

Научная статья

УДК 635.92: 632.937.31: 634.74

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОБЛЕПИХИ ПО СОДЕРЖАНИЮ И БАЛАНСУ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ

**Олжас Уалиханович Басыгараев¹, Наталья Николаевна Бессчетнова²,
Владимир Петрович Бессчетнов³**

^{1, 2, 3} Нижегородский государственный агротехнологический университет
имени Л. Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Россия

¹ ualihan52@mail.ru

² besschetnova1966@mail.ru

³ lesfak@bk.ru

Аннотация. Дана сравнительная оценка пигментного состава листьев сортов облепихи крушиновидной по содержанию и балансу пластидных пигментов в листьях. Описана индивидуальная и групповая фенотипическая изменчивость содержания и баланса хлорофилла-*a*, хлорофилла-*b* и каротиноидов в фотосинтезирующем аппарате.

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, листовой аппарат, хлорофилл-*a*, хлорофилл-*b*, каротиноиды

Для цитирования: Басыгараев О. У., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Сравнительная оценка сортов облепихи по содержанию и балансу пластидных пигментов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 73–77.

Original article

COMPARATIVE ASSESSMENT OF SEA BUCKTHORN VARIETIES ACCORDING TO THE CONTENT AND BALANCE OF PLASTID PIGMENTS

Olzhas U. Basygaraev¹, Natalia N. Besschetnova², Vladimir P. Besschetnov³

^{1, 2, 3} Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named
after L. Ya. Florentyev, Nizhny Novgorod, Russia

¹ ualihan52@mail.ru

² besschetnova1966@mail.ru

³ lesfak@bk.ru

Abstract. A comparative assessment of the pigment composition of the leaves of sea buckthorn varieties in terms of the content and balance of plastid pigments in the leaves is given. The individual and group phenotypic variability of the content and balance of chlorophyll-*a*, chlorophyll-*b* and carotenoids in the photosynthetic apparatus is described.

Keywords: sea buckthorn, leaf apparatus, chlorophyll-*a*, chlorophyll-*b*, carotenoids

For citation: Basygaraev O. U., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P. (2025) Sravnitel'naja ocenka sortov oblepihi po sodержaniju i balansu plastidnyh pigmentov [Comparative assessment of sea buckthorn varieties according to the content and balance of plastid pigments]. Nauchnoe tvorčestvo molodezhi – le-snomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 73–77. (In Russ).

Одним из ценных растений природной флоры евразийского континента является облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides* L.) [1, 2]. Ее ареал охватывает территории России, Казахстана, Киргизии и ряда других государств [1–3]. В силу уникального сочетания полезных признаков и свойств вид находится в поле зрения исследователей [3, 4], при этом активно тестируется фотосинтезирующий аппарат. С учетом вышеизложенного целью исследования стало выявление характеристик пигментного состава листьев российских сортов облепихи в условиях юго-востока Казахстана.

Объект исследований – особи шести сортов облепихи: «Злата», «Клавдия», «Ломоносовская», «Дар МГУ», «Этна», «Алей». Они высажены на участке в горной зоне юго-востока Казахстана. Предметом исследований явилась их специфика в накоплении пластидных пигментов. Использовали спектрофотометр СФ-2000 [5–7]. Расчет концентрации пигментов вели по уравнениям Ветштейна – Хольма для 96 % этанола [7–9].

