УДК 581.1:581.14:581.144 doi: 10.31360/2225-3068-2024-91-107-189-199
EDN KOGWUF

СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ *HIPPOPHAË RHAMNOIDES* L. ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

Таймазова Н.С., Арнаутова Г.И.

Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова, г. Махачкала, Россия, e-mail: narisat@bk.ru, e-mail: arnautova47@mail.ru .

Большое значение при исследовании состояния растений имеет изучение пластичности фотосинтетического аппарата, его способности приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Наиболее информативным показателем физиологического состояния растений, характеризующими устойчивость в стрессовых условиях, является содержание хлорофиллов и каротиноидов и некоторые соотношения концентраций пигментов. Цель исследования – изучение количественного содержания хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов и их соотношений в листьях растений *Hippophaë rhamnoides* L., интродуцированной в условия южного Дагестана. Объектом изучения служили листья сортов облепихи крушиновидной азербайджанской селекции: женские экземпляры ‘Шафа’, ‘Зафарани’ и опылитель ‘Тозларан’. Содержание хлорофилла *a* в листьях интродуцированных сортов составило 0,79 мг/г (‘Шафа’), 0,73 мг/г (‘Зафарани’) и 0,78 мг/г (‘Тозларан’) сырой массы. Этот же показатель у несортового образца (контроль) на 9,1 % ниже (0,36 мг/г). Более высокое содержание хлорофилла *b* показывают сорта ‘Шафа’ (0,37 мг/г) и ‘Зафарани’ (0,30 мг/г), в то время как у контроля (несортовой образец) он в два раза меньше (0,15 мг/г). Содержание каротиноидов у сортов ‘Шафа’ (0,22 мг/г), ‘Зафарани’ (0,19 мг/г) и ‘Тозларан’ (0,23 мг/г) в 1,8–2 раз выше, чем у несортового образца (0,11 мг/г). Содержание суммы хлорофиллов в листьях интродуцентов ‘Шафа’, ‘Зафарани’, ‘Тозларан’ возросло по сравнению с несортовым растением (контроль) на 12 %. Отношение хлорофилла *a/b* в листьях интродуцентов варьировало от 2,14 (‘Шафа’) до 2,43 (‘Зафарани’). Высокая величина соотношения хлорофиллы/каротиноиды отмечена у сорта ‘Зафарани’ (5,42), несмотря на уменьшение содержания суммы хлорофиллов у него. Наименьшее значение у контроля (4,36). Общее количество пигментов в листьях интродуцированных сортов изменяется от 1,22 мг/г (‘Зафарани’) до 1,38 мг/г (‘Шафа’) сырого веса. У контроля (0,62 мг/г) общее количество фотосинтетических пигментов на 10,2 % ниже, чем у интродуцентов. Динамика количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях *Hippophaë rhamnoides* показал небольшую вариабельность по сортообразцам, принадлежащим азербайджанской селекции. Максимальными показателями содержания хлорофиллов и

каротиноидов, в период активного роста, характеризуется сорт ‘Шафа’ (1,38 мг/г сырой массы). По показателям соотношение хлорофилла *a/b*, суммы (*a* + *b*)/каротиноиды выделен сорт ‘Зафарани’ (2,43–5,42). Таким образом, изучение количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях облепихи крушиновидной позволило выделить сорта ‘Шафа’, ‘Зафарани’ и ‘Тозларан’ (опылитель) с высоким уровнем накопления фотосинтетических пигментов. Интродуценты прошли успешную адаптацию в условиях юга Дагестана.

Ключевые слова: *Hippophaë rhamnoides* L., сорт, азербайджанская селекция, листья, хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды, соотношение, пигменты, физиологическое состояние.

Введение. В современном мире, когда забота о здоровье выходит на первый план, возрастает интерес к натуральным продуктам с богатым содержанием витаминов и биологически активных веществ. Представителем природных кладезей является облепиха – одна из малоиспользуемых редких культур, заслуживающая особого внимания и активно изучаемая учёными [1, 2, 6, 5, 9].

В плодах облепихи содержится высокое количество витамина С, каротина, а также незаменимых жирных кислот, аминокислот и антиоксидантов. Помимо витаминов, в плодах облепихи также присутствуют ценные органические кислоты, такие как маслиновая, олеаноловая и уссоловая [1, 4, 5].

