

Научная статья

УДК 634.12+634.17

DOI: 10.37482/0536-1036-2025-5-198-211

Вариативность морфолого-биологических характеристик диаспор восточноазиатских представителей трибы *Maleae*, культивируемых в приарктическом регионе

О.П. Лебедева[✉], ассистент; ResearcherID: [G-7967-2019](https://orcid.org/0000-0002-5282-4904),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5282-4904>

Ю.В. Александрова, канд. с.-х. наук; ResearcherID: [AAH-4016-2021](https://orcid.org/0000-0002-2802-1124),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2802-1124>

Н.А. Бабич, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [G-7384-2019](https://orcid.org/0000-0001-7463-2519),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7463-2519>

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; o.lebedeva@narfu.ru[✉], yu.aleksandrova@narfu.ru, n.babich@narfu.ru

Поступила в редакцию 22.04.24 / Одобрена после рецензирования 27.06.24 / Принята к печати 29.06.24

Аннотация. Проведен комплексный анализ вариативности морфолого-биологических характеристик диаспор восточноазиатских представителей трибы *Maleae* Small (*Rosaceae*), интродуцированных и культивируемых в условиях приарктического региона на базе дендрологического сада им. И.М. Стратоновича. Исследование охватило такие параметры, как масса 1000 плодов и 1000 семян, доля выхода семян из плодов и доброкачественность семян (жизнеспособность). Коэффициенты вариации изменялись от 8,4 до 37,2 % для массы 1000 плодов, от 10,5 до 41,9 % для массы 1000 семян, от 14,9 до 98,1 % для доли выхода семян из плодов и от 13,7 до 71,0 % для доброкачественности/жизнеспособности. Анализ корреляционных связей выявил сложный характер межпризнаковых взаимоотношений и значительную фенотипическую изменчивость. Так, у яблони сливолистной (*Malus prunifolia* (Willd.)) обнаружена высокая отрицательная корреляция между массой плодов и выходом семян ($r = -0,51$, $p < 0,05$). У яблони ягодной (*M. baccata* (L.) Borkh.) из естественного ареала установлены статистически значимые положительные корреляции между массой 1000 плодов, массой 1000 семян и жизнеспособностью ($r = 0,61-0,73$, $p < 0,05$), тогда как у экземпляров из вторичного ареала эти связи отсутствуют или незначимы. Для образцов яблони ягодной из Пермского ботанического сада установлена устойчивая положительная корреляция между массой семян и их качеством ($r = 0,72-0,84$, $p < 0,05$). В целом масса 1000 плодов и доля выхода семян из плодов демонстрируют преимущественно слабую или отрицательную корреляцию ($r = -0,59-0,38$). Полученные результаты подчеркивают необходимость комплексной и прямой оценки качества семенного материала при выполнении интродукционных и селекционных мероприятий. Практическая значимость исследования заключается в обеспечении эффективного отбора и прогнозирования продуктивности интродуцентов, что способствует формированию устойчивых и продуктивных популяций древесных растений в климатических условиях приарктического региона.

Ключевые слова: интродукция, яблоневые (*Maleae* Small), восточноазиатская флора, вариативность, масса плодов, масса семян, доброкачественность семян



Благодарности: Авторы выражают искреннюю благодарность коллективу дендрологического сада им. И.М. Стратоновича за предоставленный доступ к архивным материалам и поддержку в проведении исследования.

Для цитирования: Лебедева О.П., Александрова Ю.В., Бабич Н.А. Вариативность морфолого-биологических характеристик диаспор восточноазиатских представителей трибы *Maleae*, культивируемых в приарктическом регионе // Изв. вузов. Лесн. журн. 2025. № 5. С. 198–211. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-5-198-211>

Original article

Variability of Morphological and Biological Characteristics of the Diasporas of East Asian Representatives of the *Maleae* Tribe Cultivated in the Subarctic Region

Olga P. Lebedeva✉, Assistant; ResearcherID: [G-7967-2019](https://orcid.org/0000-0002-5282-4904),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5282-4904>

Yulia V. Aleksandrova, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [AAH-4016-2021](https://orcid.org/0000-0002-2802-1124),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2802-1124>

Nikolay A. Babich, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [G-7384-2019](https://orcid.org/0000-0001-7463-2519),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7463-2519>

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; o.lebedeva@narfu.ru✉, yu.aleksandrova@narfu.ru, n.babich@narfu.ru

Received on April 22, 2024 / Approved after reviewing on June 27, 2024 / Accepted on June 29, 2024

Abstract. A comprehensive analysis of the variability of morphological and biological characteristics of the diasporas of East Asian representatives of the *Maleae* Small (*Rosaceae*) tribe, introduced and cultivated in the conditions of the subarctic region, has been carried out at the Dendrological Garden named after I.M. Stratonovich. The research has covered such parameters as the weight of 1,000 fruits and 1,000 seeds, the percentage of seeds yielding from fruits, and the seed quality (viability). The coefficients of variation have ranged from 8.4 to 37.2 % for the weight of 1,000 fruits, from 10.5 to 41.9 % for the weight of 1,000 seeds, from 14.9 to 98.1 % for the percentage of seed yield from fruits and from 13.7 to 71 % for quality/viability. The analysis of correlations has revealed the complex nature of intertrait relationships and significant phenotypic variability. Thus, the plum-leaved apple tree (*Malus prunifolia* (Willd.)) has shown a high negative correlation between fruit weight and seed yield ($r = -0.51$, $p < 0.05$). In the Siberian crab apple tree (*M. baccata* (L.) Borkh.) from the natural range, statistically significant positive correlations have been established between the weight of 1,000 fruits, the weight of 1,000 seeds and viability ($r = 0.61-0.73$, $p < 0.05$), whereas in specimens from the secondary range these relationships are absent or insignificant. For the crab apple tree samples from the Perm Botanical Garden, a stable positive correlation has been established between seed weight and their quality ($r = 0.72-0.84$, $p < 0.05$). Overall, the weight of 1,000 fruits and the percentage of seed yield from fruits show predominantly weak or negative correlations ($r = -0.59-0.38$). The results obtained emphasize the necessity for a comprehensive and direct assessment of the quality of seed material when performing introduction and breeding activities. The practical significance of this research lies in ensuring effective selection and forecasting of

