

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGICAL SCIENCES

Научная статья

УДК 582.675.1:631.531(571.1)

DOI: 10.32516/2303-9922.2024.49.1

Оценка семенной продуктивности родительских видов и гибридов *Trollius* с использованием критерия Манна — Уитни

Любовь Викторовна Буглова¹, Маргарита Викторовна Козлова², Ольга Юрьевна Васильева³, Анастасия Станиславовна Гусар⁴

¹⁻⁴ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

¹ astro11@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9978-1569>

² margarita-kozlova-1996@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3347-5948>

³ vasil.flowers@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0730-3365>

⁴ gusara663@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4426-9795>

Аннотация. В статье описано получение гибридной формы *Trollius ledebourii* × *T. chinensis* в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири, вне типичной среды обитания. Проанализированы морфологические признаки родительских видов *ex situ*. Представлены таблицы статистических параметров различных составляющих семенной продуктивности и гистограммы их распределения, обработанные тестом Шапиро — Уилка. Сравнительные таблицы показателей семенной продуктивности гибридной формы и родительских видов проанализированы с использованием критерия Манна — Уитни. Средние значения потенциальной семенной продуктивности *T. ledebourii* × *T. chinensis* ближе к материнскому виду *T. ledebourii*, а значения фактической семенной продуктивности являются промежуточными по сравнению с родительскими экземплярами и статистически не отличаются от обеих родительских форм.

Ключевые слова: *Trollius ledebourii*, *Trollius chinensis*, семенная продуктивность, гибридизация, признаки.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами» № АААА-А17-117012610051-5.

Для цитирования: Буглова Л. В., Козлова М. В., Васильева О. Ю., Гусар А. С. Оценка семенной продуктивности родительских видов и гибридов *Trollius* с использованием критерия Манна — Уитни // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 1 (49). С. 6—16. URL: http://vestospu.ru/archive/2024/articles/49/1_49_2024.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2024.49.1.

Original article

Seed productivity evaluation of *Trollius ledebourii* × *T. chinensis* hybrids and parental species by the Mann — Whitney test

Liubov V. Buglova¹, Margarita V. Kozlova², Olga Yu. Vasilyeva³, Anastasia S. Gusar⁴

¹⁻⁴ Central Siberian botanical garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

¹ astro11@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9978-1569>

² margarita-kozlova-1996@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3347-5948>

³ vasil.flowers@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0730-3365>

⁴ gusara663@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4426-9795>

Abstract. The paper describes the production of the hybrid form *Trollius ledebourii* × *T. chinensis* in the continental climate of the forest-steppe of Western Siberia, outside the typical habitat. The morphological characteristics of parental species *ex situ* were analyzed. Tables of statistical parameters of various components of seed productivity and their distribution histograms, processed by the Shapiro — Wilk test, are presented. Comparative tables of seed productivity indicators of the hybrid form and parental species were analyzed using the Mann — Whitney test. The average values of potential seed production of *T. ledebourii* × *T. chinensis* are closer to the maternal species *T. ledebourii*, and the values of actual seed production are intermediate and do not differ statistically from both parental forms.

Keywords: *Trollius ledebourii*, *Trollius chinensis*, seed productivity, hybridization, characters.

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS “Assessment of the morphogenetic potential of plant populations in North Asia by experimental methods” No. AAAA-A17-117012610051-5.

For citation: Buglova L. V., Kozlova M. V., Vasilyeva O. Yu., Gusar A. S. Seed productivity evaluation of *Trollius ledebourii* × *T. chinensis* hybrids and parental species by the Mann — Whitney test. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*, 2024, no. 1 (49), pp. 6—16. DOI: <https://doi.org/10.32516/2303-9922.2024.49.1>.

Введение

Для растений, возобновление которых происходит исключительно семенным способом, изучение семенной продуктивности имеет первостепенное значение для решения целого ряда теоретических и практических задач. Сравнительный анализ биологических особенностей видов в выровненных эколого-географических условиях позволяет наиболее достоверно оценивать их адаптивный потенциал, решать спорные таксономические вопросы, выявлять филогенетические связи, в том числе с использованием современных молекулярно-генетических методов [6, с. 62—63].

Признаки, связанные с семенной продуктивностью и качеством семян, при отсутствии у видов естественного вегетативного размножения являются показателями адаптации к условиям обитания как в природе, так и при интродукции в новые условия обитания. Изучение видовой специфичности показателей, определяющих семенное возобновление, может осуществляться посредством искусственной гибридизации. Важность изучения наследственности и изменчивости для решения проблем эволюции и систематики была обоснована в первой половине XX века [15], тем не менее гибридизация в решении систематических задач используется довольно редко. Однако именно определение родственных связей методом искусственной гибридизации помогло А. Doroszewska [13, р. 283] уточнить положение некоторых таксонов в пределах рода *Trollius* L. (Ranunculaceae).

