

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 102–111.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 102–111.

Научная статья

УДК 630*181.61

DOI: 10.51318/FRET.2024.52.37.011

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СЕЯНЦЕВ ЧЕРЕМУХИ ОТ СВОБОДНОГО ОПЫЛЕНИЯ ‘ГИБРИДА КРАСНОЛИСТНАЯ 1-17-6’ (*PRUNUS PADUS* L. × *PADUS VIRGINIANA* L. ‘SHUBERT’) ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ

**Алексей Петрович Кожевников¹, Сергей Иосифович Неуймин²,
Галина Михайловна Кожевникова³**

¹ kozhevnikova_gal@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2716-7252>

² sergneu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-3205>

³ kozhevnikova_gal@mail.ru

Аннотация. Одной из задач при интродукции и селекции древесных растений является обогащение методики выделения внутривидовых таксонов новыми приемами. Листья – один из самых важных органов для выяснения родственных связей среди видовых и внутривидовых таксонов древесных растений. При размножении краснолистных таксонов черемухи семенами образуется высокодекоративное потомство с разнообразными формой, интенсивностью окраски листьев и типом их жилкования. На основе изменчивости комплекса связанных элементов морфологических признаков изучена флуктуирующая асимметрия листьев сортов черемухи и сеянцев от свободного опыления ‘Гибрида Краснолистая 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) в Ботаническом саду УрО РАН. Предложен новый принцип измерения пространственного жилкования на листьях сортовой черемухи и гибридных форм. Установлены морфогенетические дистанции в расщепляющемся поколении. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует состояние морфогенетического гомеостаза – способности организма к формированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений. Флуктуирующая асимметрия может быть охарактеризована как одно из наиболее обычных и доступных для анализа проявлений случайной изменчивости развития.

Цель исследования – дифференциация сеянцев от свободного опыления черемухи ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’ и сортов коллекции по флуктуирующей асимметрии листьев в Ботаническом саду УрО РАН для определения вероятных родительских форм. Объектом наших исследований являлись 8 сортов коллекции и 28 перспективных форм (сеянцы от свободного опыления первого и второго поколений) черемухи. Методикой работы предусмотрен сбор листьев, сканирование и выявление особенностей жилкования листьев таксонов с помощью программы CorelDrawX7 (выполнено 533 замера фрагментов жилкования) для внутривидовой (внутригибридной) дифференциации сеянцев черемухи от свободного опыления. Выделены пять кластерных группировок внутривидовых и внутригибридных таксонов черемухи и установлены вероятные родительские формы черемухи, участвующие в образовании новых декоративных форм.

Ключевые слова: черемуха ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’; сеянцы от свободного опыления; морфологические признаки; флуктуирующая асимметрия листьев

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН» на базе УНУ.

Для цитирования: Кожевников А. П., Неуймин С. И., Кожевникова Г. М. Дифференциация сеянцев черемухи от свободного опыления ‘Гибрида краснолистая 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) по флуктуирующей асимметрии листьев // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 102–111.

Scientific article

DIFFERENTIATION OF BIRD CHERRY SEEDLINGS FROM FREE POLLINATED ‘GIBRID KRASNOLISTNAYA 1-17-6’ (*PRUNUS PADUS* L. × *PADUS VIRGINIANA* L. ‘SHUBERT’) ACCORDING TO FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAVES

Alexey P. Kozhevnikov¹, Sergey I. Neuimin², Galina M. Kozhevnikova³

¹ kozhevnikova_gal@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2716-7252>

² sergneu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-3205>

³ kozhevnikova_gal@mail.ru

Abstract. One of the tasks in the introduction and selection of woody plants is to enrich the methodology for identifying intraspecific taxa by new techniques. Leaves are one of the most important organs to find out related relationships among species and intraspecific taxa of woody plants. When red-leaved bird cherry taxa are propagated by seeds, highly decorative offspring are formed with a varied shape, intensity of leaf color and type of venation. On the base of variability of a complex of related elements of morphological characteristics, the fluctuating asymmetry of leaves of bird cherry varieties and seedlings from free pollination of the ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences was studied. A new principle for measuring spatial venation on leaves of varietal bird cherry and hybrid forms is proposed. Morphogenetic distances in the splitting generation have been found. Acting as a measure of developmental stability, fluctuating asymmetry characterizes the state of morphogenetic homeostasis – the organism’s ability to form a genetically determined phenotype with a minimum level of ontogenetic disorders. Fluctuating asymmetry can be characterized as one of the most common and accessible manifestations of random developmental variability that can be analyzed.