the productivity of introduced species, which contributes to the formation of stable and productive populations of woody plants in the climatic conditions of the subarctic region.

Keywords: introduction, *Maleae* Small, East Asian flora, variability, fruit weight, seed weight, seed quality

Acknowledgements: The authors express their sincere gratitude to the staff of the Dendrological Garden named after I.M. Stratonovich for providing access to archival materials and support in conducting the research.

For citation: Lebedeva O.P., Aleksandrova Yu.V., Babich N.A. Variability of Morphological and Biological Characteristics of the Diasporas of East Asian Representatives of the *Maleae* Tribe Cultivated in the Subarctic Region. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2025, no. 5, pp. 198–211. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-5-198-211>

Введение

Для интродукции на территорию приарктического региона представляет большой интерес восточноазиатская флора. К указанной флористической области, в соответствии с работами ботаников А.Г.Г. Энглера (1924) и Л. Дильса (1901), относятся территории западного и восточного Тибета, Гималаев, Китая (за исключением южной, тропической части), Кореи, Японии, Сахалина и Курильских островов, Приморского края и южная часть Хабаровского края [6, 7].

Успешность адаптации растений определяется способностью сохранять жизненную форму, присущую виду в естественном ареале, прохождением всех фаз сезонного развития, а также способностью к полноценному самовоспроизводству. Для оценки адаптационного потенциала интродуцируемых пород, успешности размножения и селекции необходимо изучение морфолого-биологических параметров плодов и семян.

Анализ материалов баз данных качественных характеристик диаспор, основанный на многолетних исследованиях в дендрологических и ботанических садах, позволяет выявить закономерности адаптации растений к условиям вторичного ареала. Недостаточная изученность этих аспектов затрудняет прогнозирование успешности интродукции и ограничивает возможности эффективного использования генофонда древесных растений в селекционных, лесовосстановительных и озеленительных программах [9, 11, 14, 15, 19–21, 23, 25]. Систематизация и анализ многолетних архивных данных интродукционных пунктов дают возможность обозначить устойчивые тенденции, определить наиболее перспективные виды и формы, разработать рекомендации по их выращиванию и размножению, что обуславливает актуальность исследования.

В широкий спектр древесных и кустарниковых пород, играющих ключевую роль в структуре и биоразнообразии, входит в т. ч. семейство *Rosaceae* (Розовые), представители которого отличаются высокой экологической пластичностью, ценными декоративными, хозяйственными и адаптивными свойствами, что делает их перспективными для внедрения в новые регионы с различными климатическими условиями [8, 11, 16, 18, 24, 27, 28]. В коллекции интродуцентов дендрологического сада им. И.М. Стратоновича семейство *Rosaceae* является наиболее представленным. Расположение сада в центре г. Архангельска (64°33' с. ш. 40°32' в. д.) позволяет, с одной стороны, создать благоприятные условия для адаптации интродуцентов в суровом климате за счет сниженной амплитуды колебаний температур «теплового острова» и, с другой стороны,

оценить устойчивость видов с точки зрения влияния неблагоприятных урбанистических факторов [4].

Таким образом, для выявления закономерностей адаптации и оценки качества семенного материала древесных интродуцентов, которые в последующем будут использоваться в интродукционных программах, сформулирована цель представленной работы – проведение комплексного анализа вариативности морфолого-биологических параметров плодов и семян интродуцентов трибы *Maleae* Small восточноазиатской флоры на основе многолетних архивных данных дендрологического сада им. И.М. Стратоновича.

Объекты и методы исследования

Для определения акклиматизационных характеристик интродуцируемых растений был проведен анализ архивных данных дендрологического сада им. И.М. Стратоновича, включающих результаты многолетних исследований морфолого-биологических параметров диаспор растений, а также данных, собранных авторами в течение последних 8 лет. Такой комплексный подход позволил не только систематизировать и обобщить информацию, но и дополнить ее актуальными материалами, полученными в современных условиях, что существенно повысило достоверность и полноту представленных результатов.

Отсутствие систематизации массива данных многолетнего мониторинга затрудняет формулирование аргументированных выводов. Для выявления закономерностей и взаимосвязей необходимо проведение статистической обработки и математического анализа материалов.