Установлены пигментные характеристики листового аппарата разных сортов облепихи и неоднородность последних в указанном плане (табл. 1, 2). Значения содержания хлорофилла-*a* вполне дискретны и занимают рубежи от $0,39 \pm 0,02$ мг/г («Этна») до $1,19 \pm 0,02$ мг/г («Клавдия»). Превышение большего из них над меньшим достигло 0,804 мг/г, или 3,067 раза. Обобщенное среднее ($0,79 \pm 0,03$ мг/г) располагалось симметрично относительно полученных значений (см. табл. 1). Аналогичный анализ в отношении хлорофилла-*b* вскрыл сопоставимые тенденции: оценки колебались от $0,18 \pm 0,02$ мг/г («Злата») и $0,18 \pm 0,01$ мг/г («Этна») до $0,55 \pm 0,01$ мг/г («Клавдия»). Они образовали перепад в 0,371 мг/г, или в 3,039 раза. Итоговое обобщение (Total), составило $0,38 \pm 0,02$ мг/г. Содержание каротиноидов также характеризовалось разбросом данных, которые

варьировали в границах от $0,14 \pm 0,01$ мг/г у сортов «Злата» и «Этна» до $0,38 \pm 0,01$ мг/г («Клавдия») и $0,39 \pm 0,04$ («Ломоносовская»). Сумма хлорофилла-*a*, хлорофилла-*b* и каротиноидов в листьях весьма информативна, поскольку выступает интегральной характеристикой пигментного состава и адекватно отражает общие тенденции их накопления в фотосинтезирующих тканях.

Таблица 1

Содержание пигментов в листьях сортов облепихи¹

Сорта	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6
«Злата»	$0,40 \pm 0,04$	$0,18 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,05$	$30,25 \pm 0,55$
«Клавдия»	$1,19 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,01$	$1,75 \pm 0,03$	$0,38 \pm 0,01$	$2,13 \pm 0,04$	$35,60 \pm 0,33$
«Ломоносовская»	$1,05 \pm 0,03$	$0,53 \pm 0,03$	$1,59 \pm 0,06$	$0,39 \pm 0,04$	$1,98 \pm 0,06$	$35,24 \pm 0,79$
«Дар МГУ»	$0,85 \pm 0,03$	$0,40 \pm 0,01$	$1,24 \pm 0,04$	$0,31 \pm 0,02$	$1,55 \pm 0,06$	$31,91 \pm 0,87$
«Этна»	$0,39 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,01$	$0,71 \pm 0,03$	$29,16 \pm 0,12$
«Алей»	$0,87 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,02$	$1,29 \pm 0,06$	$0,36 \pm 0,01$	$1,65 \pm 0,06$	$25,64 \pm 0,53$
Total	$0,79 \pm 0,03$	$0,38 \pm 0,02$	$1,17 \pm 0,05$	$0,29 \pm 0,01$	$1,46 \pm 0,06$	$31,30 \pm 0,44$

¹ Признаки: 1 – содержание хлорофилла-*a*, мг/г; 2 – содержание хлорофилла-*b*, мг/г; 3 – сумма содержания хлорофиллов, мг/г; 4 – содержание каротиноидов, мг/г; 5 – общее содержание пластидных пигментов, мг/г; 6 – содержание сухого вещества, %.

Важным индикатором физиологического состояния растений служит отношение содержания хлорофилла-*a* к содержанию хлорофилла-*b* (см. табл. 2). Указанный признак более стабилен в своих проявлениях. Разница в его средних значениях невелика и укладывается в пределы $2,03 \pm 0,07$ (сорт «Ломоносовская») и $2,25 \pm 0,08$ (сорт «Злата»), что создало превышение между ними на 0,218 пункта, или всего в 1,108 раза.