The purpose of the research is to differentiate seedlings from free-pollinated bird cherry ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’ and collection varieties based on fluctuating leaf asymmetry in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences to determine the probable parental forms. The object of our research was 8 varieties of the collection and 28 promising forms (seedlings from free pollination of the first and second generations) of bird cherry. The work methodology involves collecting leaves, scanning and identifying the venation features of leaves of taxa using the CorelDrawX7 program (533 measurements of venation fragments were performed) for intraspecific (intrahybrid) differentiation of bird cherry seedlings from free pollination. Five cluster groupings of intraspecific and intrahybrid bird cherry taxa have been identified and probable parental forms of bird cherry involved in the formation of new decorative forms have been identified.

Keywords: bird cherry ‘Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6’, seedlings from free pollination; morphological characteristics; fluctuating leaf asymmetry

Funding: the work was performed within the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences» on the basis of USI.

For citation: Kozhevnikov A. P., Neumin S. I., Kozhevnikova G. M. Differentiation of bird cherry seedlings from free pollinated ‘Gibrid krasnolistnaya 1-17-6’ (*Prunus padus* L. × *Padus virginiana* L. ‘Shubert’) according to fluctuating asymmetry of leaves // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 102–111.

Введение

Одной из задач при интродукции и селекции древесных растений является обогащение методики выделения внутривидовых таксонов новыми приемами. Листья – один из самых важных органов для выяснения родственных связей среди видовых и внутривидовых таксонов древесных растений.

При размножении краснолистных таксонов черемухи семенами образуется высокодекоративное потомство с разнообразными формой, интенсивностью окраски листьев и типом жилкования.

После испытания 16 сортоформобразцов культуры черемухи в Ботаническом саду УрО РАН по вкусовым качествам более выгодно от других сортов и форм черемухи отличаются гибриды ‘Самшитолистная’ и ‘Гибрид Краснолистная 1-17-6’ селекции В. С. Симагина.

‘Гибрид Краснолистная 1-17-6’ с начала вегетационного периода имеет зеленые листья, со второй половины лета – темно-пурпурные или коричнево-красные. Нами получены перспективные сеянцы от свободного опыления первого и второго поколения с известными материнскими формами – ‘Гибрид Краснолистная 1-17-6’ и ее дочерняя краснолистная форма. Особенности жилкования листьев сортов черемухи и сеянцев ‘Гибрида Краснолистная 1-17-6’ позволили выявить вторые вероятные родительские сорта. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует состояние морфогенетического гомеостаза – способности организма к формированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений. Флуктуирующая асимметрия может быть охарактеризована как одно из наиболее обычных и доступных для анализа проявлений случайной изменчивости развития (Онтогенез..., 2001).

Цель, задача, методика и объекты исследования

Цель исследования – дифференциация сеянцев от свободного опыления черемухи ‘Гибрид Краснолистная 1-17-6’ и сортов коллекции по флуктуирующей асимметрии листьев в Ботаническом саду УрО РАН для определения вероятных родительских форм.

Объектом наших исследований были 8 сортов коллекции и 28 перспективных форм (сеянцы от свободного опыления первого и второго поколений) черемухи (Кожевников, Петрова, 2010; Кожевников, 2015; Кожевников, Залесов, 2018).

Методикой работы предусмотрен сбор листьев, сканирование и выявление особенностей жилкования листьев таксонов с помощью программы CorelDrawX7 (выполнено 533 замера фрагментов жилкования) для внутривидовой (внутригибридной) дифференциации сеянцев черемухи от свободного опыления. В качестве исходных данных послужили последовательности связанных элементов, максимально точно отражающих фенотип растений (Неуймин и др., 2009; Неуймин, 2012; Неуймин, Кацман, 2016; Мориллов и др., 2020).