Представители рода *Trollius* (Купальница) известны как декоративные и лекарственные растения в сочетании с хорошей зимостойкостью [9, с. 65—66; 10, с. 173; 12, с. 42]. Виды *T. chinensis* Bunge и *T. ledebourii* Rechb. применяются в тибетской и китайской меди-

цине в составе противовирусных и антиоксидантных лекарственных сборов, а недавно были выявлены антиканцерогенные свойства гликозидов, выделенных из этих видов [18, p. 70; 20, p. 1707—1709; 21, p. 1394—1395].

Наибольшей трудностью в работе с гибридными формами *Trollius* является медленное развитие растений (зацветают на 3—4 год после посева семян), а также низкий уровень их воспроизводства, что значительно увеличивает длительность экспериментов [14, p. 451]. Поэтому учет признаков и их наследования представляет особую ценность.

Виды *Trollius* дальневосточной флоры, такие как *T. ledebourii* и *T. chinensis*, относятся к летнецветущим, т.е. при выращивании в Западной Сибири имеют более поздние сроки цветения по сравнению с аборигенным *T. asiaticus* L. [2, с. 37; 14, p. 460]. В результате здесь они не подвергаются заражению специализированными опылителями-семяедами рода *Chiastocheta* Pokorny (Diptera) [16, p. 1—2], поэтому учет семенной продуктивности дальневосточных видов при интродукции в Западную Сибирь можно проводить классическими методами, не учитывающими влияние энтомовредителей [3, с. 830]. У этих видов главный побег возобновления заканчивается одиночным цветком, кроме того, плоды могут образовываться на побегах обогачения второго и третьего порядка, которые по времени развития являются силлептическими по отношению к главному (побегу первого порядка) [5, с. 61—63].

Цель работы — определить показатели семенной продуктивности гибрида *T. ledebourii* × *T. chinensis*, провести сравнительный анализ гибридного потомства с родительскими видами.

Материал и методики исследования

Изучение семенной продуктивности проводилось на растениях из биоресурсной научной коллекции USU № 440534 Центрального сибирского ботанического сада Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск). Семена *Trollius chinensis* были получены в 2005 г. из Германии (Universität Rostock, Bundesrepublik Deutschland), систематическое положение образцов было уточнено как *T. chinensis* subsp. *macropetalus* (Regel) Lufarov, поскольку цветки имеют весьма длинные лепестки до 30 мм, а листовки — длинные носики до 5 мм [7, с. 8; 17, p. 141]. Семена *T. ledebourii* Rchb. var. *polysepalus* Regel et Til. получены в 2004 г. из Забайкальского ботанического сада (г. Чита). Искусственная гибридизация проводилась после уточнения систематической принадлежности растений, при дальнейшем изложении результатов подвидовая таксономия не используется. Учитывалась семенная продуктивность родительских видов именно на тех генетах, от которых было получено гибридное потомство. Возрастные состояния определялись согласно литературным источникам [8, с. 7—10].

Потенциальная семенная продуктивность (ПСП) и фактическая семенная продуктивность (ФСП) определялись по методике И. В. Вайнагий [3, с. 828—830], в качестве учетной единицы были выбраны плоды согласно современным исследованиям, посвященным семенной продуктивности *Trollius* [19, p. 4769]. Общее число семян в плодах (число семяпочек) является потенциальной семенной продуктивностью, а число развитых семян — фактической. Поскольку продуктивность плодов на побегах обогачения первого и второго порядка может различаться, в сравнительном анализе показатели подсчитывались отдельно для разных порядков.

Определение соответствия данных нормальному распределению выполнялось с использованием критерия Шапиро — Уилка, который подходит для небольших выборок [4, с. 12—16]. Расчеты проводились по формуле (ГОСТ ИСО 5479-2002):

$$W_f = \frac{s^2}{(nm_2)}, \quad S = \sum a_k [x_{(n+1-k)} - x_k], \quad nm_2 = \sum (x_i - \bar{x})^2.$$

Значения W_{tab} , a_k находились по таблицам ГОСТ ИСО 5479-2002.

Если $W_f \geq W_{tab}$, распределение считается нормальным.

Вычисления выполнялись в программах MS Excel 2010 и STATISTICA 10.

Сравнение параметров семенной продуктивности проводилось с использованием критерия Манна — Уитни (U), который применяется для двух независимых между собой групп при неизвестном или отличном от нормального распределении признака [1, с. 129—130; 11, с. 49—55].