Облепиха – растение способное произрастать в самых разных условиях, от горных склонов до равнин. Эта неприхотливость обуславливает её широкое распространение по всему миру. Исследования учёных показали, что разнообразные среды обитания на разной географической высоте влияют на состав биологически активных веществ облепихи [4, 9, 24].

Среди разных генотипов и популяций облепихи существует широкий диапазон вариаций концентраций витамина С, каротина и флавоноидов. Следовательно, сохранение сортов облепихи с хозяйственноценными признаками является чрезвычайно важным [19].

Особый интерес представляют популяции облепихи, обитающие на Кавказе. Разнообразные экологические условия сформировали уникальные генотипы с особым химическим составом. Изучение этих популяций позволяет расширить знания о свойствах облепихи и открыть новые возможности для её применения [13].

Не только плоды, но и листья, кора, побеги облепихи представляют интерес для исследователей. Богатый химический состав листьев делает их ценным сырьем для дальнейшего изучения и возможного применения в фармакологии [16, 19, 28].

В связи с этим большое значение при исследовании состояния растений имеет изучение пластичности фотосинтетического аппарата, его способности приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям [11, 14, 17, 21].

Наиболее информативным показателем физиологического состояния растений, характеризующим устойчивость в стрессовых условиях, является содержание хлорофиллов и каротиноидов и некоторые соотношения концентраций пигментов [10, 25].

Их содержание характеризует интенсивность процессов ассимиляции. При этом каротиноиды служат защитными компонентами фотосинтетического аппарата. Содержание таких соединений возрастает при любых отклонениях от оптимальных условий [22, 23].

Babenko [20] и Liu [27] высказали точку зрения об участии хлорофилла *a* к адаптации к низкой температуре. По их мнению, ответ растений на охлаждение не всегда состоит в более интенсивном уменьшении хлорофилла *a* по сравнению с хлорофиллом *b* и уменьшении величины соотношения хлорофиллов *a* и *b*. В некоторых случаях при охлаждении увеличивается содержание хлорофилла *a* и соотношение хлорофиллов *a/b*.

Основной составляющей каротиноидного комплекса является β-каротин, но также обнаружены и другие группы каротинов и разнообразных ксантофилов [8, 25].

Анализ фотосинтетических пигментов позволяет оптимизировать условия выращивания облепихи. Изучение физиологических особенностей облепихи способствует сохранению разнообразия сортов и популяций, а также являются необходимыми шагами для раскрытия потенциала этого растения.

Целью исследования было определение количественного содержания хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов и их соотношений в листьях растений *Hippophaë rhamnoides* L., интродуцированной в условия южного Дагестана.

Объекты и методы исследования. В качестве образцов использовали листья растений *Hippophaë rhamnoides* L. Объектом изучения фотосинтезирующих пигментов в листьях облепихи служили сортообразцы азербайджанской селекции, интродуцированные из природных мест обитания в ДОС – филиал ВИР, Дербентский район. Были выбраны для исследования сорта ‘Шафа’, ‘Зафарани’, ‘Тозларан’ (опылитель), потому что они признаны стандартными по биохимическим показателям [18]. Это позволяет проводить сравнительный анализ полученных результатов с данными, полученными в предыдущих исследованиях.

В качестве контроля выступали листья несортового местного образца, что даёт возможность оценить различия в содержании пигментов между сортами и местным образцом, обусловленные условиями произрастания. Возраст растений на момент проведения исследований – 5 лет.

Оценка физиологического состояния растений проводилась по следующим критериям: визуальная оценка по количеству и состоянию листьев – предварительный этап, позволяющий оценить общее состояние растений и их готовность к дальнейшему анализу; содержание хлорофиллов *a* и *b*; содержание каротиноидов; содержание суммы хлорофиллов (*a* + *b)*; соотношение хлорофилла a/*b*; соотношение суммы хлорофиллы (*a* + *b*) к каротиноидам.

Отбор листьев для анализа содержания хлорофиллов и каротиноидов проводили в июле 2022–2023 гг. в период высокой фотосинтезирующей активности в первой половине дня, чтобы обеспечить максимальную концентрацию пигментов в листьях.

