена гиперспособность некоторых очитков к накоплению солей тяжелых металлов и пригодность для фиторемедиации почв [17]. Высокая биологическая устойчивость очитков связана с их суккулентной биоморфой и способностью к САМ-фотосинтезу, позволяющими приспосабливаться к разнообразным стрессовым условиям [18]. Реализация потенциала хозяйственно-полезных видов растений в значительной степени обусловлена активностью пигментного комплекса, неодинаковой в течение сезона.

Цель исследования – определить содержание хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов, их соотношение в побегах 8 видов очитков в разные фазы сезонного развития.

Материалы и методы

Исследование выполнено в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск) в 2022 г. Объектами послужили виды Sedoideae (Очитковые), принадлежащие к родам *Aizopsis* (живучник): *A. aizoon* (L.) Grulich (живучник живучий), *A. hybrida* (L.) Grulich (живучник гибридный), *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch. (живучник курильский); *Hylotelephium* H. Ohba (очитник) – *H. ewersii* (Ledeb.) H. Ohba (очитник Эверса); *Sedum* L. (очиток): *S. album* L. (очиток белый), *S. hispanicum* L. (очиток испанский), *S. rupestre* L. (очиток скальный) и *S. spurium* M. Bieb. (очиток ложный). Виды представлены в составе биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН – USU 440534 «Коллекция живых растений в открытом и закрытом грунте».

Фитохимическому анализу подвергали свежесобранные побеги очитков в фазы массового цветения и окончания вегетации. Содержание пигментов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом [19]. Навеску сырья 0,1 г растирали в ступке до однородной массы, добавляя последовательно 0,1 г кальция карбоната для нейтрализации органических кислот (каротиноиды неустойчивы в кислой среде), 1 мл диметилформамида для устойчивости пигментов и 2 г натрия сульфата безводного. Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном (40 мл – 1 раз и далее по 10 мл – 2 раза), а затем 96% этанолом (по 5 мл – 3 раза) для извлечения ликопина. Далее экстрагировали ацетоном до исчезновения окраски. Измеряли объем объединенного извлечения. Затем раствор разбавляли ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности находилась в пределах 0,1–0,8. Концентрацию пигментов рассчитывали для хлорофиллов *a* и *b* при длинах волн 662 и 644 нм, для каротиноидов – при 440,5 нм на спектрофотометре СФ-56. Расчет концентрации пигментов выполняли по формулам:

$$Ca = 9,784 \times D_{662} - 0,99 \times D_{644},$$

$$Cb = 21,426 \times D_{644} - 4,65 \times D_{664},$$

$$Скар. = 4,695 \times D_{440,5} - 0,268 \times 5,134 \times (D_{662} - 20,436 \times D_{644}),$$

где Ca – концентрация хлорофилла *a* (мг/дм³); Cb – концентрация хлорофилла *b* (мг/дм³); $Скар.$ – концентрация каротиноидов, мг/дм³; D – оптическая плотность извлечения.

Содержание пигментов (мг/г) определяли по формуле:

$$X = C \times V_1 \times V_3 / M \times V_2 \times 1000,$$

где C – концентрация пигмента, мг/дм³; V_1 – объем исходного ацетонового извлечения, мл; V_2 – объем исходного извлечения, взятого для разбавления, мл; V_3 – объем разбавленного извлечения, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г.

Определение проводили в трех биологических повторностях. Результаты представлены в виде средней арифметической с ошибкой $M \pm m_x$.

Результаты и их обсуждение

В условиях лесостепи Западной Сибири исследованные виды очитков вступают в фазу цветения в третьей декаде июня, за исключением *H. ewersii*, зацветающего в начале августа. Соответственно, сбор побегов проводили в первой половине июля и в третьей декаде августа. Вегетативные и цветущие побеги собирали отдельно.

Фитохимический анализ показал, что суммарное содержание хлорофиллов в листьях и стеблях вегетативных побегов варьировало в пределах 40,0–398,5 мг%, а в побегах с соцветиями – от 31,8 до 216,6 мг%

(табл. 1). Самые низкие концентрации хлорофиллов определены (в порядке убывания) для *S. rupestre* и *A. hybrida*, а наиболее высокие – для *H. ewersii*, *S. hispanicum* и *A. aizoon*.