При $n_1 \neq n_2$ рассчитываются 2 значения U_1 и U_2 по формуле [1, с. 55]:

$$U = (n_1 n_2) + \frac{n_x(n_x+1)}{2} - T_x,$$

где n_1 — число измерений в выборке 1; n_2 — число измерений в выборке 2; T_x — большая из двух ранговых сумм; n_x — число измерений в группе (выборке) с большей суммой рангов.

С табличным значением сравнивается наименьший показатель U. Чем меньше значение U фактического (или эмпирического), тем выше достоверность различий.

Результаты исследований

Гибридное потомство F1 от трех родительских пар *T. ledebourii* × *T. chinensis* было получено в 2010 г. В этом же году был проведен грунтовый посев свежесобранных семян. В генеративное состояние (g_1) гибридные растения вступили в 2013 г.

Они характеризовались следующими признаками: длинные лепестки, как у *T. chinensis* (♂), желто-оранжевые цветки с чашелистиками, изогнутыми, как у *T. ledebourii* (♀), но с лепестками, направленными вверх, как у *T. chinensis*. Стилодии 1—2 мм, как у *T. ledebourii*, или чуть длиннее, но носики более круто отогнуты наружу (рис. 1).

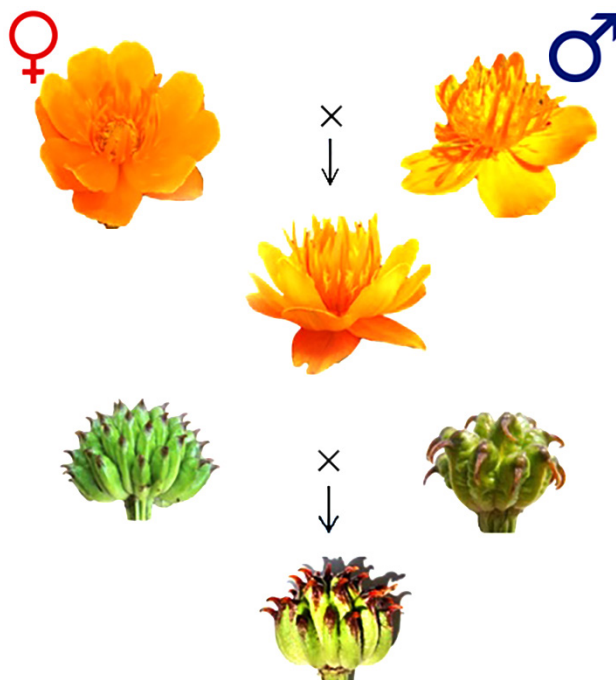


Рис. 1. Признаки цветков и плодов гибридов F1 *T. ledebourii* × *T. chinensis*
Fig. 1. Characters of flowers and fruits of *T. ledebourii* × *T. chinensis* F1 hybrids

В гибридном потомстве был проведен отбор на декоративность — выделены растения с самыми крупными цветками и получены семена F2 от отборных растений в результате свободного опыления. Семена были посеяны в грунт в 2013 г., а в 2016 г. 30% растений достигли онтогенетического состояния g_1 и сформировали по одному генеративному по-

бегу высотой 55—60 см с одиночным цветком. В результате повторного отбора в 2017 г. из них выделили 14 наиболее декоративных экземпляров с самым крупным и махровым цветком.

В 2018 г. эти растения перешли в онтогенетическое состояние g2, что морфологически проявилось в появлении силлептических ветвей на главном генеративном побеге, в увеличении длины цветоносов и их количества на одну генету.

Оценка семенной продуктивности родительских и гибридных растений приведена в таблице 1. Семенная продуктивность гибридных экземпляров увеличивается за счет формирования большего числа листовок в плодах, в то время как количество семязачатков в каждой листовке близко к таковым показателям у видовых экземпляров. Общее количество семязачатков (ПСП) в плодах, образовавшихся на побегах I и II порядка, у гибридных растений существенно выше, чем у видовых. Высокие показатели семенной продуктивности при межвидовой гибридизации позволяют предполагать наличие гетерозисного эффекта гибридных растений, а также судить о близости видов *T. chinensis* и *T. ledebourii*. Примечательно, что в экспериментах А. Doroszewska [14, с. 462—463] с межвидовыми гибридами *T. europaeus* × *T. chinensis* все растения производили незначительное количество семян. В ее опыте со свободным опылением образовалось в среднем 4,7 шт. развитых семян на листовку у *T. chinensis*, 2,5 шт. — у *T. europaeus* и промежуточные показатели — 4,3 шт. у их гибридов.

Таблица 1

Семенная продуктивность *T. ledebourii*, *T. chinensis* и их гибридного потомства

Table 1

Seed productivity of *T. ledebourii*, *T. chinensis* and their hybrids

Объект изучения	Статистические параметры	Число листовок, шт.	Число семязачатков в листовке, шт.	Число семязачатков (ПСП), шт.	Число выполненных семян (ФСП), шт.	Коэффициент семенификации, %
Плоды (многолисточковые) на побеге I порядка						
<i>T. ledebourii</i>	average	36,10±3,55	10,37±0,22	377,80±41,40	338,10±36,33	87,65
	limit	22—55	9—11	199—593	182—534	
<i>T. chinensis</i>	average	19,22±1,30	12,66±0,40	245,44±20,93	161,11±15,83	64,76
	limit	12—26	11—14	132—136	73—215	
<i>T. ledebourii</i> × <i>T. chinensis</i>	average	47,92±6,27	10,64±0,14	508,85±66,05	363,38±78,57	71,41
	limit	21—84	9—11	221—910	91—850	
Плоды (многолисточковые) на побеге обогащения II порядка						
<i>T. ledebourii</i>	average	31,29±2,71	8,71±0,52	274,00±31,31	109,57±34,89	39,99
	limit	25—43	6—10	164—416	0—236	
<i>T. chinensis</i>	average	17,13±0,90	10,63±0,48	185,80±15,55	51,27±14,24	27,59
	limit	12—23	7—13	92—260	0—147	
<i>T. ledebourii</i> × <i>T. chinensis</i>	average	33,34±2,47	10,21±0,30	307,48±30,25	190,68±32,39	62,01
	limit	10—60	5—13	0—572	0—522	

Как видно из таблицы 1, растения *T. chinensis* имеют наименьшую семенную продуктивность по сравнению с остальными объектами изучения. Самый высокий процент

реализации семенной продуктивности (коэффициент семенификации) у *T. ledebourii* на побегах I порядка, самый низкий — у *T. chinensis* на побегах II порядка. В целом у видовых экземпляров вклад плодов с побегов II порядка в реализацию семенной продуктивности значительно ниже, чем с побегов I порядка (табл. 1), в то время как у растений *T. ledebourii* × *T. chinensis* различия по реализации семенной продуктивности побегов I и II порядка менее выражены.

Проверка распределения данных на нормальность является первым этапом анализа, определяющим выбор методов и критериев для сравнительного анализа. Гистограммы распределения основных показателей семенной продуктивности родительских видов и их гибридов представлены на рисунке 2. Гистограммы распределения значений у видовых экземпляров отличаются от гистограмм их гибридных потомков. У гибридов распределение фактической и потенциальной семенной продуктивности имеет выраженную унимодальность, а наибольшая частота значений реальной семенной продуктивности приходится на минимальные показатели.

Тенденция к би-, тримодальности характеризует наличие неучтенных факторов, влияющих на показатели семенной продуктивности. Визуальная оценка характера распределения показателей с помощью гистограмм позволяет предположить, что оно отличается от нормального. Поэтому целесообразно выполнить более точную проверку типов распределения показателей с использованием критерия Шапиро — Уилка.

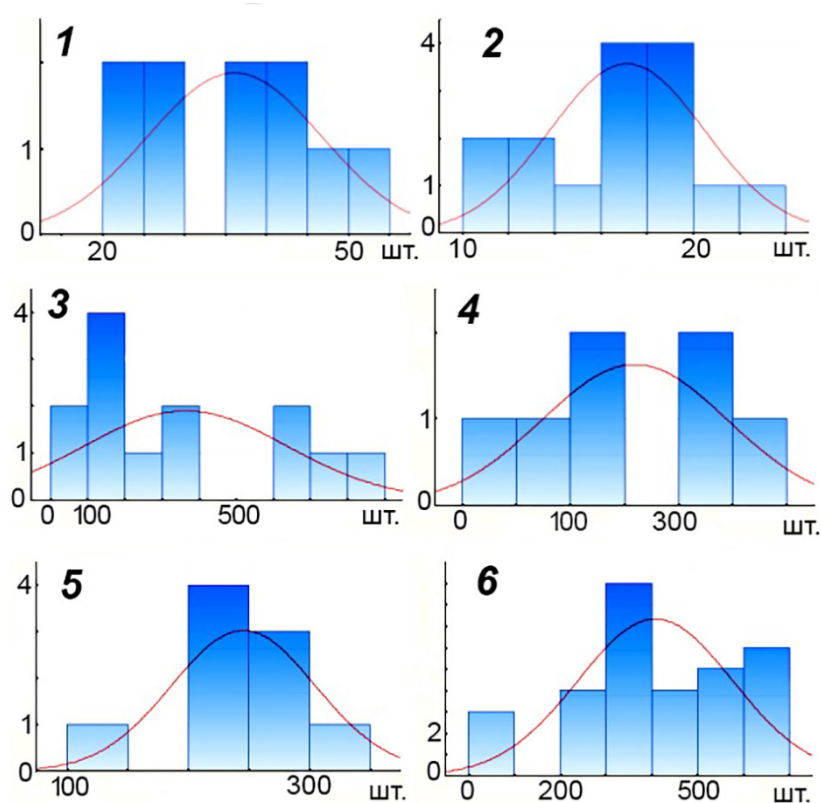


Рис. 2. Гистограммы распределения значений:

- 1 — число листовок в плодах I порядка *T. ledebourii*;
- 2 — число листовок в плодах II порядка *T. chinensis*;
- 3 — число выполненных семян в плодах I порядка потомков *T. ledebourii* × *T. chinensis*;
- 4 — число выполненных семян в плодах II порядка *T. ledebourii*;
- 5 — число семяпочек в плодах I порядка *T. chinensis*;
- 6 — число семяпочек в плодах II порядка потомков *T. ledebourii* × *T. chinensis*.

По оси у — частоты по Шапиро — Уилку

Fig. 2. The histograms of the distribution:

- 1 — number of follicles in the I order fruits of the *T. ledebourii*;
- 2 — number of follicles in the II order fruit of the *T. chinensis*;
- 3 — number of plump seeds in the I order fruit of the *T. ledebourii* × *T. chinensis*;
- 4 — number of plump seeds in the II order fruit of the *T. ledebourii*;
- 5 — the total seeds in the I order fruit of the *T. chinensis*;
- 6 — the total seeds in the II order fruit of the *T. ledebourii* × *T. chinensis*.

The y-axis is the Shapiro — Wilk frequency

С использованием критерия Шапиро — Уилка было подтверждено, что некоторые из исследованных параметров имеют отличный от нормального характер распределения (табл. 2).

Таблица 2

Значения критерия Шапиро — Уилка по показателям семенной продуктивности плодов на побегах I и II порядков

Table 2

Values of the Shapiro — Wilk test in the characters of seed productivity of fruit on I and II orders shoots

Показатель	<i>T. ledebourii</i>		<i>T. chinensis</i>		Гибридное потомство	
	W_f	W_{tab}	W_f	W_{tab}	W_f	W_{tab}
Кол-во листовок I	0,945	0,842	0,608*	0,829	0,886	0,866
Кол-во семян в листовке I	0,928	0,842	0,971	0,829	0,956	0,866
Общее кол-во семян I	0,957	0,842	0,964	0,829	0,896	0,866
Развитых семян I	0,942	0,842	0,926	0,829	0,856	0,866
Кол-во листовок II	—	—	0,958	0,881	0,969	0,929
Кол-во семян в листовке II	—	—	0,910	0,881	0,726	0,929
Общее кол-во семян II	—	—	0,928	0,881	0,951	0,929
Развитых семян II	—	—	0,857	0,881	0,845	0,929

* Полу жирным шрифтом отмечены значения ($W_f < W_{tab}$), свидетельствующие о том, что гипотеза о нормальном распределении результатов испытаний отвергается.

При сравнительном анализе параметров с различным или неустановленным характером распределения классические методы сравнения двух выборок (t-критерий Стьюдента, χ^2 Пирсона) не дают надежного результата, поэтому был использован критерий Манна — Уитни.

Достоверные различия показателей семенной продуктивности плодов на побегах I порядка родительских видов и их гибридного потомства установлены для следующих параметров (табл. 3):

- числа листовок, фактической и потенциальной семенной продуктивности для пары *T. ledebourii* / *T. chinensis*;
- числа листовок, потенциальной семенной продуктивности для *T. chinensis* / Гибридное потомство.

Признаки плодов на побегах I порядка, по которым значения статистически не различаются:

- число листовок, фактическая и потенциальная семенная продуктивность для пары *T. ledebourii* / Гибридное потомство;
- реальная семенная продуктивность у *T. chinensis* / Гибридное потомство (табл. 4).

Также был проведен анализ признаков семенной продуктивности представителей рода *Trollius* на побегах обогащения II порядка и установлены достоверные различия для пар признаков (табл. 3):

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGICAL SCIENCES

- число листовок и потенциальная семенная продуктивность для пары *T. ledebourii* / *T. chinensis*;

- число листовок, фактическая и потенциальная семенная продуктивность для *T. chinensis* / Гибридное потомство.

Признаки, по которым показатели семенной продуктивности на побегах обогащения II порядка статистически не различаются: число листовок, фактическая и потенциальная семенная продуктивность у пары *T. ledebourii* / Гибридное потомство (табл. 4).

Таблица 3

Достоверные различия показателей семенной продуктивности при $p < 0,05$

Table 3

Differences in seed productivity at $p < 0,05$

Параметр	Анализируемые объекты				Сравнение показателей U
	<i>n</i>	Сумма рангов	<i>n</i>	Сумма рангов	
	<i>T. chinensis</i>		<i>T. ledebourii</i>		
Число листовок I	9	47	10	143	$U_f = 9 \cdot 10 + 10 \cdot (10+1)/2 - 143 = 2$; $U_f \leq U_{tab}, (2 \leq 20)$
Кол-во выполненных семян I (ФСП I)	9	49	10	141	$U_f \leq U_{tab}, (4 \leq 24)$
Общее количество семязачатков (ПСП I)	9	62	10	128	$U_f \leq U_{tab}, (17 \leq 24)$
Число листовок II	15	120	7	133	$U_f \leq U_{tab}, (0 \leq 28)$
ПСП II	15	138,5	7	114,5	$U_f \leq U_{tab}, (18,5 \leq 28)$
	<i>T. chinensis</i>		Гибридное потомство		
Число листовок I	9	47	13	206	$U_f \leq U_{tab}, (2 \leq 28)$
ПСП I	9	54	13	199	$U_f \leq U_{tab}, (9 \leq 33)$
Число листовок II	15	192,5	31	888,5	$U_f \leq U_{tab}, (72,5 \leq 161)$
ФСП II	15	256,5	31	824,5	$U_f \leq U_{tab}, (136,5 \leq 161)$
ПСП II	15	231	31	850	$U_f \leq U_{tab}, (111 \leq 161)$

Таблица 4

Отсутствие различий показателей семенной продуктивности при $p < 0,05$

Table 4

Absence of seed productivity differences at $p < 0.05$

Параметр	Анализируемые объекты				Сравнение показателей U
	<i>T. ledebourii</i>		Гибрид		
	<i>n</i>	Сумма рангов	<i>n</i>	Сумма рангов	
Число листовок I	10	104,5	13	171,5	$U_f > U_{tab}, (49,5 > 37)$
ПСП I	10	102	13	174	$U_f > U_{tab}, (47 > 37)$
ФСП I	10	131	13	145	$U_f > U_{tab}, (54 > 37)$
Число листовок II	7	144	31	597	$U_f > U_{tab}, (101 > 64)$
ФСП II	7	121	31	620	$U_f > U_{tab}, (93 > 64)$
ПСП II	7	118	31	623	$U_f > U_{tab}, (90 > 64)$
	<i>T. chinensis</i>		Гибрид		
ФСП I	9	81	13	172	$U_f > U_{tab}, (36 > 33)$

Заключение

Таким образом, по потенциальной семенной продуктивности и количеству листовок в плодах на побегах I и II порядка гибридная форма (*T. ledebourii* × *T. chinensis*) ближе к материнскому виду *T. ledebourii*. Фактическая семенная продуктивность плодов первого порядка у гибридных растений имеет промежуточные значения и статистически не отличается от родительских видов.

Большее сходство гибридной формы с продуктивно успешным видом *T. ledebourii* частично объясняется, предположительно, наличием спонтанного отбора, элиминирующего наименее продуктивные экземпляры, а весьма высокая для межвидового гибрида семенная продуктивность позволяет сделать вывод о генетической близости родительских видов.

Использование критерия Манна — Уитни при непараметрическом характере распределения показателей позволяет проверить, существует ли достоверная разница между выборками после проведения ранжирования сгруппированных данных и вычисления рангов, что особенно важно при статистических исследованиях, как правило, немногочисленных родительских и гибридных экземпляров.

Список источников

1. Абдрахманова И. В., Лущик И. В. Особенности применения критерия Манна — Уитни для проверки статистических гипотез в физической культуре и спорте // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 4. С. 128—132. DOI: 10.17513/snt.39120.
2. Буглова Л. В. Ритмы цветения некоторых видов *Trollius* L. в условиях Новосибирска // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2011. Вып. 44-3. С. 35—41.
3. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. 1974. Т. 59, № 6. С. 826—831.
4. Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А. Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ Statistica и SPSS // Наука и Здравоохранение. 2016. № 1. С. 7—23. DOI: 10.34689/SH.2016.18.1.001.
5. Дымина Г. Д., Черемушкина В. А. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. Новосибирск : НГПУ, 2003. 138 с.
6. Кубан И. Н., Нуждина Н. С., Буглова Л. В., Васильева О. Ю., Морозова А. О. Изучение природного генофонда ресурсных видов растений, перспективных для селекции // Вестник КрасГАУ. 2019. № 8 (149). С. 59—67.
7. Луферов А. Н. Таксономический конспект лютиковых (*Ranunculaceae*) Дальнего Востока России // Turczaninowia. 2004. Т. 7, вып. 1. С. 5—84.
8. Онтогенетический атлас лекарственных растений / под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола : МарГУ, 1997. 240 с.
9. Пovýдъш М. Н., Петрова Н. В., Медведева Л. И., Орлова Т. А. Сем. *Ranunculaceae* // Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. М. ; СПб. : Т-во науч. изданий КМК, 2008. С. 24—67.
10. Полетико О. М., Мишенкова А. П. Декоративные травянистые растения открытого грунта. Л. : Наука, 1967. 208 с.
11. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб. : Речь, 2000. 350 с.
12. Шипчинский Н. В. Купальница — *Trollius* L. // Флора СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1937. Т. 7. С. 42—53.
13. Doroszevska A. Hybrids of *Trollius pumilus* Don with other species of the same genus // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 1970. Vol. 39. P. 257—284.
14. Doroszevska A. Observations on the *Trollius chinensis* × *T. europaeus* hybrids // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 1965. Vol. 34, N 3. P. 451—469. DOI: 10.5586/asbp.1965.033.
15. Fraser E. A. *William Bateson, F.R.S., Naturalist. His Essays and Addresses together with a Short Account of his Life, by Beatrice Bateson* [Review] // Annals of human genetics. 1928. Vol. 3, N 3-4. P. 399—400. DOI: 10.1111/j.1469-1809.1928.tb02071.x.