На одном листе из пяти сканированных листьев формы или сорта измерено шесть явно выраженных жилок (по три слева и справа от центральной жилки). Для корректности сравнения измерений жилкования сеянцев (внутригибридных форм), внутривидовых форм и сортов использована палетка, имеющая «плавающие» параметры. У каждой из шести жилок свои параметры палетки (длина, мм, высота, мм), которые после измерения фиксировались в матрице в виде последовательностей связанных элементов (ПСЭ) *S* (таблица).

Матрица измерений фрагментов жилкования листьев черемухи (фрагмент)
Matrix of measurements of bird cherry leaf venation fragments (fragment)

№	Сорта/формы Varieties/forms	Признаки Attributes	ПСЭ* SRE*	Последовательности измерений жилкования Sequences of venation measurements					
				Эл 3** El_3	Эл 4 El_4	Эл 5 El_5	Эл 6 El_6	Эл 7 El_7	Эл 8 El_8
Формы (гибридные сеянцы первого поколения) Forms (first generation hybrid seedlings)									
1	F ₁ _№ 4	Sh_Set	Sa***	22,576	21,601	20,972	22,569	20,221	18,531
2	F ₁ _№ 4	H_Set	Sb	31,728	25,457	26,241	26,613	18,376	18,740
3	F ₁ _№ 4	Strok_1	Sc	13,251	10,012	11,263	11,230	9,676	8,675
4	F ₁ _№ 4	Strok_2	Sd	10,097	9,646	9,310	12,107	7,652	7,072
5	F ₁ _№ 4	Strok_3	Se	9,485	8,404	7,896	7,510	6,707	6,084
6	F ₁ _№ 4	Strok_4	Sf	9,824	8,051	6,832	9,040	8,497	5,287
7	F ₁ _№ 4	Str_L_1	Sg	13,110	9,870	11,210	11,250	9,590	8,670
8	F ₁ _№ 4	Str_L_2	Sh	10,030	9,530	9,260	11,860	7,450	7,070
9	F ₁ _№ 4	Str_L_3	Si	9,320	8,250	7,790	7,480	6,190	6,120
10	F ₁ _№ 4	Str_L_4	Sg	8,260	6,410	6,530	7,620	5,540	4,880
11	F ₁ _№ 4	UgStr_1	Sh	52,740	50,810	54,460	53,780	61,520	58,480
12	F ₁ _№ 4	UgStr_2	Si	46,270	49,580	50,470	54,850	57,420	54,140
13	F ₁ _№ 4	UgStr_3	Sj	42,090	46,550	45,480	48,430	53,430	49,890
14	F ₁ _№ 4	UgStr_4	Sk	30,760	36,760	37,320	35,010	40,080	44,420
Формы (гибридные сеянцы второго поколения) Forms (second generation hybrid seedlings)									
211	F ₂ _№ 1	Sh_Set	Sa	15,080	15,661	15,804	16,681	18,689	16,320
212	F ₂ _№ 1	H_Set	Sb	14,989	16,960	21,634	20,168	21,998	20,333
213	F ₂ _№ 1	Strok_1	Sc	6,665	8,574	8,761	8,366	9,299	10,237
214	F ₂ _№ 1	Strok_2	Sd	7,103	8,590	8,323	9,226	9,557	8,043
215	F ₂ _№ 1	Strok_3	Se	5,560	4,512	5,861	5,934	6,430	5,410
216	F ₂ _№ 1	Strok_4	Sf	5,404	5,183	6,079	6,753	7,929	7,593
217	F ₂ _№ 1	Str_L_1	Sg	6,660	8,350	8,590	8,150	9,120	10,070
218	F ₂ _№ 1	Str_L_2	Sh	6,950	8,160	7,950	8,990	9,130	7,640
219	F ₂ _№ 1	Str_L_3	Si	4,960	4,390	5,800	5,590	6,220	5,340
220	F ₂ _№ 1	Str_L_4	Sg	4,740	4,800	5,430	6,070	6,040	7,020
221	F ₂ _№ 1	UgStr_1	Sh	56,130	59,700	51,270	52,010	53,170	59,860
222	F ₂ _№ 1	UgStr_2	Si	56,950	59,240	49,410	54,080	53,190	54,890
223	F ₂ _№ 1	UgStr_3	Sj	52,850	50,600	42,420	47,320	46,990	46,730
224	F ₂ _№ 1	UgStr_4	Sk	38,350	37,830	32,810	32,800	34,430	29,070

*Продолжение таблицы
Table continuation*

№	Сорта/формы Varieties/forms	Признаки Attributes	ПСЭ*\nSRE*	Последовательности измерений жилкования Sequences of venation measurements					
				Эл_3**\nEl_3	Эл_4\nEl_4	Эл_5\nEl_5	Эл_6\nEl_6	Эл_7\nEl_7	Эл_8\nEl_8
Формы (гибридные сеянцы первого поколения) Forms (first generation hybrid seedlings)									
393	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Sh_Set	Sa	12,200	15,060	18,550	20,210	21,810	21,260
394	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	H_Set	Sb	11,210	14,290	16,570	16,990	17,730	15,780
395	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Strok_1	Sc	6,761	8,285	11,301	10,077	11,751	10,336
396	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Strok_2	Sd	4,779	5,894	6,344	8,040	8,375	10,596
397	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Strok_3	Se	3,205	4,519	4,935	6,074	5,849	4,373
398	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Strok_4	Sf	3,010	4,098	4,586	4,591	5,421	4,434
399	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Str_L_1	Sg	6,710	8,280	11,210	9,980	11,680	10,250
400	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Str_L_2	Sh	4,770	5,780	6,140	7,810	8,210	10,350
401	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Str_L_3	Si	3,200	4,460	4,870	5,740	5,720	4,350
402	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	Str_L_4	Sg	2,800	3,850	4,090	4,200	4,820	4,110
403	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	UgStr_1	Sh	65,270	64,490	68,530	64,980	67,920	67,530
404	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	UgStr_2	Si	61,040	59,440	61,280	61,540	63,670	67,600
405	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	UgStr_3	Sj	54,430	54,140	55,020	56,960	58,390	60,660
406	F ₁ _маточное дерево F ₁ _parent tree	UgStr_4	Sk	45,120	42,960	46,150	48,290	47,880	51,310

*Окончание таблицы
The end of table*

№	Сорта/формы Varieties/forms	Признаки Attributes	ПСЭ* SRE*	Последовательности измерений жилкования Sequences of venation measurements					
				Эл_3** El_3	Эл_4 El_4	Эл_5 El_5	Эл_6 El_6	Эл_7 El_7	Эл_8 El_8
Сорта селекции В. С. Симагина Varieties selected by V. S. Simagin									
519	Черный Блеск Chornyy Blesk	Sh_Set	<i>Sa</i>	16,296	15,111	22,032	19,432	22,378	20,622
520	Черный Блеск Chornyy Blesk	Sh_Set	<i>Sb</i>	16,545	15,977	24,338	19,641	25,412	23,528
521	Черный Блеск Chornyy Blesk	H_Set	<i>Sc</i>	8,990	8,433	11,828	10,784	12,786	11,488
523	Черный Блеск Chornyy Blesk	Strok_2	<i>Sd</i>	6,641	6,754	9,209	8,493	9,773	9,380
524	Черный Блеск Chornyy Blesk	Strok_3	<i>Se</i>	5,137	4,583	7,693	5,820	7,519	6,660
525	Черный Блеск Chornyy Blesk	Strok_4	<i>Sf</i>	6,293	4,402	8,393	6,155	9,164	7,429
526	Черный Блеск Chornyy Blesk	Str_L_1	<i>Sg</i>	8,970	8,390	11,810	10,750	12,730	11,450
527	Черный Блеск Chornyy Blesk	Str_L_2	<i>Sh</i>	6,540	6,570	9,160	8,380	9,690	9,280
528	Черный Блеск Chornyy Blesk	Str_L_3	<i>Si</i>	5,020	4,440	7,490	5,560	7,290	6,580
529	Черный Блеск Chornyy Blesk	Str_L_4	<i>Sg</i>	5,700	4,090	7,110	5,820	7,890	6,350
530	Черный Блеск Chornyy Blesk	UgStr_1	<i>Sh</i>	62,800	61,770	59,180	62,970	60,240	59,240
531	Черный Блеск Chornyy Blesk	UgStr_2	<i>Si</i>	57,900	57,780	54,570	59,130	55,510	55,420
532	Черный Блеск Chornyy Blesk	UgStr_3	<i>Sj</i>	52,380	50,780	49,630	52,360	49,290	48,690
533	Черный Блеск Chornyy Blesk	UgStr_4	<i>Sk</i>	36,210	40,970	36,030	39,080	34,370	36,770