Образцы для определения пигментов собирали с каждых 5 из 25 растений, объединяли. Полученные пять средних проб гомогенизировали с помощью ступки и пестика и сразу же использовали для анализа. Такой подход позволяет получить усреднённую пробу, которая более точно отражает общее содержание пигментов в листьях исследуемого растения.

Средняя проба состояла из фрагментов центральной части вызревших листьев среднего яруса, что позволяет исключить влияние различных факторов (возраст листа, местоположение на растении, повреждения) на результаты анализа.

Для проведения эксперимента использовали электронные весы МВМ-250 с точностью до 0,05 г и спектрофотометр СФ-5600 В с кюветой 1,045 мм. Для определения содержания хлорофиллов и каротиноидов свежие листья экстрагировали этанолом (96 %). Оптические плотности пигментных вытяжек определяли с помощью однолучевого автоматизированного спектрофотометра СФ-56 (ЛОМО) по центрам поглощения для каждого пигмента: хлорофилла *a* и *b* – 664 и 662 нм, каротиноидов – 440,5 нм. Полученные данные обрабатывались с помощью специальных формул, позволяющих рассчитать содержание каждого пигмента в листьях [26].

Расчёты вели по формулам:

$$C_а = 9{,}78 \times Д_{662} - 0{,}99 \times Д_{664}$$
$$C_в = 21{,}42 \times Д_{664} - 4{,}75 \times Д_{662}$$
$$C_{а+в} = 5{,}13 \times Д_{662} + 20{,}43 \times Д_{664}$$

$$С_{кар} = 4,49 \text{ x } Д_{440,5} – 0,268 \text{ x } С_{а+в}$$

где,

С – концентрация хлорофиллов *a, b* и каротиноидов в мг/л;

Д – оптическая плотность в центрах поглощения пигментов 440,5; 644 и 662 нм.

Общее содержание пигментов в листьях вычислялось по формуле:

$$A = (C \text{ x } V) / (P \text{ x } 1000),$$

где,

А – содержание пигментов в мг на 1 г сырой навески;

С – концентрация пигментов в мг/л (после расчётов по формулам);

V – объём вытяжки пигмента (мл);

Р – навеска листьев (г).

Статистическая обработка результатов проводилась в соответствии со стандартными методиками. Достоверность различий определялась с помощью однофакторного дисперсионного анализа, проведённого в программе MS Excel 2016. Вычислялась величина наименьшей средней разности ($НСР_{05}$) при уровне значимости $P < 0,05$. Результаты представлены в виде средних значений с указанием стандартного отклонения [7].

Все анализы выполнены в лаборатории биотехнологии кафедры ботаники, генетики и селекции Дагестанского государственного аграрного университета им. М.М. Джамбулатова.

Результаты и обсуждение. Широко известно, что фотосинтетическая продуктивность растений в значительной мере зависит от степени накопления пластидных пигментов в ассимилирующих органах [3].

Полученные экспериментальные данные показали различное содержание пигментов разных групп (табл. 1).

В результате лабораторных исследований установлено, что у всех сортов преобладает основной хлорофилл *a* в сравнении с содержанием вспомогательного хлорофилла *b.*

Так у сорта ‘Шафа’ хлорофилла *a* 0,79 мг/г зелёной массы; несколько ниже у сорта ‘Зафарани’ – 0,73 мг/г. Этот же показатель у несортового образца составляет 0,36 мг/г, что, соответственно, на 8,8 % ниже. Сорт-опылитель (‘Тозларан’) занимает промежуточное положение (0,78 мг/г).

Наиболее высоким содержанием хлорофилла *b* характеризуются интродуцированные сорта ‘Шафа’ (0,37 мг/г) и ‘Зафарани’ (0,30 мг/г), в то время как у контроля он в два раза меньше (0,15 мг/г).