С целью уточнения видовых характеристик и соотнесения экземпляров растений с новой систематикой использовались различные онлайн-источники актуальной информации о флоре. Среди основных ресурсов – Атлас и онлайн-определитель растений «Плантариум», Международная база данных iNaturalist, база данных «Флора сосудистых растений Центральной России», ресурсы Plants For A Future (PFAF) и World Flora Online (WFO Plant List), содержащие наиболее полный и регулярно обновляемый список современных таксонов растений, поддерживаемый международным сообществом экспертов [3, 5, 17, 22, 26]. Использование этих источников обеспечило комплексный и достоверный подход к уточнению систематической принадлежности исследуемых растений в соответствии с современными ботанической номенклатурой и классификацией.

Морфолого-биологические параметры диаспор – масса 1000 плодов, доля выхода семян из плодов, масса 1000 семян, доброкачественность или жизнеспособность семян – определялись в соответствии с установленными стандартами ГОСТ 13056.8–97, ГОСТ 13056.7–93, ГОСТ 13056.4–67. Масса плодов и семян является важным морфолого-метрическим признаком, отражающим качество и продуктивность диаспор растений.

Методика исследования включает комплекс морфометрических измерений диаспор, морфолого-биологических тестов для выявления качества семян и статистический анализ полученных данных. Для установления степени изменчивости морфолого-биологических параметров нами произведен расчет средних значений, стандартного отклонения и коэффициента вариации (%) для каждого признака. Уровень изменчивости морфологических признаков оценивали по шкале С.А. Мамаева (1972): очень низкий (<7 %); низкий (8–12 %); средний (13–20 %); повышенный (21–30 %); высокий (31–40 %); очень высокий (>40 %) [12].

Для оценки тесноты и направления связи между морфолого-биологическими признаками плодов использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена, который является непараметрическим показателем, позволяющим оценить степень монотонной зависимости между 2 переменными без предположения о нормальном распределении данных. Для качественной оценки тесноты связи использовали шкалу Чеддока: слабая (<0,3); умеренная (0,3–0,5); заметная (0,5–0,7); высокая (0,7–0,9) и очень высокая (>0,9). Все расчеты произведены с помощью программы StatPlus7.

Объектами многолетних наблюдений стали представители восточноазиатской флоры родов яблони (*Malus* Mill.) и боярышника (*Crataegus* L.), трибы *Maleae* Small, семейства Розовые (*Rosaceae* Jussieu). Все растения получены в ходе семенного обмена (табл. 1).

Таблица 1

Объекты исследования в коллекции дендрологического сада
им. И.М. Стратоновича
The research objects in the collection of the Dendrological Garden
named after I.M. Stratonovich

Объект исследования	Вид	Место получения семян	Год получения семян, порядок поколения
144a	Боярышник даурский, <i>Crataegus dahurica</i>	Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова, 59°58' с. ш. 30°19' в. д.	1938, 1
144b	Koehne ex Schneid	Архангельск, Дендрологический сад им. И.М. Стратоновича, 64°33'с. ш., 40°32'в. д.	1978, 2
433a	Б. зеленомясый, <i>C. chlorosarca</i>	Екатеринбург, Дендрологический парк-выставка, 56°50' с. ш. 60°39' в. д.	1940, 1
433b	Maxim.	Архангельск, Дендрологический сад им. И.М. Стратоновича, 64°33'с. ш. 40°32'в. д.	1988, 2
850a	Б. зеленомясый темноплодный, <i>C. chlorosarca</i> var. <i>atrocarpa</i>	Санкт-Петербург, Ботанический сад Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, 59°59' с. ш. 30°20' в. д.	1940, 1
1707a	Б. зеленомясый, <i>C. chlorosarca</i>	Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова, 59°58' с. ш. 30°19' в. д.	1941, 1
1707b	Maxim.	Архангельск, Дендрологический сад им. И.М. Стратоновича, 64°33'с. ш. 40°32'в. д.	1988, 2
1762	Б. Максимовича, <i>C. maximoviczii</i>	Санкт-Петербург, Ботанический сад Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, 59°59' с. ш. 30°20' в. д.	1979, 1
1792	Б. Максимовича× зеленомясый, <i>C. maximoviczii</i> × <i>chlorosarca</i>	Происхождение неизвестно. Гибридная форма	—

Окончание табл. 1

Объект исследования	Вид	Место получения семян	Год получения семян, порядок поколения
44b	Яблоня маньчжурская, <i>Malus mandshurica</i> (Maxim.) Kom.	Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова, 59°58' с. ш. 30°19' в. д.	1935, 1
44c		Уссурийск, Горнотажная станция им. В.Л. Комарова, 43°41' с. ш. 132°09' в. д.	1937, 1
202a	Я. сливолистная, <i>M. prunifolia</i> (Willd.)	Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова, 59°58' с. ш. 30°19' в. д.	1936, 1
907	Я. сливолистная, ф. № 7, <i>M. prunifolia</i> (Willd.) f. № 7	Пермь, Ботанический сад Пермского университета, 58°00' с. ш. 56°19' в. д.	1939, 1
414	Я. Цуми, <i>M. Zumi</i> (Matsum.) Rehder	Санкт-Петербург, Ботанический сад Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, 59°59' с. ш. 30°20' в. д.	1937, 1
124b	Я. ягодная, <i>M. baccata</i> (L.) Borkh.	Минусинск, ОПХ Минусинское филиал ФИЦ КНЦ Со РАН, 53°42' с. ш. 91°41' в. д.	1934, 1
124b'		Архангельск, Дендрологический сад им. И.М. Стратоновича, 64°33' с. ш. 40°32' в. д.	—
899a	Я. ягодная, ф. № 4, <i>M. baccata</i> (L.) Borkh. f. № 4	Пермь, Ботанический сад Пермского университета, 58°00' с. ш. 56°19' в. д.	1940, 1
899b		Архангельск, Дендрологический сад им. И.М. Стратоновича, 64°33' с. ш. 40°32' в. д.	1957, 2

Результаты исследования и их обсуждение

Достоверность и статистическую значимость полученных данных обеспечивают многолетние измерения морфолого-биологических параметров диаспор древесных растений, включающие средние значения, стандартные отклонения, коэффициенты вариации и доверительный интервал по основным признакам (табл. 2).