ПСЭ* – последовательности связанных элементов;
 SRE* – sequences of related elements;
 Эл_ ** – элементы измерения признаков;
 El_ ** – elements of measuring attributes;
*Sa**** – последовательность измерения по признаку *a* и т. д.
*Sa**** – sequence of measurement based on attribute *a*, etc.

На рис. 1–3 приведен пример измерения последовательностей связанных элементов. Палетка в виде координатной сетки разбивала жилку на четыре фрагмента.

У каждого фрагмента проведены три измерения: полная длина фрагмента жилки; параллельный

размер (кратчайшее расстояние от начала до конца фрагмента жилки); угловой размер фрагмента жилки (угол отхождения фрагмента боковой жилки от центральной).

Кластеризация проведена по Л. А. Животовскому (1979, 1982) методом группового среднего.

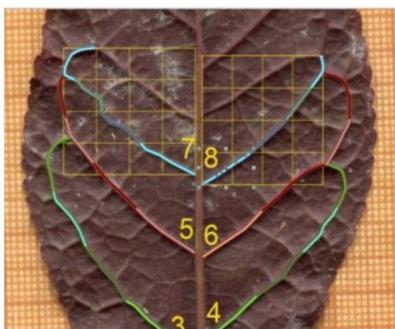


Рис 1. Измерение полной длины первого фрагмента жилки листа формы № 4 F₁
 Fig. 1. Measuring the total length of the first fragment of the leaf vein of form № 4 F₁

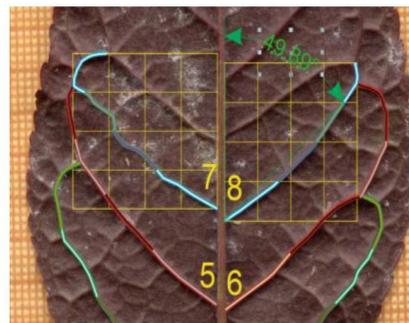


Рис 2. Измерение углового размера фрагмента жилки
 Fig. 2. Measuring the angular size of a vein fragment

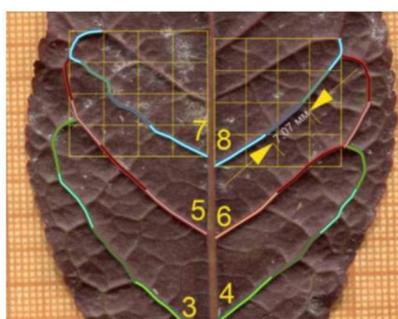


Рис 3. Измерение кратчайшего расстояния от начала до конца второго фрагмента жилки листа формы № 4 F₁ (параллельный размер)
 Fig. 3. Measuring the shortest distance from the beginning to the end of the second fragment of the leaf vein of form № 4 F₁ (parallel size)

Для изучения изменчивости совокупности признаков применены новые подходы к анализу сочетаний признаков: «Результирующий показатель системы сжатых (сжимающих) отображений» (Рп ССО) (Неуймин, 1991; Неуймин, Кацман, 2016), «числовой Идентификатор» (Neuumin et al., 2016).

Результаты и их обсуждение

Дифференциация семян от свободного опыления черемухи ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’ по флуктуирующей асимметрии листьев в Ботаническом саду УрО РАН позволила выделить пять кластерных группировок внутривидовых и внутригибридных таксонов черемухи и установить вероятные родительские формы черемухи, участвующие в образовании новых крупнолистных форм (рис. 4).

В первую группу вошли сорта ‘Черный Блеск’, ‘Самшитолистная’, ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’ и внутригибридные формы первого и второго поколений (№ 5 F₁, № 25 F₂, № 32 F₁).

В состав второй группы входят сорта ‘Черный Блеск’, ‘Самшитолистная’ и ‘Кистевая Розовоцветная’, что указывает на их родство с образовавшимися внутригибридными формами данной группы (№ 8 F₁, № 11 F₁, № 13 F₁, № 17 F₁, № 18 F₁, № 27 F₁, № 14a F₂, № 52 F₂). Их генотип участвовал в спонтанной гибридизации.

Третья группа состоит из коллекционной формы ‘Кистевая 1-1-8’ и форм первого поколения № 4 F₁, № 6 F₁, № 9 F₁, № 10 F₁. Следовательно, их родительскими формами служили ‘Кистевая 1-1-8’ и ‘Гибрид Краснолистая 1-17-6’.

В четвертую группу вошли коллекционные формы ‘Кистевая Розовоцветная’, № 9-21-47 и сеянцы первого (№ 12 F₁, № 28 F₁) и второго (№ 1 (яркая) F₂, № 15 F₂, № 21 F₂, № 23 F₂, № 28 F₂, № 44 F₂) поколений.

Особенности признаков жилкования листьев родительских таксонов ‘Кистевой Розовоцветной’ и № 9-21-47 проявились и у сеянцев черемухи второго поколения. Они получены посевом семян с отборной формы материнского дерева F₁ – потомка ‘Гибрида Краснолистой 1-17-6’, находящегося в изоляции от основной коллекции.

Пятую группу составили сеянцы коллекционной формы № 11-2-64, отборной формы материнского дерева F₁ и его сеянцев № 60 F₂, № 14 F₂, № 57 (высокорослая) F₂, а также № 33 F₁.

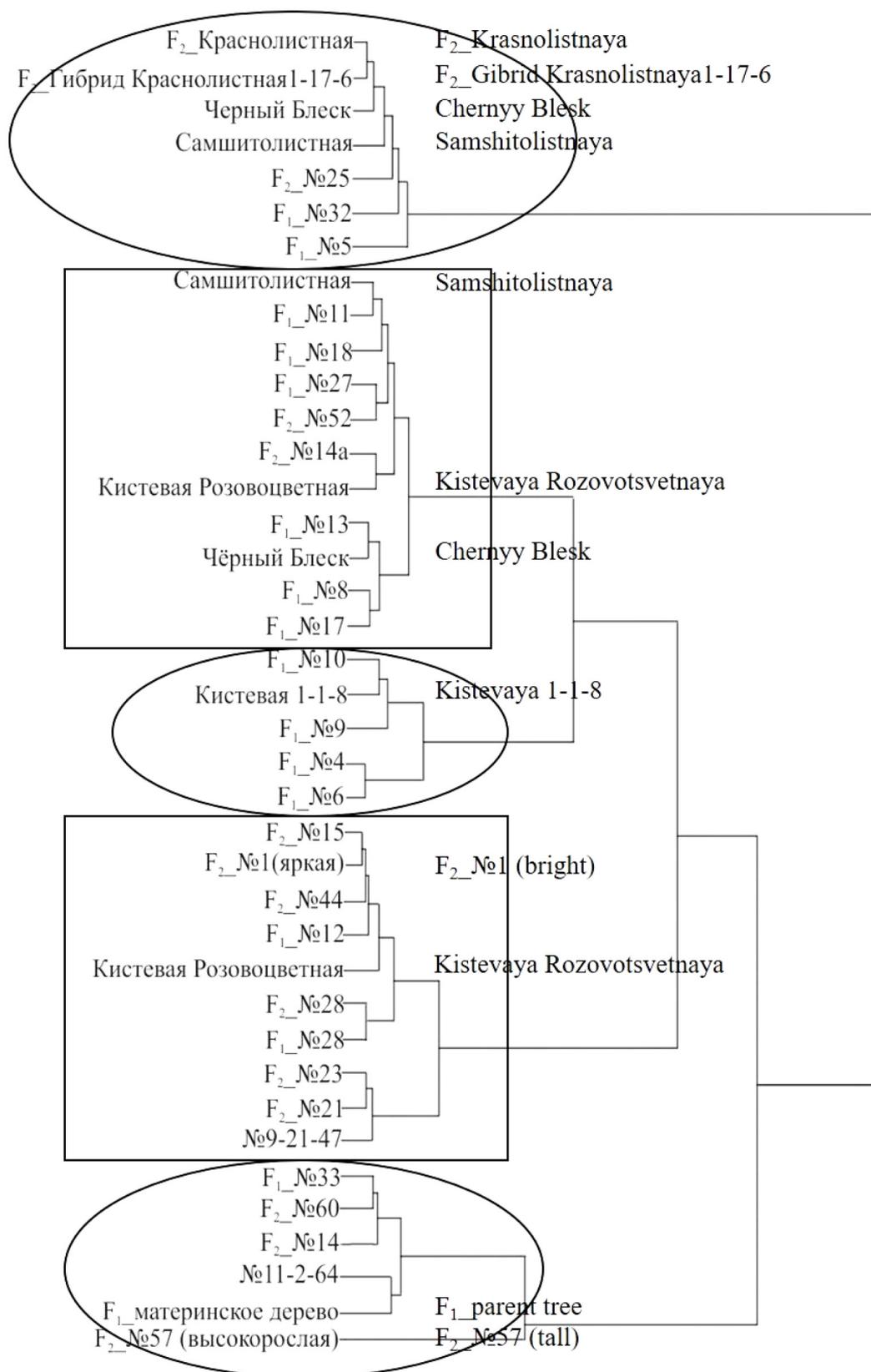


Рис. 4. Морфогенетическая структура сортов черемухи и семян от свободного опыления черемухи 'Гибрид Краснолиственная 1-17-6' по флуктуирующей асимметрии листьев

Fig. 4. Morphogenetic structure of bird cherry varieties and seedlings from free pollination of bird cherry 'Gibrid Krasnolistnaya 1-17-6' according to fluctuating leaf asymmetry

Выводы

Особенности жилкования листьев сеянцев форм от свободного опыления и таксонов коллекций позволяют установить родительские формы черемухи, участвующие в образовании новых краснолистных и зеленолистных форм.

На основе анализа флуктуирующей симметрии жилкования листьев черемухи выявлено внутривидовое и внутригибридное разнообразие. Новые подходы измерения последовательностей связанных элементов и их анализ могут быть использованы при создании коллекций любых культур и их паспортизации.

Список источников

- Животовский Л. А.* Показатель популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М. : Наука, 1982. С. 38–44.
- Животовский Л. А.* Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общ. биологии. 1979. Т. 40. № 4. С. 587–602.
- Кожевников А. П., Залесов С. В.* Опыт создания коллекции плодовых и декоративных культур : монография. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. 206 с.
- Кожевников А. П., Петрова Е. В.* Интродукция и сортоиспытание культуры черемухи на Среднем Урале / Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий : сб. науч. тр. Кемеровского отделения РБО / под ред. А. Н. Куприянова. Кемерово : Ирбис, 2010. Вып. 6. С. 130–134.
- Кожевников А. П.* Теория и практика интродукции древесных растений: монография Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 120 с.
- Мориллов В. В., Неуймин С. И., Кацман С. И.* Комплексы связанных элементов признаков органов *Betonica officinalis* L. как маркеры для поиска растений с повышенным содержанием дубильных веществ // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. № 134. С. 67–72.
- Неуймин С. И.* Инвентаризация видового состава с использованием относительных пространственно ориентированных признаков (параметров) растительной системы (на примере видовых представителей рода *Agropyron gaertn.*) // Мамаевские чтения : матер. Регион. науч. конф., посвящ. 75-летию Ботанического сада УрО РАН и памяти чл.-кор. РАН С. А. Мамаева. Екатеринбург, 2012. С. 115–120.
- Неуймин С. И., Кацман С. И.* Математическая модель анализа комплексов связанных элементов в биологических системах // Математическая биология и биоинформатика: VI Междунар. конф., г. Пущино 16–21 октября 2016 / под ред. В. Д. Лахно. Пущино, 2016. С. 72–73.
- Неуймин С. И.* Система изменчивости пшеницы эфиопской (*Triticum aethiopicum* Jakubz.) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Неуймин С. И. Л., 1991. 19 с.
- Неуймин С. И., Темирбекова С. К., Филатенко А. А.* Периодическая система конструктивных элементов генеративной сферы житняка гребенчатого // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 6. С. 38–41.
- Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях / *В. М. Захаров, Н. П. Жданова, Е. Ф. Кирик* [и др.] // Онтогенез. 2001. Т. 32. № 6. С. 404–421.
- Neuymin S. I., Temirbekova S. K., Montile A. A.* Variability of elementary frequency characteristics of radical index in the system of contracted reflected in classification of wheat grass types // History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization : XVII International Academic Congress. Japan, Tokyo, University Press, 2016. P. 257–270.