Таблица 1. Количественное содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях облепихи крушиновидной (*мг/г сырого веса*)
Table 1. Quantitative content of photosynthetic pigments in the leaves of common sea buckthorn (*mg/g of raw weight*)

Сорт	Хлорофилл *a*	Хлорофилл *b*	Каротиноиды
Несортовой образец (контроль)	0,36 ±0,120	0,15 ±0,04	0,11 ±0,01
‘Шафа’	0,79 ±0,10	0,37 ±0,06	0,22 ±0,04
‘Зафарани’	0,73 ±0,09	0,30 ±0,03	0,19 ±0,02
‘Тозларан’ (опылитель)	0,78 ±0,13	0,36 ±0,08	0,23 ±0,05
$НСР_{05}$	0,121	0,031	0,124

Известно, что в стрессовых условия регистрируется повышенное содержание каротиноидов при снижении хлорофилла [8]. Так содержание каротиноидов у сорта ‘Шафа’ составило 0,22 мг/г, у сорта ‘Зафарани’ – 0,19 мг/г, что на 1,8–2 раз выше, чем у несортового образца (0,11 мг/г).

Листья всех исследуемых сортов облепихи характеризуются более выравненной динамикой содержания каротиноидов. Данное содержание каротиноидов, с одной стороны снижает стрессовый эффект, с другой – выполняет защитную функцию, предохраняя молекулы хлорофилла от разрушения на свету от окисления при фотоокислении.

Состояние растений *Hippophaë rhamnoides* в данных условиях характеризуются следующим диапазоном концентраций пигментов: хлорофилл *a* – 0,36–0,79 мг/г; хлорофилл *b* – 0,15–0,37 мг/г; каротиноиды – 0,11–0,22 мг/г.

О степени сформированности фотосинтетического аппарата судят по отношению хлорофилла *a* к хлорофиллу *b (a/b)* и суммы хлорофиллов к каротиноидам ((*a* + *b*)/кар.). Это отношение связано с активностью главного хлорофилла *a*, чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез (табл. 2).

Содержание суммы хлорофиллов *(a + b)* в листьях облепихи крушиновидной варьировало от максимума 1,16 мг/г (‘Шафа’) до минимума 0,51 мг/г (контроль). Сумма хлорофиллов в листьях интродуцированных растений значительно возросла по сравнению с несортовым растением на 12 %.

Таблица 2. Соотношение фотосинтезирующих пигментов в листьях облепихи крушиновидной

Table 2. The ratio of photosynthetic pigments in the leaves of common sea buckthorn

Сорт	Сумма хлорофиллов *(a + b), мг/г*	Соотношение хлорофиллов *a/b*	Соотношение суммы *(a + b)* / каротиноиды	Сумма пигментов, *мг/г*
Несортовой (контроль)	0,51 ±0,05	2,04 ±0,02	4,36 ±0,11	0,62 ±0,01
‘Шафа’	1,16 ±0,13	2,14 ±0,07	5,27 ±0,47	1,38 ±0,03
‘Зафарани’	1,03 ±0,05	2,43 ±0,05	5,42 ±0,17	1,22 ±0,08
‘Тозларан’ (опылитель)	1,14 ±0,08	2,17 ±0,07	4,95 ±0,30	1,37 ±0,03
$НСР_{05}$	–	0,096	0,966	–

Что касается соотношения хлорофилла *a/b* в листьях интродуцентов, то оно варьировало от 2,14 (‘Шафа’) до 2,43 (‘Зафарани’). У контрольного варианта оно составило 2,04.

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (*a* + *b*/кар.) играет не менее важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Высокая величина соотношения хлорофиллы/каротиноиды отмечена у сорта ‘Зафарани’ (5,42), несмотря на значительное уменьшение содержания суммы хлорофиллов у него. Наименьшее значение у контроля (4,36).

Относительно благоприятное состояние растений в целом описывается высокой величиной отношения хлорофиллы/каротиноиды. В целом общее количество пигментов в листьях сортов вида *Hippophaë rhamnoides* L. интродуцированных в условия юга Дагестана изменяется от 1,22 мг/г до 1,38 мг/г сырого веса. У несортового вида (0,62 мг/г) общее количество фотосинтетических пигментов на 10,2 % ниже, чем у интродуцентов.

Выводы. Анализ данных количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях *Hippophaë rhamnoides* показал небольшую вариабельность по сортообразцам, принадлежащим азербайджанской селекции.

Максимальными показателями содержания хлорофиллов и каротиноидов в период активного роста характеризуется сорт ‘Шафа’ (1,38 мг/г сырой массы).

По показателям физиологического состояния растений (соотношение хлорофилла *a/b*, суммы (a + *b*)/каротиноиды) выделен сорт ‘Зафарани’ (2,43–5,42).