Минимальный период наблюдений для исследуемых образцов составляет 15 лет (2-е поколение), а максимальный – 47 лет (1-е поколение). Самые крупные плоды у образцов боярышника даурского и гибридной формы боярышника Максимовича×зеленомясого, а также у яблони сливолистной. Следует отметить, что интродуценты в процессе адаптации характеризуются широкой фенотипической изменчивостью, обусловленной комплексным взаимодействием внутренних морфолого-биологических процессов, свойств почвенного субстрата и множества экологических факторов, которые в совокупности формируют вариативность изучаемых морфолого-биологических признаков.

Высокий коэффициент вариации по показателю доброкачественности семян отмечен у боярышников, в частности у гибридной формы – 71 %. В то же

время у материнского экземпляра боярышника зеленоясного (1707a) доброкачественность более стабильна. Однороднее и стабильнее масса 1000 плодов, что позволяет использовать этот признак для прогнозирования урожайности при выращивании боярышника с целью сбора плодов.

Таблица 2

Статистическая характеристика морфолого-биологических параметров диаспор
The statistical characteristics of morphological and biological parameters
of the diasporas

Объект исследования	Параметр	Среднее	Стандартная ошибка (среднего)	Стандартное отклонение	Асимметрия	Коэффициент вариации, %	Размах значения параметра		Доверительный интервал, граница		Продолжительность наблюдений, лет
							минимум	максимум	нижняя	верхняя	
144a	МП	756,4	23,8	142,5	−0,5	19	366,0	970,3	709,8	802,9	36
	В	11,2	0,5	2,9	3,1	26	7,4	24,8	10,2	12,1	35
	МС	28,3	1,7	6,8	2,5	40	19,0	58,0	25,4	29,5	44
	Д	40,5	2,3	15,5	0,2	38	58,0	70,2	35,9	45,1	44
144b	МП	728,3	38,7	164,0	−0,7	23	349,6	906,3	875,2	250,0	18
	В	10,1	0,5	2,0	−0,5	19	5,6	13,0	11,3	2,4	16
	МС	25,2	1,6	6,8	2,6	27	18,8	49,4	26,4	5,3	18
	Д	30,1	3,0	11,9	0,5	40	15,0	51,0	35,5	14,5	16
433a	МП	456,0	21,4	98,0	0,2	23	289,5	670,0	543,9	143,1	18
	В	15,2	0,9	3,3	−0,3	22	8,6	19,3	18,2	5,0	16
	МС	18,3	1,2	5,1	1,5	24	12,5	29,2	18,8	2,9	18
	Д	24,4	3,1	22,7	0,8	47	11,0	48,0	29,8	12,6	16
850a	МП	510,8	15,4	100,0	2,6	20	337,7	977,2	524,7	59,8	21
	В	19,5	0,6	3,8	−2,0	19	4,0	24,9	21,3	3,3	19
	МС	20,7	0,5	3,1	0,7	15	14,2	31,3	22,4	3,2	22
	Д	34,6	2,1	14,3	−0,2	41	9,0	59,0	45,0	22,6	19
1707a	МП	390,1	10,8	47,1	−0,1	12	318,6	467,4	412,2	60,6	42
	В	17,3	0,6	2,6	−1,3	15	9,9	20,8	18,9	2,2	39
	МС	17,5	0,5	2,4	−0,9	14	10,7	21,0	19,3	3,5	49
	Д	56,0	2,7	14,5	−0,1	26	30,0	86,0	65,0	18,5	47
1707b	МП	417,5	12,3	52,3	0,3	13	340,6	513,2	437,1	54,5	19
	В	16,1	0,6	2,6	−1,0	16	10,0	19,2	17,8	2,8	18
	МС	16,6	0,7	2,8	1,4	17	13,6	23,5	16,5	1,6	29
	Д	24,1	2,4	9,7	0,3	40	7,0	45,0	30,6	13,4	29
1762	МП	575,8	19,6	116,1	−0,4	20	233,0	820,0	637,9	131,4	18
	В	16,7	0,6	3,2	−0,2	19	7,5	24,5	18,7	4,3	16
	МС	25,4	0,9	5,5	0,5	22	14,8	42,6	29,5	8,6	18
	Д	37,3	3,1	17,8	0,4	48	3,8	80,0	47,0	23,0	16
1792	МП	710,1	57,9	163,7	−0,4	23	428,5	917,0	845,2	189,7	35
	В	22,7	1,2	3,5	0,8	15	18,3	30,0	23,7	3,0	33
	МС	33,4	2,1	6,2	0,3	19	24,3	45,0	35,5	6,3	35
	Д	20,0	5,0	14,2	0,7	71	5,0	43,0	38,5	28,0	33
44b	МП	1212,7	84,1	411,9	−0,1	34	570,0	1925,5	1587,5	740,5	24
	В	2,3	0,2	1,1	−0,2	46	0,3	3,7	3,2	1,8	23
	МС	5,9	0,5	2,6	1,2	44	2,4	13,8	7,5	3,4	30
	Д	71,8	5,1	27,4	−0,8	38	8,0	100,0	95,0	39,5	29