References

- Kozhevnikov A. P.* Theory and practice of introduction of woody plants: monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2015. 120 p.

- Kozhevnikov A. P., Petrova E. V.* Introduction and variety testing of bird cherry culture in the Middle Urals // Flora and vegetation of anthropogenically disturbed areas : digest of scientific works of the Kemerovo branch of the RBS / Ed. A. N. Kupriyanova. Kemerovo : Irbis, 2010. Vol. 6. P. 130–134. (In Russ.)
- Kozhevnikov A. P., Zalesov S. V.* Experience in creating a collection of fruit and ornamental crops : monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering Univ., 2018. 206 p.
- Morilov V. V., Neuymin S. I., Katsman S. I.* Complexes of related elements of characteristics of organs of *Betonica officinalis* L. as markers for searching for plants with a high content of tannins // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2020. № 134. P. 67–72. (In Russ.)
- Neuimin S. I.* Inventory of species composition using relative spatially oriented characteristics (parameters) of a plant system (using the example of species representatives of the genus *Agropyron gaertn.*) // Mamaev's Readings : Materials of the regional scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences S. A. Mamaev. 2012. P. 115–120. (In Russ.)
- Neuimin S. I.* The system of variability of Ethiopian wheat (*Triticum aethiopicum* Jakubz.) : Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences / *Neuimin S. I.* Leningrad, 1991. 19 p.
- Neuimin S. I., Katsman S. I.* Mathematical model for the analysis of complexes of related elements in biological systems // Mathematical biology and bioinformatics : VI international conference, Pushchino, October 16–21, 2016: Reports / Ed. V. D. Lakhno. Pushchino, 2016. P. 72–73. (In Russ.)
- Neuymin S. I., Temirbekova S. K., Filatenko A. A.* Periodic system of structural elements of the generative sphere of crested wheatgrass // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2009. № 6. P. 38–41. (In Russ.)
- Neuymin S. I., Temirbekova S. K., Montile A. A.* Variability of elementary frequency characteristics of radical index in the system of contracted reflected in classification of wheat grass types // History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization : XVII International Academic Congress. Japan, Tokyo : University Press, 2016. P. 257–270.
- Ontogenesis and population : assessment of the stability of development in natural populations / *V. M. Zakharov, N. P. Zhdanova, E. F. Kirik* [et al.] // *Ontogenesis*. 2001. Vol. 32. № 6. P. 404–421. (In Russ.)
- Zhivotovsky L. A.* Indicator of population variability based on polymorphic characteristics // *Population phenetics*. Moscow : Nauka, 1982. P. 38–44. (In Russ.)
- Zhivotovsky L. A.* Indicator of similarity of populations based on polymorphic characteristics // *Journal. gen. biology*. 1979. Vol. 40. № 4. P. 587–602. (In Russ.)

Информация об авторах

- А. П. Кожевников* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
С. И. Неуймин – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Интродукция травянистых растений»;
Г. М. Кожевнікова – ведущий инженер лаборатории «Экология древесных растений».

Information about the authors

- A. P. Kozhevnikov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
S. I. Neuimin – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of «Introduction of Herbaceous Plants»;
G. M. Kozhevnikova – Leading engineer of the Laboratory of «Ecology of Woody Plants».

Статья поступила в редакцию 19.11.2023; принята к публикации 02.02.2024.

The article was submitted 19.11.2023; accepted for publication 02.02.2024.