Таблица 2

Баланс содержания пигментов в листьях сортов облепихи¹

Сорта	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6
«Злата»	$2,25 \pm 0,08$	$2,93 \pm 0,36$	$1,34 \pm 0,17$	$0,54 \pm 0,015$	$0,24 \pm 0,010$	$0,22 \pm 0,022$
«Клавдия»	$2,16 \pm 0,01$	$3,12 \pm 0,03$	$1,45 \pm 0,01$	$0,56 \pm 0,001$	$0,26 \pm 0,001$	$0,18 \pm 0,001$
«Ломоносовская»	$2,03 \pm 0,07$	$3,19 \pm 0,45$	$1,65 \pm 0,27$	$0,53 \pm 0,011$	$0,27 \pm 0,012$	$0,20 \pm 0,016$
«Дар МГУ»	$2,15 \pm 0,05$	$2,76 \pm 0,10$	$1,30 \pm 0,06$	$0,54 \pm 0,005$	$0,25 \pm 0,005$	$0,20 \pm 0,006$
«Этна»	$2,12 \pm 0,03$	$2,90 \pm 0,22$	$1,37 \pm 0,11$	$0,54 \pm 0,008$	$0,26 \pm 0,004$	$0,20 \pm 0,011$
«Алей»	$2,08 \pm 0,03$	$2,47 \pm 0,19$	$1,19 \pm 0,09$	$0,52 \pm 0,008$	$0,25 \pm 0,004$	$0,22 \pm 0,011$
Total	$2,13 \pm 0,02$	$2,90 \pm 0,11$	$1,38 \pm 0,06$	$0,54 \pm 0,004$	$0,26 \pm 0,003$	$0,20 \pm 0,005$

¹ Признаки: 1 – отношение содержания хлорофилла-*a* к содержанию хлорофилла-*b*; 2 – отношение содержания хлорофилла-*a* к содержанию каротиноидов; 3 – отношение содержания хлорофилла-*b* к содержанию каротиноидов; 4 – доля содержания хлорофилла-*a*; 5 – доля содержания хлорофилла-*b*; 6 – доля содержания каротиноидов.

Поскольку наблюдаемые различия проявились на выровненном фоне условий местообитания, возникли основания к признанию наследственной

обусловленности некоторой части общей фиксируемой в этом случае фенотипической дисперсии. Однофакторный дисперсионный анализ предоставил объективные подтверждения выдвинутому предположению (табл. 3). Несложно заметить, что практически все признаки непосредственного учета и фиксации, задействованные в рассматриваемом опыте (признаки 1–5 и 12, 13), подтверждали факт наличия в комплексе сравниваемых по ним сортам облепихи существенных различий.

Таблица 3

Существенность различий между сортами облепихи по пигментному составу листового аппарата^{1, 2}

Признаки	F _{оп}	Доля влияния фактора (h ² ± s _h ²)						Критерии различий	
		по Плохинскому			по Снедекору				
		h ²	± s _h ²	F _h ²	h ²	± s _h ²	F _h ²	НСР ₀₅	D ₀₅
Признак 1	115,49	0,8730	0,0076	115,49	0,8842	0,0069	128,23	0,09	0,14
Признак 2	72,61	0,8121	0,0112	72,61	0,8268	0,0103	80,20	0,05	0,09
Признак 3	109,76	0,8673	0,0079	109,76	0,8788	0,0072	121,82	0,13	0,22
Признак 4	45,39	0,7299	0,0161	45,39	0,7474	0,0150	49,72	0,05	0,08
Признак 5	2,02	0,1073	0,0531	2,02	0,0637	0,0557	1,14	0,15	0,24
Признак 6	0,94	0,0528	0,0564	0,94	–	–	–	0,75	1,23
Признак 7	1,14	0,0638	0,0557	1,14	0,0095	0,0590	0,16	0,41	0,67
Признак 8	1,75	0,0943	0,0539	1,14	0,0095	0,0590	0,16	0,03	0,04
Признак 9	1,47	0,0807	0,0547	1,47	0,0306	0,0577	0,53	0,02	0,03
Признак 10	1,50	0,0819	0,0547	1,50	0,0321	0,0576	0,56	0,04	0,06
Признак 11	1,76	0,0947	0,0539	1,76	0,0481	0,0567	0,85	0,06	0,10
Признак 12	143,94	0,8955	0,0062	143,94	0,9050	0,0057	160,09	0,14	0,23
Признак 13	41,29	0,7108	0,0172	41,29	0,7287	0,0161	45,12	1,65	2,72

¹ Показатели: F_{оп} – опытное значение критерия Фишера; F_{05/01} – табличное значение критерия Фишера на 5-процентном и на 1-процентном уровне значимости (F₀₅/F₀₁ = 1,94/2,53); h² – доля влияния организованного фактора; ± s_h² – ошибка доли влияния организованного фактора; F_h² – критерий достоверности доли влияния организованного фактора; НСР₀₅ – наименьшая существенная разность на 5-процентном уровне значимости; D₀₅ – критерий Тьюки на 5-процентном уровне значимости; число первичных единиц выборки каждого признака – 120 п. е. в.; общая емкость базы данных дисперсионного комплекса – 1800 дата-единиц.

² Признаки: 1 – содержание хлорофилла-а; 2 – содержание хлорофилла-б; 3 – сумма содержания хлорофилла-а и хлорофилла-б; 4 – содержание каротиноидов; 5 – отношение содержания хлорофилла-а к содержанию хлорофилла-б; 6 – отношение содержания хлорофилла-а к содержанию каротиноидов; 7 – отношение содержания хлорофилла-б к содержанию каротиноидов; 8 – доля содержания хлорофилла-а; 9 – доля содержания хлорофилла-б; 10 – доля содержания каротиноидов; 11 – отношение содержания каротиноидов к суммарному содержанию хлорофилла-а и хлорофилла-б; 12 – общее содержание пластидных пигментов; 13 – содержание сухого вещества в листовой массе.

Отношение содержания хлорофилла-а к содержанию хлорофилла-б (признак 5) имело статистическую значимость только на ее 5-процентном

уровне. В анализе производных признаков (признаки 6–11), которыми выступали оценки отношения и доли содержания пигментов, достоверность различий между сортами не нашла своего достаточного статистического обоснования. Влияние межсортовых различий на формирование фенотипической дисперсии достаточно высоко: от $10,73 \pm 5,31$ % по отношению содержания хлорофилла-*a* к содержанию хлорофилла-*b* (признак 5) до $89,55 \pm 0,62$ % по сумме содержания пластидных пигментов (признак 12).

Список источников

1. Содержание и баланс пластидных пигментов в листовом аппарате облепихи в популяциях юго-востока Казахстана / Б. Б. Арынов, Б. А. Кентбаева, Е. Ж. Кентбаев [и др.] // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. 2023. № 4 (40). С. 5–13.
2. Облепиха в Казахстане / Е. Ж. Кентбаев, В. П. Бессчетнов, Б. А. Кентбаева, Н. Н. Бессчетнова. Алматы : ТОО Лантар Трейд, 2021. 321 с.
3. Экологическая устойчивость интродуцированных сортов облепихи в Кыргызстане / Б. А. Кентбаева, Е. Ж. Кентбаев, Н. Н. Бессчетнова [и др.] // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (36). С. 15–21.
4. Бессчетнов В. П., Кентбаев Е. Ж. Опыт зеленого черенкования облепихи крушиновидной в условиях юго-востока Казахстана // Известия вузов. Лесной журнал. 2018. № 4. С. 56–62.
5. Бабаев Р. Н., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Пигментация листовых пластин представителей рода береза (*Betula* L.) // Лесной вестник ; Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 3. С. 29–38.
6. Пигментный состав листьев тополей в объектах озеленения Нижнего Новгорода / Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, А. Д. Сатанова, Н. И. Шубников // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. 2023. № 4 (40). С. 13–24.
7. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Ершов П. В. Генотипическая обусловленность пигментного состава хвои плюсовых деревьев ели европейской // Известия вузов. Лесной журнал. 2019. № 1. С. 63–76.
8. Есичев А. О., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Видоспецифичность пигментного состава хвои представителей рода лиственница // Хвойные бореальной зоны. 2021. Т. XXXIX, № 4. С. 313–321.
9. Содержание и соотношение пластидных пигментов в хвое биоты восточной при интродукции / Б. А. Кентбаева, Е. Ж. Кентбаев, Н. Н. Бессчетнова [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 3. С. 13–22.