Распределение хлорофиллов *a* и *b* на межвидовом уровне сильно различалось, от сопоставимых по величине значений до 2–5-кратного превышения в пользу основного хлорофилла *a* (табл. 2). Однако, большинство показателей соотношения хлорофиллов *a* и *b* ниже 2,0, что может служить адаптацией к условиям затенения: в коллекции ботанического сада при более высокой доле рассеянного света эффективность фотосинтеза в побегах очитков поддерживается за счет повышенного синтеза хлорофилла *b*.

Концентрация каротиноидов также варьировала в широком диапазоне при минимальных показателях для вегетативных побегов – 7,4 мг%, а для цветonoсных побегов – 10,8 мг%. Максимальные значения показателя отмечены у *H. ewersii* – 84,1 и 36,0 мг%, соответственно. Вероятнее всего, это обусловлено позднелетними сроками цветения вида на фоне сокращения продолжительности светового дня, когда роль каротиноидов как светосборщиков возрастает. Длительный префлоральный период обеспечивает высокий уровень пигментов, о чем свидетельствует также самое высокое среди исследованных видов суммарное содержание хлорофиллов в вегетативной массе – около 4 мг%, тогда как для других видов этот показатель, как правило, ниже 2 мг%. Соотношение зеленых и желтых пигментов на межвидовом уровне значительно варьировало, особенно для побегов с соцветиями (табл. 2).

Таблица 1 – Содержание пигментов в побегах очитков в фазу цветения, 2022 г.

| Вид | Каротиноиды | | Хлорофилл <i>a</i> | | Хлорофилл <i>b</i> | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | М ± m _x для вп | М ± m _x для цп | М ± m _x для вп | М ± m _x для цп | М ± m _x для вп | М ± m _x для цп |
| <i>Aizopsis aizoon</i> | 32,0 ± 0,7 | 17,9 ± 0,4 | 102,9 ± 1,3 | 88,9 ± 1,1 | 68,5 ± 1,2 | 95,5 ± 1,4 |
| <i>A. hybrida</i> | 7,4 ± 0,1 | 13,7 ± 0,2 | 23,3 ± 0,4 | 13,9 ± 0,2 | 16,7 ± 0,3 | 20,3 ± 0,4 |
| <i>A. kurilensis</i> | 17,9 ± 0,2 | 17,0 ± 0,2 | 68,4 ± 0,4 | 22,2 ± 0,4 | 90,6 ± 1,2 | 15,1 ± 0,1 |
| <i>Hylotelephium ewersii</i> | 84,1 ± 0,9 | 36,0 ± 0,7 | 282,8 ± 1,9 | 95,9 ± 1,2 | 115,7 ± 0,9 | 52,6 ± 0,6 |
| <i>Sedum album</i> | 62,7 ± 0,9 | 15,8 ± 0,4 | 136,9 ± 1,7 | 21,1 ± 0,4 | 69,3 ± 1,0 | 17,6 ± 0,2 |
| <i>S. hispanicum</i> | 47,5 ± 1,0 | 11,7 ± 0,2 | 115,7 ± 1,2 | 192,3 ± 1,5 | 59,8 ± 0,7 | 24,3 ± 0,5 |
| <i>S. rupestre</i> | 16,0 ± 0,1 | 18,4 ± 0,3 | 37,2 ± 0,5 | 18,4 ± 0,2 | 26,2 ± 0,5 | 13,4 ± 0,2 |
| <i>S. spurium</i> | 31,2 ± 0,7 | 10,8 ± 0,4 | 116,8 ± 1,2 | 28,9 ± 0,6 | 25,3 ± 0,5 | 24,1 ± 0,5 |

Примечание. вп – вегетативные побеги, цп – цветonoсные побеги. Все показатели приведены в мг% на абсолютно сухую массу сырья.

Таблица 2 – Соотношение пигментов в побегах очитков в фазу цветения, 2022 г.

| Вид | Хлорофилл <i>a</i> / хлорофилл <i>b</i> | | Хлорофилл / каротиноиды | |
|------------------------------|---|-----|-------------------------|------|
| | вп | цп | вп | цп |
| <i>Aizopsis aizoon</i> | 1,5 | 0,9 | 5,4 | 10,3 |
| <i>A. hybrida</i> | 1,4 | 0,7 | 5,4 | 2,5 |
| <i>A. kurilensis</i> | 0,8 | 1,5 | 8,9 | 2,2 |
| <i>Hylotelephium ewersii</i> | 2,4 | 1,8 | 4,7 | 4,1 |
| <i>Sedum album</i> | 2,0 | 1,2 | 3,3 | 2,4 |
| <i>S. hispanicum</i> | 1,9 | 7,9 | 3,7 | 18,5 |
| <i>S. rupestre</i> | 1,4 | 1,4 | 4,0 | 1,7 |
| <i>S. spurium</i> | 4,6 | 1,2 | 4,6 | 4,9 |

Примечание. вп – вегетативные побеги, цп – цветonoсные побеги.

Полученные данные показывают, что пополнение фонда пигментов у очитков в летний период осуществляется преимущественно за счет синтеза хлорофилла *a*. При этом невысокие значения соотношения хлорофиллов *a* и *b* отражают существенную роль вспомогательного хлорофилла *b* в процессе фотосинтеза. Кроме того, показатели содержания и соотношения пигментов не только характеризуют интенсивность фотосинтеза, но также уровень светолюбия видов и опосредованы условиями освещения. Летом очитки произрастают в коллекции ботанического сада в условиях затенения от более высоких многолетников и древесных растений. Известно, что при затенении увеличивается суммарное содержание хлорофиллов, возрастает доля хлорофилла *b* и уменьшается доля каротиноидов. Относительно высокое содержание каротиноидов в летний период обеспечивает защиту фотосинтетического аппарата от избыточной инсоляции и потенциального перегрева [4; 20].

Высокая межвидовая изменчивость количественных показателей пигментного фонда обусловлена различной биохимической активностью очитков в период цветения. Вариабельность показателей между вегетативными и цветonoсными побегами связана с энергетическими затратами растений на репродуктивные структуры за счет перераспределения ресурсов. Это объясняет наблюдаемую у большинства видов тенденцию к снижению уровня фотосинтетических пигментов в цветущих побегах.

В конце вегетационного периода динамика содержания пигментов в побегах очитков, как было показано нами ранее [21], неодинакова и зависит от феноритмотипа. У зимнезеленых видов, к которым принадлежат *A. hybrida* и представители рода *Sedum*, концентрация хлорофиллов по сравнению с фазой цветения возросла: в 2,5–3,7 раза, а концентрация каротиноидов – в 1,4–5,6 раза (см. рис. 1). Высокая интенсивность фотосинтеза у них связана с накоплением ассимилятов при подготовке к зимнему периоду – стелющиеся зимующие побеги продолжают активный рост, удерживая повышенный уровень пигментов.

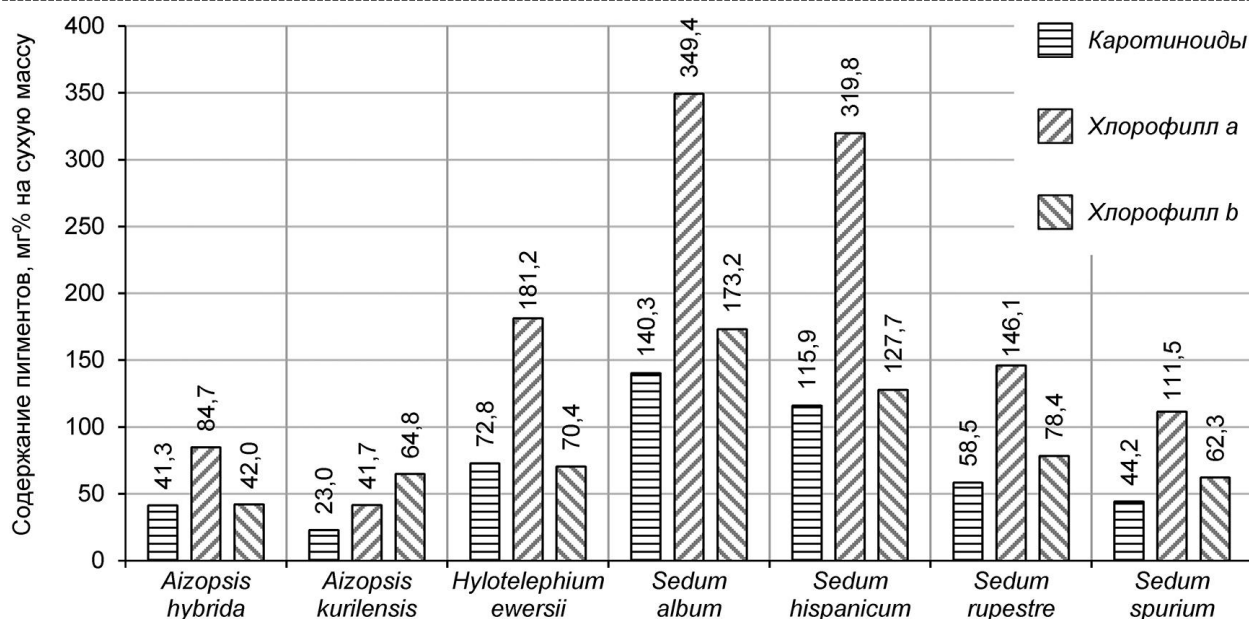


Рисунок 1 – Содержание пигментов в побегах очитков в октябре, в мг% на абсолютно сухую массу сырья (2022 г.). *Примечание:* у *A. aizoon* вегетация завершилась в третьей декаде сентября

В то же время у летнезеленого вида *H. ewersii*, завершающего вегетацию с наступлением осенних заморозков, концентрация хлорофиллов в вегетативных побегах уменьшилась на 36%, каротиноидов – на 13%. Для осенне-летнезеленого вида *A. kurilensis* также отмечено существенное снижение содержания зеленых и желтых пигментов в октябре – на 33 и 28%, соответственно. В конце вегетации это является естественным процессом, связанным с деструкцией листового аппарата [22].

Заключение

Для исследованных видов очитков диапазон значений по суммарному содержанию хлорофиллов составил 31,8–522,6 мг%, каротиноидов – 7,4–140,3 мг%. Соотношение хлорофиллов *a* и *b* варьировало от 0,6 до 4,6; соотношение хлорофиллов и каротиноидов – от 1,7 до 18,5. Наибольшая величина пигментного фонда летом отмечена у *H. ewersii*, а осенью – у *S. album* и *S. hispanicum*. Наименьшие концентрации пигментов определены для *A. hybrida* и *A. kurilensis*.

Количественное содержание пигментов обусловлено видовой спецификой и значительно варьирует. Внутривидовая изменчивость по содержанию и соотношению пигментов также высокая, поскольку показатели зависят от фазы сезонного развития и феноритмотипа: для вегетативных побегов и зимнезеленых видов они значительно выше. Полученные нами данные о низком содержании фотосинтезирующих пигментов и их высокой вариабельности у очитков подтверждают пластичную стратегию, характерную для суккулентов, которая обеспечивает их успешную адаптацию к неблагоприятным условиям континентального климата лесостепи Западной Сибири.

Благодарности

Автор благодарит Т.А. Кукушкину за проведение фитохимических анализов.

Список источников:

1. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука, 2000. 135 с.
2. Дымова О.В., Головки Т.Г. Фотосинтетические пигменты в растениях природной флоры таежной зоны европейского северо-востока России // Физиология растений. 2019. Т. 66, № 3. С. 198–206. DOI: 10.1134/S0015330319030035.
3. Голубева Е.И., Червякова А.А., Шмакова Н.Ю., Зимин М.В., Тимохина Ю.И. Видовые и фитоценотические особенности пигментного состава растений Севера // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 6–12. DOI: 10.24411/1728-323x-2019-11006.
4. Иванов Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К., Золотарева Н.В., Калашникова И.В., Иванова Л.А. Сезонная динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных и лесных растений на уровне вида и сообщества // Физиология растений. 2020. Т. 67, № 3. С. 278–288. DOI: 10.31857/S0015330320030112.
5. Зубкова Т.В., Масина Т.А. Влияние экологических условий выращивания на фотосинтетический потенциал декоративных растений // АгроЭкоИнфо. 2021. № 1 (43). DOI: 10.51419/20211115.
6. Калмыкова Е.В., Мельник К.А., Кузьмин П.А. Видовые различия в содержании фотосинтетических пигментов у растений аридных территорий юга России // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 3. С. 32–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-32-42.
7. Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях ежевики // Современное садоводство. 2018. № 3 (27). С. 74–80. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10311.

8. Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Видоспецифичность пигментного состава хвои представителей рода лиственница // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. 39, № 4. С. 313–321.
9. Кунина В.А., Белоус О.Г. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6 (72), № 2. С. 108–118.
10. Маслова Т.Г., Марковская Е.Ф., Слемнев Н.Н. Функции каротиноидов в листьях высших растений (обзор) // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81, № 4. С. 297–310. DOI: 10.31857/s0044459620040065.
11. Корулькин Д.Ю., Курбатова Н.В., Муzychина Р.А. Некоторые морфолого-диагностические и фитохимические особенности растений из рода *Sedum* L. // Вестник КазНУ. Серия биологическая. 2016. № 3 (68). С. 62–71.
12. Бирюля Н.М., Богомолов К.В. Медоносные, лекарственные, декоративные растения естественной флоры Сибири, Урала и европейской части России: справ. издание: в 2 т., т. 1. Рязань: Изд-во ГУП РО «Рязанская областная типография», 2017. 352 с.
13. Hassan M.H.A., Elwekeel A., Moawad A., Afifi N., Amin E., Amir D.E. Phytochemical constituents and biological activity of selected genera of family Crassulaceae: a review // South African Journal of Botany. 2021. Vol. 141. P. 383–404. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.05.016.
14. Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых очитковых (Sedoideae) // Химия растительного сырья. 2022. № 4. С. 189–195. DOI: 10.14258/jcrpm.20220411300.
15. Matsuoka T., Tsuchiya K., Yamada S., Lundholm J., Okuro O. Value of *Sedum* species as companion plants for nectar-producing plants depends on leaf characteristics of the *Sedum* // Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Vol. 39. P. 35–44. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.02.003.
16. Akbarova Ch. The research of ornamentally-medicinally useful members of Crassulaceae D.C. family spread in Caucasus Minor // Nature & Science: International Scientific Journal. 2025. Vol. 7, iss. 3. P. 4–11. DOI: 10.36719/2707-1146/54/4-11.
17. Song W., Wang J., Zhai L., Ge L., Hao Sh., Shi L., Lian Ch., Chen Ch., Shen Zh., Chen Ya. A meta-analysis about the accumulation of heavy metals uptake by *Sedum alfredii* and *Sedum plumbizincicola* in contaminated soil // International Journal of Phytoremediation. 2022. Vol. 24, iss. 7. P. 744–752. DOI: 10.1080/15226514.2021.1970103.
18. Чуб В.В. САМ-метаболизм как биохимическая адаптация к аридным условиям // Труды НОЦ – Ботанический сад МГУ. Вып. VII. Роль коллекций в сохранении биоразнообразия суккулентных растений *ex situ*: мат-лы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / отв. ред. В.В. Чуб. М.: Изд-во Московского университета, 2024. С. 167–172. DOI: 10.55959/msu012039-4-2024-7-33.
19. Храмова Е.П., Боголюбова Е.В., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Зверева Г.К. Фитохимическая характеристика и антиоксидантные свойства *Trifolium pannonicum* Jacq. сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 149–158. DOI: 10.14258/jcrpm.2020026023.
20. Esteban R., Barrutia O., Artetxe U., Fernandez-Marin B., Hernandez A., Garcia-Plazaola J.I. Internal and external factors affecting photosynthetic pigment composition in plants: a meta-analytical approach // New Phytologist. 2015. Vol. 206, iss. 1. P. 268–280. DOI: 10.1111/nph.13186.
21. Фомина Т.И. Сезонная динамика фотосинтетических пигментов в побегах очитков (Sedoideae) // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1705–1713. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1705-1713.
22. Чукуриды С.С., Савенко А.В., Грекова И.В. Декоративность листьев красивоцветущих кустарников рода *Weigela* Thunb. и рода *Philadelphus* L. в связи с динамикой фотосинтетических пигментов в условиях города Краснодара // Экологический вестник Северного Кавказа. 2022. Т. 18, № 1. С. 67–72.
- Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту И126012336365-0 «Разработка научных основ и технологий оценки, сохранения и восстановления природного и культурного биоразнообразия, в том числе редких видов растений и их рационального использования».*

| Информация об авторе(-ах): | Information about the author(-s): |
|---|--|
| <p>Фомина Татьяна Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции декоративных растений; Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (г. Новосибирск, Россия). E-mail: fomina-ti@yandex.ru.</p> | <p>Fomina Tatiana Ivanovna, candidate of biological sciences, senior researcher of Ornamental Plants Introduction Laboratory; Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia). E-mail: fomina-ti@yandex.ru.</p> |

Для цитирования:

Фомина Т.И. Содержание фотосинтетических пигментов в побегах очитков (Sedoideae) в лесостепи Западной Сибири // Самарский научный вестник. 2026. Т. 15, № 1. С. 48–52. DOI: 10.55355/snv2026151107.