Окончание табл. 2

Объект исследования	Параметр	Среднее	Стандартная ошибка (среднего)	Стандартное отклонение	Асимметрия	Коэффициент вариации, %	Размах значения параметра		Доверительный интервал, граница		Продолжительность наблюдений, лет
							минимум	максимум	нижняя	верхняя	
44с	МП	824,7	41,6	186,0	0,6	23	543,0	1300,0	934,6	277,9	20
	В	3,1	0,3	1,1	1,3	36	1,8	6,4	3,7	1,4	19
	МС	4,6	0,3	1,3	0,9	28	2,9	8,0	5,4	1,6	25
	Д	74,3	4,7	23,5	−0,7	32	25,0	100,0	94,0	32,0	25
202a	МП	2272,4	240,3	1127,1	0,1	50	648,7	4074,1	3345,0	2038,3	22
	В	2,1	0,2	0,8	0,8	40	0,8	4,0	2,4	0,8	21
	МС	7,2	0,5	2,6	−0,7	36	2,2	10,9	9,2	3,8	27
	Д	64,3	6,0	28,8	−0,4	45	17,0	100,0	88,8	47,3	23
907	МП	2464,0	151,4	829,4	0,02	34	679,7	4548,5	2812,6	684,5	30
	В	1,6	0,2	0,8	0,4	51	0,5	3,4	2,3	1,3	28
	МС	7,5	0,5	3,0	1,4	39	2,0	19,1	8,7	3,4	40
	Д	61,6	4,6	28,5	−0,5	46	5,9	100,0	82,3	42,4	39
414	МП	535,3	19,7	113,2	−0,2	20	279,5	788,6	641,8	140,7	33
	В	1,3	0,2	1,3	2,1	98	0,1	5,6	1,4	0,9	31
	МС	4,1	0,2	1,3	0,1	32	1,4	6,9	5,0	1,6	38
	Д	67,6	4,6	28,5	−0,8	42	7,0	100,0	91,0	41,0	39
124b	МП	892,3	42,9	196,6	−0,2	22	464,3	1343,9	1005,2	204,6	21
	В	1,7	0,2	0,9	−0,4	54	0,1	3,2	2,1	0,8	19
	МС	5,3	0,3	1,7	0,8	33	1,7	10,6	6,3	2,0	26
	Д	73,2	5,6	27,2	−0,7	37	10,5	100,0	98,3	44,5	24
124b'	МП	1116,2	36,9	202,2	0,1	18	699,2	1546,2	1240,4	295,3	30
	В	1,7	0,2	0,9	0,6	51	0,1	4,3	2,2	1,1	29
	МС	5,1	0,2	1,0	0,8	20	3,7	7,8	5,6	1,2	29
	Д	73,1	3,2	17,4	−0,4	24	38,5	99,0	88,8	26,3	30
899a	МП	1082,7	117,7	485,2	0,6	45	450,2	2061,8	1307,6	533,8	17
	В	1,7	0,3	1,0	0,6	58	0,2	4,0	2,3	1,4	15
	МС	4,1	0,4	1,6	−0,2	40	1,5	6,9	5,6	2,9	18
	Д	62,0	7,9	35,3	−0,5	57	5,0	98,0	94,8	65,4	20
899b	МП	857,8	80,8	378,8	0,8	44	313,3	1715,1	1006,6	407,1	22
	В	1,4	0,2	0,7	0,2	51	0,2	2,7	1,6	0,7	21
	МС	4,2	0,3	1,6	0,3	37	1,7	8,1	5,3	2,3	25
	Д	53,8	7,4	36,4	0	68	5,0	100,0	90,3	70,0	24

Примечание: МП, МС – масса 1000 плодов и 1000 семян соответственно, г; В – доля выхода семян из плодов, %; Д – доброкачественность/жизнеспособность семян, %.

Для видов яблони характерен критически высокий разброс вариаций по всем изученным признакам, особенно по доле выхода семян из плодов – у яблони Цуми коэффициент вариации достигает 98 %. Морфологические признаки с высокими коэффициентами вариации считаются неинформативными при определении видовой принадлежности растений [10]. Таким образом, для представителей родов *Crataegus* L. и *Malus* Mill. выраженной видовой особенностью можно считать изменчивость качественных характеристик диаспор. При этом коэффициенты вариации сохраняются на сопоставимом уровне даже при интродукции одного вида из разных пунктов.

Анализ асимметрии распределения признаков показывает, что она может быть как положительной (сдвигает распределение влево), так и отрицательной (распределение сдвигается влево). В нашем исследовании преобладает умеренная или незначительная асимметрия (до 0,5), однако по выходу и массе 1000 семян наблюдается значительная положительная асимметрия, что свидетельствует о смещении распределения вправо. Это указывает на преобладание в выборке семян с размерами, превышающими среднее значение. Данная тенденция характерна для большинства исследуемых образцов, за исключением материнского образца боярышника зеленомясого, а также образцов яблони сливолистной и ягодной ф. № 4 (899а), для которых отмечено ощутимое смещение распределения влево, что говорит о превалировании мелких семян.