16. Gusar A., Buglova L. Specialized pollinators and seed production of *Trollius* species introduced in Western Siberia // BIO Web of Conferences. 2018. Art. 00018. 4 p. DOI: 10.1051/bioconf/20181100018.
17. Liangqian L., Tamura M. *Trollius* // Flora of China. Beijing : Science Press ; St. Louis : Missouri Bot. Gard. Press, 2001. Vol. 6. P. 137—142.
18. Su L., Yu R., Zhao J. Study on HPLC fingerprint of *Trollius ledebourii* Reichb. // Амурский медицинский журнал. 2017. № 3 (19). С. 69—70. DOI: 10.22448/AMJ.2017.3.69-70.
19. Suchan T., Beauverd M., Trim N., Alvarez N. Asymmetrical nature of the *Trollius* — *Chiastocheta* interaction: insights into the evolution of nursery pollination systems // Ecology and Evolution. 2015. Vol. 5 (21). P. 4766—4777. DOI: 10.1002/ece3.1544.
20. Wang S., Tian Q., An F. Growth inhibition and apoptotic effects of total flavonoids from *Trollius chinensis* on human breast cancer MCF-7 cells // Oncology Letters. 2016. Vol. 12, N 3. P. 1705—1710. DOI: 10.3892/ol.2016.4898.
21. Wu L. Z., Wu H. F., Xu X. D., Yang J. S. Two new flavone C-glycosides from *Trollius ledebourii* // Chemical and Pharmaceutical Bulletin. [Tokyo], 2011. Vol. 59 (11). P. 1393—1398. DOI: 10.1248/cpb.59.1393.