Таким образом, с точки зрения пигментных показателей и активности фотосинтетического аппарата сорта азербайджанской селекции ‘Шафа’, ‘Зафарани’ и ‘Тозларан’ (опылитель) прошли успешную адаптацию в условиях юга Дагестана.

Список литературы/References

1. Абдыкаликова К.А., Нечипоренко Л.П. Фитохимический состав надземной части облепихи крушиновидной, Вестник КГПИ. Естественные науки. 2008; 4 : 104-107. [Abdykalikova K.A., Nechiporenko L.P. Phytochemical composition of the aboveground part of buckthorn buckthorn, Bulletin of the KSPI. Natural sciences. 2008; 4 : 104-107. (In Rus)].
2. Айтуарова А.Ш., Жусупова Г.Е. Качественная и количественная оценка состава БАВ надземной части растения вида *Hippophaë rhamnoides* L., Известия научно-технического общества «Кахак». 2015; 4(51) : 4-10. [Aytuarova A.Sh., Zhusupova G.E. Qualitative and quantitative assessment of BAV composition of the above-ground part of the plant species *Hippophaë rhamnoides* L., Proceedings of scientific and technical society “Kahak”. 2015; 4(51) : 4-10. (In Rus)].
3. Аэров И.М., Лихолат Д.А. Изменение оптических свойств листьев растений в зависимости от содержания пигментов хлоропластов, Физиология и биохимия культурных растений. 1970; 2(3) : 318-323. [Aerov I.M., Likholat D.A. Variation of 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)]
4. Богомолова Н.И., Мотылева С.М. Содержание биогенных элементов в вегетативных органах и плодах облепихи крушиновидной, Современное садоводство. 2013; 4(8) : 1-7. [Bogomolova N.I., Motyleva S.M. Content of biogenic elements in vegetative organs and fruits of sea buckthorn, Modern Horticulture. 2013; 4(8) : 1-7. (In Rus)]. DOI: 10.52415/23126701_2022_0101.
5. Загиров Н.Г., Таймазова Н.С. и др. Облепиха – нетрадиционная культура для Дагестана. Махачкала: Народы Дагестана, 2015, 142 с. [Zagirov N.G., Taimazova N.S. et al. Sea buckthorn – a non-traditional crop for Dagestan. Makhachkala: The peoples of Dagestan, 2015, 142 p. (In Rus)]. ISBN: 978-5-9906145-4-3.
6. Кукина Г.П., Щербаков Д.Н., Геньш К.В. и др. Биоактивные компоненты эфирного экстракта древесной зелени облепихи *Hippophaë rhamnoides* L., Химия растительного сырья. 2016; 1 : 37-42. [Kukina G.P., Shcherbakov D.N., Gensh K.V. et al. Bioactive components of the essential extract of woody greens of sea buckthorn Hirrorhayo rhamnoides L., Chemistry of plant raw materials. 2016; 1 : 37-42. (In Rus)]. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990, 325 с. [Lakin G.F. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola. 1990, 325 p. (In Rus)]. ISBN: 5-06-000471-6.
8. Мамедов Ш.М., Новрузов Э.Н. Содержание и качественный состав каротиноидов плодов некоторых форм облепихи (*Hippophaë rhamnoides* L.), произрастающих в северном Азербайджане, Вестник МГОУ. Серия естественные науки. 2016; 3 : 33-41. [Mammadov Sh.M., Novruzov E.N. The content and qualitative composition of carotenoids of fruits of some forms of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) growing in northern Azerbaijan, The Academic Journal of Moscow City University, series Natural Sciences. 2016; 3 : 33-41. (In Rus)]. DOI: 10.18384/2224-0209-2013-4-508.
9. Мельников О.М., Верещагин А.Л., Кошелев Ю.А. Исследование биологически активных соединений почек и листьев мужских растений облепихи крушиновидной, Химия растительного сырья. 2010; 2 : 113-116. [Melnikov O.M., Vereshchagin A.L., Ko-

shelev Yu.A. Investigation of biologically active compounds of buds and leaves of male buckthorn plants, Chemistry of plant raw material. 2010; 2 : 113-116. (In Rus)]. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100.
10. 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., Poghosyan S.I. Reflection spectra of leaves and fruits during normal development, aging and stress, Plant physiology. 1997; 44(5) : 707-716.(In Rus)]. DOI: 10.31857/S0015330322040224.
11. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МГУЛ, 1998, 130 с. [Nikolaevsky V.S. Ecological assessment of environmental pollution and the state of terrestrial ecosystems by phytoindication methods. M.: MGUL, 1998, 130 p. (In Rus)]. ISBN: 5-8135-0003-0.
12. Слонов Л.Х., Слонов Т.Л. и др. Интродукция и морфофизиологические особенности облепихи, Известия Самарского научного центра РАН. 2010; 12 : 808-812. [Slonov L.H., Slonov T.L. et al. Introduction and morphophysiological features of sea buckthorn, Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010; 12 : 808-812. (In Rus)].
13. Таймазова Н.С., Черятова Ю.С., Арнаутова Г.И. Морфологические особенности интродуцированных сортов *Hippophaë rhamnoides* L. в условиях Дагестана, Разнообразие растительного мира. 2024; 2(21) : 16-23. [Taymazova N.S., Cheryatova Yu.S., Arnautova G.I. Morphological features of introduced varieties of Nirrhae rhamnoides L. in the conditions of Dagestan, Diversity of the plant world. 2024; 2(21) : 16-23.(In Rus)]. DOI: 10.22281/2686-9713-2022-3-5-18.
14. Тужилкина В.В. Реакция пигментной системы хвойных на длительное агротехническое загрязнение, Экология. 2009; 4 : 243-248. [Tuzhilkina V.V. Reaction of the pigment system of conifers to long-term agrotechnical pollution, Ecology. 2009; 4 : 243-248. (In Rus)].
15. Фирсова С.В., Пленкина Г.А. Биохимические показатели сортообразцов облепихи в условиях Кировской области, Северо-Восточный научно-методический центр Россельхозакадемии. 2010; 3 : 23-26. [Firsova S.V., Plenkina G.A. Biochemical parameters of sea buckthorn cultivars in the conditions of the Kirov region, North-Eastern Scientific and Methodological Center of the Russian Agricultural Academy. 2010; 3 : 23-26. (In Rus)].
16. Хасенова А.Б., Аралбаева А.Н., Утегалиева Р.С. и др. Облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides* L.) – источник биоактивных веществ, Вестник Алматинского технологического университета. 2020; 1 : 82-88. [Khasenova A.B., Aralbayeva A.N., Utegalieva R.S. and others. Buckthorn buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) is a source of bioactive substances, The journal of Almaty Technological University. 2020; 1 : 82-88. (In Rus)].
17. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Бессережнова М.И. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта, Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012; 2(18) : 171-185. [Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Besserezhnova M.I. Reaction of the pigment and antioxidant systems of plants to environmental pollution of Kaliningrad by vehicle emissions, Tomsk State University Journal of Biology. Biology. 2012; 2(18) : 171-185. (In Rus)].
18. Юнусова Ф.М. Эколого-географическая изменчивость плодов облепихи крушиновидной по содержанию биологически активных веществ вдоль высотного градиента: (на примере дагестанских популяций). Автореф. канд. дис. Махачкала: ДНЦ РАН. 2012. [Yunusova F.M. Ecological and geographical variability of buckthorn buckthorn fruits in terms of the content of biologically active substances along the altitude gradient: (on the example of Dagestan populations). Abstract of the Candidate of Sciences. Makhachkala: DNC RAS, 2012. (In Rus)].
19. Arimboor R., Kumar K.S., Arumughan C. Simultaneous estimation of phenolic acids in

sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) using RP-HPLC with DAD, J. Pharm Biomed Anal. 2008; 47(1) : 31-38. DOI:10.1016/jpba.2007.11.045.
20. 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.
21. Chalker-Scott L. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses, Photochemistry and photobiology. 1999; 70(1) : 1-9.
22. Domonkos J., Kis M., Gombos Z., et al. Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis, Progress in Lipid Research. 2013; 52(4) : 539-561.
23. Geetha S., Sai Ram M., Mongia S.S. Evaluation of antioxidant activity of leaf extract of Seabuckthorn (*H. r.* L.) on chromium (VI) induced oxidative stress in albino rats, Journal of Ethnopharmacology. 2003; 87(2-3) : 247-251.
24. Jaroszewska A., Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea-buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.), Chilean Journal of Agricultural Research. 2017; 77(2) : 155-162. DOI: 10.4067/S0718-58392017000200155.
25. Kancheva R., Borisova D., Georgiev G. Chlorophyll assessment and stress detection from vegetation optical properties, Ecological Engineering and Environment Protection. 2014; 1 : 34-43. ISSN: 2367-8429.
26. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-Vis Spectroscopy, Current Protocols in Food Analytical Chemistry. F 4.3.1. – F 4.3.8. New York: John Wiley and Sons. 2001. ISSN: 2572-5599.
27. Liu C., Liu Y., Liao Y., et al. Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity, Peer J. 2019; 1 : 6240. DOI: 107717/peerj.6240.
28. Pop R.M., Weesepoel Y., Socaciu C., et al. Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) varieties, Food Chem. 2014; 147 : 1-9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.083.

THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE LEAVES OF *HIPPOPHAË RHAMNOIDES* L. INTRODUCED INTO THE REPUBLIC OF DAGESTAN

Taimazova N.S., Arnautova G.I.

Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia, e-mail: narisat@bk.ru, arnautova47@mail.ru

The study of flexibility of the photosynthetic apparatus and its ability to adapt to changing external conditions are of great importance while researching plants state. The most informative indicator of the physiological plants state, characterizing resistance under stressful conditions, is the content of chlorophylls and carotenoids and some ratios of pigment concentrations. The aim of the research was to study the quantitative content of chlorophylls a and b, carotenoids and their ratios in the leaves of plants of the genus *Hippophaë rhamnoides* L. introduced into the conditions of southern Dagestan. The object of study was the leaves of the common sea buckthorn cultivars of Azerbaijani breeding: female specimens of ‘Shafa’, ‘Zafarani’ and the pollinator ‘Toslaran’. The chlorophyll a content in the leaves of the introduced cultivars was 0.79 mg/g (‘Shafa’), 0.73 mg/g (‘Zafarani’) and 0.78 mg/g (‘Toslaran’) of the raw mass. The same indicator for the unsorted sample (control) is 9.1 % lower (0.36 mg/g). The higher chlorophyll b content is shown by the ‘Shafa’

(0.37 mg/g) and ‘Zafarani’ (0.30 mg/g) cultivars, while in the control (unsorted sample) it is two times less (0.15 mg/g). The carotenoid content of ‘Shafa’ (0.22 mg/g), ‘Zafarani’ (0.19 mg/g) and ‘Toslaran’ (0.23 mg/g) cultivars is 1.8 –2 times higher than that of the unsorted sample (0.11 mg/g). The amount of chlorophylls in the leaves of introduced ‘Shafa’, ‘Zafarani’, and ‘Toslaran’ increased by 12 % compared to the unsorted plant (control). The chlorophyll a/b ratio in the introduced leaves ranged from 2.14 (‘Shafa’) to 2.43 (‘Zafarani’). A high chlorophyll/carotenoid ratio was recorded in the ‘Zafarani’ cultivar (5.42), despite a decrease in the amount of chlorophylls in it. The control has the lowest value (4.36). The total amount of pigments in the leaves of the introduced cultivars varies from 1.22 mg/g (‘Zafarani’) to 1.38 mg/g (‘Shafa’) of raw weight. The total amount of photosynthetic pigments in the control (0.62 mg/g) is 10.2 % lower than in the introduced plants. The dynamics of the quantitative content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of *Hippophaë rhamnoides* showed a slight variability in cultivars belonging to the Azerbaijani breeding. The maximum content of chlorophylls and carotenoids, during the period of active growth, is characterized by the ‘Shafa’ cultivar (1.38 mg/g of raw mass). According to the ratio of chlorophyll a/b, sum (*a*+*b*)/carotenoids, ‘Zafarani’ cultivar was isolated (2.43–5.42). Thus, the study of the quantitative content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of common sea buckthorn allowed us to identify cultivars ‘Shafa’, ‘Zafarani’ and ‘Toslaran’ (pollinator) with a high level of accumulation of photosynthetic pigments. The introduced plants have successfully adapted to the conditions of southern Dagestan.

Key words: *Hippophaë rhamnoides* L., cultivar, Azerbaijani breeding, leaves, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids, ratio, pigments, physiological state.