Результаты собственного исследования можно сопоставить с данными других авторов, что позволит более полно оценить феномен изменчивости и вариабельности морфолого-биологических признаков у боярышников и яблонь в разных пунктах интродукции.

Во-первых, высокую вариабельность морфометрических показателей у боярышников подтверждают сведения из диссертации С.В. Мухаметовой, где отмечается широкий диапазон межвидовой изменчивости длины и ширины семян, а также особенности репродуктивной способности и морфометрических признаков интродуцированных видов *Crataegus* L. в условиях Республики Марий Эл [13]. Эти результаты согласуются с нашими наблюдениями за высокой фенотипической изменчивостью и значительными коэффициентами вариации, особенно по доброкачественности семян у гибридных форм.

Во-вторых, особенности распределения и асимметрии признаков, выявленные в ходе нашего исследования, коррелируют с теоретическими положениями о биологической асимметрии и ее роли в формировании биоразнообразия [2]. Так, умеренная и значительная асимметрия распределения морфолого-биологических признаков, в частности положительная асимметрия по массе и выходу семян, отражают естественные биологические процессы, связанные с адаптацией и отбором в популяциях путем формирования крупных качественных семян.

Кроме того, данные о стабильности массы плодов и ее использовании в качестве прогностического показателя урожайности у боярышника и яблони согласуются с результатами исследований, посвященных влиянию экологических факторов и способов выращивания на продуктивность плодовых культур [1]. Например, отмечается, что масса 1000 плодов является одним из ключевых параметров, отражающих адаптационные возможности и качество семенного материала.

Таким образом, сопоставление с литературными источниками подтверждает, что высокая вариативность морфолого-биологических признаков у представителей родов *Crataegus* L. и *Malus* Mill. – это видовая особенность, обусловленная как генетическими факторами, так и воздействием экологических условий и интродукционных процессов. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к оценке и отбору семенного материала для интродукционных и селекционных программ.

С целью выявления взаимосвязи между массой 1000 плодов, долей выхода семян из плодов, массой 1000 семян и качеством семян (доля доброкачественных и жизнеспособных) проведен корреляционный анализ данных (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика корреляционных связей
морфолого-биологических признаков диаспор
The comparative characteristics of correlations between morphological
and biological characteristics of the diasporas

Объект исследования	МП/В	МП/МС	МП/Д	В/МС	В/Д	МС/Д
144a	-0,50	0,14	-0,15	0,27	0,22	0,20
144b	-0,59	0,50	0,18	-0,32	-0,10	0,06
433a	0,33	0,35	0,07	0,52	0,04	0,21
850	-0,27	0,19	0,19	0,07	0,07	0,15
1707a	0,03	0,01	0,08	0,16	0,04	-0,06
1707b	-0,44	0,36	0,18	0,35	-0,24	0,05
1762	-0,36	0,37	0,25	0,01	-0,32	0,27
1792	-0,57	0,40	0,31	0,02	0,17	0,69
44b	-0,17	0,65	0,33	-0,09	0,01	0,18
44c	0,38	0,61	0,73	0,11	0,46	0,45
202a	-0,51	0,62	0,40	-0,58	-0,13	0,28
907	-0,18	0,22	0,46	0,26	0,39	0,32
414	0,19	-0,10	0,19	-0,19	0,61	0,07
124b	0,29	0,16	0,36	0,51	0,59	0,20
124b'	0,17	0,24	-0,21	0,01	0,02	-0,05
899a	0,35	0,39	0,32	0,60	0,71	0,72
899b	0,19	0,63	0,66	0,39	0,41	0,84

Примечание: Корреляции, выделенные жирным шрифтом, значимы на уровне 5 %.

Для анализа тесноты связи между изучаемыми признаками использовали коэффициент корреляции Спирмена, т. к. распределения отличаются от нормального. У боярышников связь есть только для видов Б. даурский, Б. зеленомясый темноплодный, Б. Максимовича. Можно отметить, что масса 1000 плодов заметно отрицательно коррелирует с долей выхода семян у боярышника даурского в 2 поколениях (144a и 144b). Во 2-м поколении появляется закономерная положительная связь с массой 1000 семян. У Б. зеленомясого (433a) корреляция отмечена между долей выхода семян из плодов с массой 1000 семян. Умеренная связь массы 1000 плодов и доли выхода семян из плодов отмечена у Б. Максимовича. У остальных боярышников связь между изучаемыми признаками не зафиксирована.

При исследовании яблони сливолистной выявлена высокая отрицательная корреляционная связь между долей выхода семян из плодов и массой 1000 плодов и 1000 семян, что свидетельствует о тенденции снижения выхода семян с увеличением массы плодов и семян. Для яблони ягодной установлена статистически значимая взаимосвязь между массой плодов, массой семян и доброкачественностью семян у экземпляра, произрастающего в естественном ареале. Для образцов, полученных из вторичного ареала, данные корреляции либо отсутствуют, либо не достигают уровня статистической значимости. Аналогичная ситуация наблюдается у яблони ягодной 2-го поколения (124b').

В случае яблони ягодной (899a, 899b) из Пермского ботанического сада сохраняется устойчивая положительная корреляция между массой семян и их

качеством как в 1-м, так и во 2-м поколении, что указывает на прямую зависимость качества семян от их массы.

В целом масса плодов и выход семян демонстрируют преимущественно слабую или отрицательную корреляцию, что свидетельствует о том, что увеличение массы плодов не является надежным предиктором повышения выхода семян.