References

1. Abdrakhmanova I. V., Lushchik I. V. Osobennosti primeneniya kriteriya Manna — Uitni dlya proverki statisticheskikh gipotez v fizicheskoi kul'ture i sporte [Features of the application of the Mann — Whitney criterion for testing statistical hypotheses in physical culture and sports]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii — Modern High Technologies*, 2022, no. 4, pp. 128—132. DOI: 10.17513/snt.39120. (In Russian)
2. Buglova L. V. Ritmy tsveteniya nekotorykh vidov *Trollius* L. v usloviyakh Novosibirskaya [Rhythm of flowering of some *Trollius* L. species in Novosibirsk region]. *Nauchno-prakticheskii zhurnal "Vestnik IrGSKhA" — Scientific and practical journal "Vestnik IrGSHA"*, 2011, is. 44-3, pp. 35—41. (In Russian)
3. Vainagii I. V. O metodike izucheniya semennoi produktivnosti rastenii [On the method of studying seed productivity of plants]. *Botanicheskii zhurnal*, 1974, vol. 59, no. 6, pp. 826—831. (In Russian)
4. Grzhibovskii A. M., Ivanov S. V., Gorbatova M. A. Opisatel'naya statistika s ispolzovaniem paketov statisticheskikh programm Statistica i SPSS [Descriptive statistics using Statistica and SPSS software]. *Nauka i Zdravookhranenie — Science & Healthcare*, 2016, no. 1, pp. 7—23. DOI: 10.34689/SH.2016.18.1.001. (In Russian)
5. Dymina G. D., Cheremushkina V. A. *Praktikum po anatomii i morfologii vysshikh rastenii* [Workshop on anatomy and morphology of higher plants]. Novosibirsk, NGPU Publ., 2003. 138 p. (In Russian)
6. Kuban I. N., Nuzhdina N. S., Buglova L. V., Vasil'eva O. Yu., Morozova A. O. Izuchenie prirodnogo genofonda resursnykh vidov rastenii, perspektivnykh dlya selektsii [The study of natural gene pool of plant resource species, promising for selection]. *Vestnik KrasGAU — the Bulletin of KrasGAU*, 2019, no. 8 (149), pp. 59—67. (In Russian)
7. Luferov A. N. Taksonomicheskii konspekt lyutikovykh (Ranunculaceae) Dal'nego Vostoka Rossii [Taxonomic summary of buttercups (Ranunculaceae) of the Russian Far East]. *Turczaninowia*, 2004, vol. 7, is. 1, pp. 5—84. (In Russian)
8. *Ontogeneticheskii atlas lekarstvennykh rastenii* [Ontogenetic atlas of medicinal plants]. Yoshkar-Ola, MarGU Publ., 1997. 240 p. (In Russian)
9. Povydysh M. N., Petrova N. V., Medvedeva L. I., Orlova T. A. Sem. Ranunculaceae [Sem. Ranunculaceae]. *Rastitel'nye resursy Rossii. Dikorastushchie tsvetkovye rasteniya, ikh komponentnyi sostav i biologicheskaya aktivnost'* [Plant resources of Russia. Wild flowering plants, their component composition and biological activity]. Moscow, St. Petersburg, T-vo nauch. izdaniy KMK Publ., 2008, pp. 24—67. (In Russian)
10. Poletiko O. M., Mishenkova A. P. *Dekorativnye travyanistye rasteniya otkrytogo grunta* [Ornamental herbaceous plants of open ground]. Leningrad, Nauka Publ., 1967. 208 p. (In Russian)
11. Sidorenko E. V. *Metody matematicheskoi obrabotki v psikhologii* [Methods of mathematical processing in psychology]. St. Petersburg, Rech' Publ., 2000. 350 p. (In Russian)
12. Shipchinskii N. V. *Kupal'nitsa — Trollius L.* [Globeflower — *Trollius* L.]. *Flora SSSR* [Flora of the USSR]. Moscow, Leningrad, AN SSSR Publ., 1937, vol. 7, pp. 42—53. (In Russian)
13. Doroszevska A. Hybrids of *Trollius pumilus* Don with other species of the same genus. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 1970, vol. 39, pp. 257—284.
14. Doroszevska A. Observations on the *Trollius chinensis* × *T. europaeus* hybrids. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 1965, vol. 34, no. 3, pp. 451—469. DOI: 10.5586/asbp.1965.033.
15. Fraser E. A. William Bateson, F.R.S., Naturalist. His Essays and Addresses together with a Short Account of his Life, by Beatrice Bateson [Review]. *Annals of Human Genetics*, 1928, vol. 3, no. 3—4, pp. 399—400. DOI: 10.1111/j.1469-1809.1928.tb02071.x.

16. Gusar A., Buglova L. Specialized pollinators and seed production of *Trollius* species introduced in Western Siberia. *BIO Web of Conferences*, 2018, art. 00018. 4 p. DOI: 10.1051/bioconf/20181100018.
17. Liangqian L., Tamura M. *Trollius*. *Flora of China*. Beijing, Science Press, St. Louis, Missouri Bot. Gard. Press, 2001, vol. 6, pp. 137—142.
18. Su L., Yu R., Zhao J. Study on HPLC fingerprint of *Trollius ledebourii* Reichb. *Amur Medical Journal*, 2017, no. 3 (19), pp. 69—70. DOI: 10.22448/AMJ.2017.3.69-70.
19. Suchan T., Beauverd M., Trim N., Alvarez N. Asymmetrical nature of the *Trollius* — *Chiastocheta* interaction: insights into the evolution of nursery pollination systems. *Ecology and Evolution*, 2015, vol. 5 (21), pp. 4766—4777. DOI: 10.1002/ece3.1544.
20. Wang S., Tian Q., An F. Growth inhibition and apoptotic effects of total flavonoids from *Trollius chinensis* on human breast cancer MCF-7 cells. *Oncology Letters*, 2016, vol. 12, no. 3, pp. 1705—1710. DOI: 10.3892/ol.2016.4898.
21. Wu L. Z., Wu H. F., Xu X. D., Yang J. S. Two new flavone C-glycosides from *Trollius ledebourii*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. [Tokyo], 2011, vol. 59 (11), pp. 1393—1398. DOI: 10.1248/cpb.59.1393.

Информация об авторах

Л. В. Буглова — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

М. В. Козлова — аспирант

О. Ю. Васильева — доктор биологических наук, главный научный сотрудник

А. С. Гусар — аспирант

Information about the authors

L. V. Buglova — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

M. V. Kozlova — Postgraduate Student

O. Yu. Vasilyeva — Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher

A. S. Gusar — Postgraduate Student

Статья поступила в редакцию 17.10.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023;
принята к публикации 20.02.2024

The article was submitted 17.10.2023; approved after reviewing 04.12.2023;
accepted for publication 20.02.2024