С точки зрения селекционной работы с яблоневыми видами масса плодов может рассматриваться как косвенный показатель продуктивности семян и подтверждается наличием положительной корреляции между этими признаками у ряда образцов. Вместе с тем отсутствие статистически значимой корреляции между массой 1000 семян и их качественными характеристиками у большинства исследованных видов подчеркивает необходимость применения в процессе интродукции прямых методов оценки качества семенного материала. Это является важным условием повышения эффективности интродукционных и селекционных исследовательских программ, направленных на улучшение семенного фонда.

Заключение

Проведенный статистический анализ морфолого-биологических признаков диаспор восточноазиатских представителей трибы *Maleae*, культивируемых в приарктическом регионе, выявил значительную фенотипическую изменчивость и сложный характер межпризнаковых корреляций. Установлено, что долю выхода семян из плодов невозможно прогнозировать по массе 1000 плодов, поскольку между этими признаками преобладают слабые или отрицательные корреляции. В то же время доброкачественность семян чаще всего ассоциируется с их массой, особенно у интродуцентов, адаптированных к местным условиям ($r = 0,72-0,84$). Для большинства исследуемых видов статистически значимая корреляция между массой 1000 семян и их качеством отсутствует, что обуславливает необходимость внедрения прямых методов оценки семенного материала в интродукционных и селекционных программах. Полученные результаты имеют важное практическое значение для формирования устойчивых и продуктивных популяций древесных растений в новых климатических условиях и могут служить основой для разработки рекомендаций по отбору и выращиванию перспективных интродуцентов в приарктическом регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Андреева Н.В., Гурьянова Ю.В., Десятникова Е.В. Влияние абиотических факторов на урожайность и качество плодов яблони // Вестн. Мичуринск. гос. аграр. ун-та. 2012. № 1, ч. 1. С. 43–45.

Andreeva N.V., Guryanova Y.V., Desyatnikova E.V. The Influence of Abiotic Factors on Yield and Quality of Apple Fruit. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2012, no. 1, part 1, pp. 43–45. (In Russ.).

2. Асимметрия взаимовыгодных отношений способствует высокому биоразнообразию // Элементы. 2006. Режим доступа: <https://elementy.ru/> (дата обращения: 18.05.25).

Asymmetry of Mutually Beneficial Relationships Promotes High Biodiversity. *Elements*, 2006. (In Russ.).

3. Атлас и онлайн-определитель растений «Плантариум». Режим доступа: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 18.05.25).

Atlas and Online Plant Identification Guide "Plantarium". (In Russ.).

4. Бабиц Н.А., Александрова Ю.В. Интродукция видов рода *Crataegus* L. в дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича. Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2023. 160 с.

Babich N.A., Aleksandrova Yu.V. *Introduction of Species of the Genus Crataegus L. in the Dendrological Garden named after I.M. Stratonovich*. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. 2023. 160 p. (In Russ.).

5. База данных «Флора сосудистых растений Центральной России». М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 2004. Режим доступа: <https://www.impb.ru/eco/> (дата обращения: 18.05.25).

Database "Flora of Vascular Plants of Central Russia". Moscow, Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, 2004. (In Russ.).

6. Воронкова Н.М., Холина А.Б., Журавлев Ю.Н., Сундукова Е.В. Размножение растений российского Дальнего Востока. Владивосток: Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, 2023. 235 с.

Voronkova N.M., Kholina A.B., Zhuravlev Yu.N., Sundukova E.V. *Reproduction of the Russian Far East Plants*. Vladivostok, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Russian Academy of Sciences (Far Eastern Branch), 2023. 235 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.25221/seeds>

7. Вульф Е.В. Историческая география растений. История флоры земного шара. М.; Л.: АН СССР, 1944. 286 с.

Vulf E.V. *Historical Geography of Plants. History of the Earth's Flora*. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1944. 286 p. (In Russ.).

8. Иванова Е.В., Сорокопудов В.Н. Морфологические особенности видов рода *Malus* (L.) Mill. при интродукции в условиях Белгородской области // Соврем. проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 630.

Ivanova E.V., Sorokopudov V.N. Morphological Features of Types of Sort *Malus* (L.) Mill. at Introduction in Conditions of the Belgorod Area. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education, 2014, no. 3, p. 630. (In Russ.).

9. Коляда Н.А. Древесные растения флоры Северной Америки в озеленении юга Дальнего Востока России // История и перспективы интродукции растений в России: сб. тез. Всерос. науч. конф. СПб., 2023. С. 31.

Kolyada N.A. Woody Plants of North American Flora in the Greening in the South Far East of Russia. *Istoriya i perspektivy introduktsii rastenij v Rossii*: Collection of Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. St. Petersburg, 2023, p. 31. (In Russ.).

10. Конопленко А. Морфология плодов и семян у некоторых представителей рода *Malus* Mill. // Журн. исследований местных и чужеродных растений. 2021. С. 148–155.

Konoplenko A. Morphology of Fruits and Seeds in Some Representatives of the Genus *Malus* Mill. *Zhurnal issledovanij mestnykh i chuzherodnykh rastenij* = Journal of Native and Alien Plant Studies, 2021, pp. 148–155. (In Russ.). <https://doi.org/10.37555/2707-3114.1.2021.247567>

11. Лавриненко Ю.В. Эколого-биологическая характеристика и современное состояние восточноазиатских древесных интродуцентов в условиях Северо-Осетинской наклонной равнины: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2006. 23 с.

Lavrinenko Yu.V. *Ecological and Biological Characteristics and Current Status of East Asian Introduced Trees in the Conditions of the North Ossetian Sloping Plain*: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs. Stavropol, 2006. 23 p. (In Russ.).

12. Мамаев С.А., Горчаковский П.Л. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства сосновых на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.

Mamaev S.A., Gorchakovskij P.L. *Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants (Using the Pine Family in the Urals as an Example)*. Moscow, Nauka Publ., 1972. 284 p. (In Russ.).

13. Мухаметова С.В. Изменчивость морфометрических и репродуктивных признаков боярышников в условиях Республики Марий Эл: дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2019. 150 с.

Mukhametova S.V. *Variability of Morphometric and Reproductive Traits of Hawthorns in the Republic of Mari El*: Cand. Biol. Sci. Diss. Kazan, 2019. 150 p. (In Russ.).

14. Платонова Е.А., Лантратова А.С., Задоркина Е.А. Восточноазиатские элементы флоры в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета // Hortus bot. 2016. Т. 11. Режим доступа: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2964> (дата обращения: 18.09.25).

Platonova E.A., Lantratova A.S., Zadorkina E.A. Species of East Asian Flora in the Botanic Garden of Petrozavodsk State University. *Hortus botanicus*, 2016, vol. 11. (In Russ.). <https://doi.org/10.15393/j4.art.2016.2964>

15. Романова А.Б. Генетическая изменчивость древесных интродуцентов в условиях приарктического региона // Ботан. журн. 2015. Т. 100, № 3. С. 345–356.

Romanova A.B. Genetic Variability of Woody Introducents in the Conditions of the Near-Arctic Region. *Botanicheskij zhurnal* = Botanical Journal, 2015, vol. 100, no. 3, pp. 345–356. (In Russ.).

16. Романова А.Б. Интродукция древесных растений. Красноярск: СибГУ им. академика М.Ф. Решетнёва, 2018. 86 с.

Romanova A.B. *Introduction of Woody Plants*. Krasnoyarsk, Siberian Federal University named after Academician M.F. Reshetnev, 2018. 86 p. (In Russ.).

17. Сообщество натуралистов iNaturalist. Режим доступа: <https://www.inaturalist.org/> (дата обращения: 18.05.25).

iNaturalist Naturalists Community. (In Russ.).

18. Ткаченко К.Г., Фирсов Г.А., Васильев Н.П., Волчанская А.В. Особенности формирования и качества плодов видов рода *Malus* Mill., интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Химия. Биология. Фармация. 2015. № 1. С. 104–109.

Tkachenko K.G., Firsov G.A., Vasiliev N.P., Volchanskaya A.V. Features of Fruit Formation and Quality of Species of the Genus *Malus* Mill. Introduced in the Peter the Great Botanical Garden. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy, 2015, no. 1, pp. 104–109. (In Russ.).

19. Тупик Л.М. Введение в изучение древесных пород: курс лекций для студентов. Минск: БГТУ, 2017.

Tupik L.M. *Introduction to the Study of Woody Species: A Lecture Course for Students*. Minsk, Belarusian State Technological University Publ., 2017. (In Russ.).

20. Gunnarsson B., Knez I., Hedblom M., Ode Sang Å. Effects of Biodiversity and Environment-Related Attitude on Perception of Urban Green Space. *Urban Ecosystems*, 2017, vol. 20, pp. 37–49. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0581-x>

21. Jochner S., Menzel A. Urban Phenological Studies – Past, Present, Future. *Environmental Pollution*, 2015, vol. 203, pp. 250–261. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.003>

22. *Plants For A Future*. Available at: <https://plantsforafuture.com/> (accessed 21.05.25).

23. Sheng F., Chen S.-y., Tian J., Li P., Qin X., Wang L., Luo S.-p., Li J. Morphological and ISSR Molecular Markers Reveal Genetic Diversity of Wild Hawthorns (*Crataegus songorica* K.Koch.) in Xinjiang, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, vol. 16, iss. 11, pp. 2482–2495. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61688-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61688-5)

24. Strimbeck G.R., Schaberg P.G., Fossdal C.G., Schröder W.P., Kjellsen T.D. Extreme Low Temperature Tolerance in Woody Plants. *Frontiers in Plant Science*, 2015, vol. 6, art. no. 884. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00884>

25. Vargas Hernandez J.G., Pallagst K., Hammer P. Urban Green Spaces as a Component of an Ecosystem Functions, Services, Users, Community Involvement, Initiatives and Actions. *International Journal Environmental Sciences & Natural Resources*, 2018, vol. 8, iss. 1, art. no. 555730. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.08.555730>

26. *WFO Plant List: Snapshots of the Taxonomy*. Available at: <https://wfoplantlist.org/> (accessed 18.05.25).

27. Xu Z., Liu Q., Du W., Zhou G., Qin L., Sun Z. Modelling Leaf Phenology of Some Trees with Accumulated Temperature in a Temperate Forest in Northeast China. *Forest Ecology and Management*, 2021, vol. 489, art. no. 119085. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119085>

28. Yang Y., Wu Z., Guo L., He H.S., Ling Y., Wang L., Zong S., Na R., Du H., Li M.-H. Effects of Winter Chilling vs. Spring Forcing on the Spring Phenology of Trees in a Cold Region and a Warmer Reference Region. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 725, art. no. 138323. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138323>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest