

Е. С. Васфилова**Взаимосвязь результатов интродукции видов травянистых растений с их систематической принадлежностью**

Изучена перспективность интродукции 155 видов травянистых растений в подзону южной тайги в связи с особенностями их систематики. Использованы методы статистического анализа. Наиболее перспективными по комплексу шести показателей оказались виды порядков Rosales и Asterales, что может быть связано с наиболее широким географическим распространением входящих в них видов. Изученные виды этих порядков характеризовались также повышенными размерами растений в условиях интродукции по сравнению с природными условиями. У видов порядка Rosales, кроме того, наиболее низок выпад (повышена зимостойкость растений). Размеры растений в условиях интродукции заметно увеличивались и у видов порядка Fabales, но у них наблюдался повышенный выпад. Интенсивное семенное размножение свойственно, помимо Rosales и Asterales, также видам порядка Apiales (который относят к эволюционно продвинутой группе) и порядка Ranunculales. Пониженная интродукционная перспективность характерна для видов порядка Gentianales, что, вероятно, связано с особенностями их ареалов. Интенсивность семенного воспроизводства наиболее низка у видов этого порядка, а также снижена у видов класса Однодольные, который относится к одной из наиболее древних групп среди Покрытосеменных.

Ключевые слова: перспективность интродукции, интродукция растений, систематическая принадлежность растений.

Введение

Процесс интродукции растений, т.е. перенесения их в новые условия среды обитания, как показали многочисленные исследования, характеризуется определенными закономерностями, связанными с разнообразными биологическими особенностями видов. Ю. Н. Карпун [8] отмечает, что результаты интродукционной работы дают возможность прояснить определенные вопросы теоретической ботаники. В подавляющем большинстве работ, посвященных анализу итогов переселения растений в различные природно-климатические регионы, обсуждаются вопросы влияния на результат интродукции специфики географического распространения (ареалов) видов, их экологических особенностей (в первую очередь отношение к увлажнению), а также их жизненных форм [5; 11; 14]. Аналогичные исследования для условий Среднего Урала проводились и автором данной работы [3; 4]. Несомненно, вышеуказанные факторы являются важными для успеха интродукционного процесса. Но представляет также интерес изучение возможности взаимосвязи систематической принадлежности видов с результатами их интродукции. Систематическое положение растений может быть связано с различными сторонами их жизнедеятельности. В частности, в ряде работ по физиологии растений отмечалось, что принадлежность к определенному семейству в значительной степени взаимосвязана с рядом функциональных параметров листьев, в частности тех из них, которые связаны с устойчивостью растений к засухе [16; 20]. При этом различия между семействами сохранялись независимо от района произрастания.

Вопрос взаимосвязи систематической принадлежности растений и результатов их перенесения в новые условия среды затрагивался в работах некоторых исследователей [7; 12; 13], но его обсуждение носило эмпирический характер. В данной работе сделана попытка статистического анализа результатов интродукции в связи с систематической принадлежностью видов. По мнению П. Е. Булаха [2], Г. Н. Зайцева [6], использование математических методов для анализа результатов интродукции способствует уточнению

© Васфилова Е. С., 2022

степени достоверности полученных данных, выявлению закономерностей процессов интродукции растений, а также повышению общего методического уровня исследований.

Целью работы явилось изучение взаимосвязи систематической принадлежности травянистых растений и успешности их интродукции в природно-климатические условия подзоны южной тайги (Средний Урал) с использованием методов статистического анализа.

Задачи исследования:

- выявить достоверность связи систематической принадлежности видов с суммарной оценкой результата интродукции изученных видов в подзону южной тайги на основе использования различных таксономических систем;
- оценить степень взаимосвязи систематической принадлежности с различными показателями интродукционной перспективности;
- выявить таксоны (порядки и семейства) с наиболее высокой и наиболее низкой интродукционной перспективностью для условий Среднего Урала.

Материал и методика исследования

Изучались виды коллекции лекарственных и пряно-ароматических растений Ботанического сада Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург) в период с 1984 по 2019 г. Проанализирована интродукционная перспективность 155 видов растений, выращивавшихся в открытом грунте, без укрытия (табл. 1). Анализировались все виды, изученные за указанный период, в том числе и те, что в настоящее время не выращиваются в коллекции, в частности в связи с их низкой интродукционной перспективностью. Каждая из изученных таксономических групп (семейство, порядок) включала от 9 до 38 видов. Среднее число особей каждого вида варьировало от 8—10 до нескольких десятков.

Ранее автором данной статьи проводился статистический анализ результатов интродукции этой же группы видов с целью выявления специфики влияния на результаты интродукции особенностей географического распространения видов, принадлежности их к различным жизненным формам, а также особенностей феноритмики их в условиях интродукции [3; 4]. В этих работах приведены экспериментальные данные по интродукционной перспективности изученных видов. Комплекс видов в этой и предыдущих работах очень близок, но их изучение проводилось с разными целями и в разных аспектах. Во всех этих исследованиях для подведения итогов интродукции использовалась шкала Р. А. Карпионовой [7], модифицированная автором [3]. Изучались следующие показатели интродукционной перспективности видов:

- особенности семенного размножения (наличие, регулярность, интенсивность плодоношения и самосева);
- способность к естественному вегетативному размножению в условиях культуры;
- степень развития растений (высота особей, размеры побегов и листьев) по сравнению с природными условиями;
- повреждаемость вредителями и болезнями;
- зимостойкость (как наиболее важный показатель устойчивости по отношению к неблагоприятным факторам среды в условиях южной тайги), оцениваемая по величине выпада;
- длительность существования вида в условиях интродукции.

Каждый показатель оценивали по трехбалльной шкале, от 1 до 3 баллов [3; 4]. При суммировании всех баллов получали суммарную оценку результата интродукции. Но поскольку в интродукционный эксперимент привлекались наряду с многолетниками также одно- и двулетние растения, у которых отсутствовало вегетативное размножение (а у од-

нолетников не оценивалась также и зимостойкость), использование суммарных балльных оценок было бы не вполне корректным. В связи с этим суммарную оценку делили на число изученных показателей; полученный средний балл интродукционной перспективности (СБИП) использовался для оценки результата интродукции. Его значения менялись от 1,33 до 3,0. Данный показатель рассчитывали для каждого вида. В результате проведенного дисперсионного анализа получали усредненное значение СБИП для каждого семейства и порядка.

Таблица 1

Систематическая принадлежность изученных видов (по The Plant List [17], World Flora Online [19], P. F. Stevens [18])

Порядок, семейство	Виды растений
Класс Monocotyledones	
Acoraceae	<i>Acorus calamus</i> L.
Asparagaceae	<i>Asparagus officinalis</i> L., <i>Convallaria majalis</i> L., <i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce
Colchicaceae	<i>Colchicum speciosum</i> Steven
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea nipponica</i> Makino
Iridaceae	<i>Iris pseudacorus</i> L.
Melanthiaceae	<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh., <i>V. nigrum</i> L.
Класс Dicotyledones	
Порядок Ranunculales	
Berberidaceae	<i>Sinopodophyllum hexandrum</i> (Royle) T. S. Ying
Menispermaceae	<i>Menispermum dauricum</i> DC.
Papaveraceae	<i>Chelidonium majus</i> L., <i>Fumaria officinalis</i> L., <i>Glaucium flavum</i> Crantz., <i>Macleaya microcarpa</i> (Maxim.) Fedde, <i>Papaver bracteatum</i> Lindl., <i>P. rhoeas</i> L., <i>P. somniferum</i> L.
Ranunculaceae	<i>Aconitum napellus</i> L., <i>Adonis vernalis</i> L., <i>Delphinium elatum</i> L., <i>Helleborus purpurascens</i> Waldst. et Kit., <i>Nigella damascena</i> L., <i>Thalictrum flavum</i> L., <i>T. minus</i> L.
Порядок Fabales	
Fabaceae	<i>Amorpha fruticosa</i> L., <i>Astragalus dasyanthus</i> Pall., <i>A. glycyphyllos</i> L., <i>A. falcatus</i> Lam., <i>A. onobrychis</i> L., <i>Desmodium canadense</i> (L.) DC., <i>Galega officinalis</i> L., <i>Galega orientalis</i> Lam., <i>Glycyrrhiza glabra</i> L., <i>G. korshinskyi</i> Grig., <i>G. pallidiflora</i> Maxim., <i>G. uralensis</i> Fisch., <i>Hedysarum alpinum</i> L., <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall., <i>Ononis spinosa</i> subsp. <i>hircina</i> (Jacq.) Gams, <i>Thermopsis lanceolata</i> R. Br., <i>Trigonella foenum-graecum</i> L.
Polygalaceae	<i>Polygala comosa</i> Schkuhr
Порядок Rosales	
Cannabaceae	<i>Humulus lupulus</i> L.
Rosaceae	<i>Agrimonia eupatoria</i> L., <i>Dasiphora fruticosa</i> (L.) Rydb., <i>Drymocallis rupestris</i> (L.) Sojak, <i>Filipendula vulgaris</i> Moench, <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim., <i>Fragaria vesca</i> L., <i>Geum aleppicum</i> Jacq., <i>G. urbanum</i> L., <i>Potentilla alba</i> L., <i>P. argentea</i> L., <i>P. erecta</i> (L.) Raeusch., <i>P. recta</i> L., <i>Rubus caesius</i> L., <i>Sanguisorba officinalis</i> L.
Порядок Gentianales	
Apocynaceae	<i>Apocynum cannabinum</i> L., <i>Gomphocarpus fruticosus</i> (L.) W. T. Aiton, <i>Periploca graeca</i> L., <i>Vinca minor</i> L., <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medik.
Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn., <i>Gentiana lutea</i> L.
Rubiaceae	<i>Galium verum</i> L., <i>Rubia tinctorum</i> L.

Порядок, семейство	Виды растений
Порядок Lamiales	
Lamiaceae	<i>Ajuga reptans</i> L., <i>Glechoma hederacea</i> L., <i>Hyssopus officinalis</i> L., <i>Lagochilus inebrians</i> Bunge, <i>Lamium album</i> L., <i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib., <i>Melissa officinalis</i> L., <i>Mentha arvensis</i> L., <i>Origanum vulgare</i> L., <i>Phlomis tuberosa</i> (L.) Moench, <i>Prunella vulgaris</i> L., <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi, <i>Stachys betoniciflora</i> Rupr., <i>S. germanica</i> L., <i>S. affinis</i> Bunge, <i>Thymus pulegioides</i> L., <i>T. pulegioides</i> subsp. <i>pannonicus</i> (All.) Kerguelen, <i>T. talijevii</i> Klokov & Des.-Shost., <i>T. vulgaris</i> L., <i>Ziziphora tenuior</i> L.
Plantaginaceae	<i>Digitalis ciliata</i> Trautv., <i>D. grandiflora</i> Mill., <i>D. ferruginea</i> L., <i>D. lanata</i> Ehrh., <i>D. purpurea</i> L., <i>Gratiola officinalis</i> L., <i>Plantago squalida</i> Salisb., <i>Veronica longifolia</i> L., <i>V. officinalis</i> L.
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia nodosa</i> L., <i>Verbascum densiflorum</i> Bertol., <i>V. nigrum</i> L., <i>V. phlomisoides</i> L., <i>V. phoeniceum</i> L.
Порядок Asterales	
Asteraceae (Compositae)	<i>Achillea millefolium</i> L., <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn., <i>Arnica angustifolia</i> Vahl, <i>A. chamissonis</i> Less., <i>Artemisia absinthium</i> L., <i>Bidens tripartita</i> L., <i>Calendula arvensis</i> L., <i>Calendula officinalis</i> L., <i>Centaurea cyanus</i> L., <i>Cichorium intybus</i> L., <i>Cnicus benedictus</i> L., <i>Echinacea pallida</i> (Nutt.) Nutt., <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench, <i>Echinops sphaerocephalus</i> L., <i>Gnaphalium uliginosum</i> L., <i>Grindelia robusta</i> Nutt., <i>Helianthus tuberosus</i> L., <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench, <i>Inula helenium</i> L., <i>I. orientalis</i> Lam., <i>Leontopodium discolor</i> Beauverd, <i>Matricaria recutita</i> L., <i>Onopordum acanthium</i> L., <i>Petasites hybridus</i> (L.) Gaertn., Mey et Scherb., <i>Pyrethrum corymbosum</i> (L.) Scop., <i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Pjin, <i>Rudbeckia laciniata</i> L., <i>Serratula coronata</i> L., <i>Silybum marianum</i> L., <i>Solidago canadensis</i> L., <i>S. gigantea</i> Aiton, <i>Tanacetum coccineum</i> (Willd.) Grierson, <i>T. parthenifolium</i> (Willd.) Sch. Bip., <i>T. pseudachillea</i> C. Winkl., <i>T. vulgare</i> L., <i>Tragopogon dubius</i> Scop.
Campanulaceae	<i>Campanula rapunculoides</i> L., <i>Codonopsis clematidea</i> (Schrenk) C. B. Clarke
Порядок Apiales	
Apiaceae	<i>Ammi majus</i> L., <i>Angelica archangelica</i> L., <i>Bupleurum aureum</i> Fisch. ex Hoffm., <i>Bupleurum rotundifolium</i> L., <i>Carum carvi</i> L., <i>Conium maculatum</i> L., <i>Eryngium planum</i> L., <i>Foeniculum vulgare</i> Mill., <i>Levisticum officinale</i> W. D. J. Koch., <i>Peucedanum morisonii</i> Besser, <i>Phlojodicarpus sibiricus</i> (Fisch. ex Spreng.) K.-Pol., <i>Pimpinella saxifraga</i> L., <i>Seseli libanotis</i> (L.) W. D. J. Koch., <i>Sphallerocarpus gracilis</i> (Besser ex Trevir.) Koso-Pol.
Araliaceae	<i>Aralia elata</i> var. <i>mandshurica</i> (Rupr. & Maxim.) J. Wen, <i>Eleutherococcus senticosus</i> (Rupr. et Maxim.) Maxim.

Систематическую принадлежность видов определяли по следующим системам: 1) по системе А. Л. Тахтаджяна [15] — для семейств и порядков; 2) по The Plant List [17] и WFO: World Flora Online [19] — для семейств; по P. F. Stevens (APG IV system) [18] — для порядков. Различия между этими системами касаются понимания объема ряда семейств (Asparagaceae — Convallariaceae, Colchicaceae — Melanthiaceae — Liliaceae, Papavera-ceae — Fumariaceae, Valerianaceae — Caprifoliaceae, Аросунaceae — Asclepiadaceae, Plantaginaceae — Scrophulariaceae) и порядков (в частности, Rosales, Lamiales, Asterales), а также степени эволюционной прогрессивности ряда таксонов.

При выполнении автором предыдущих исследований [3; 4] и в данной работе применялись статистические методы. Анализ собранных материалов проводили с помощью однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа с использованием про-

граммы STATISTICA for Windows. Порядки класса Однодольные (Acorales, Asparagales, Dioscoreales, Liliales) объединили в одну группу в связи с небольшим числом изученных видов в каждом из них — от 1 до 4. В качестве факторов (независимых переменных) рассматривали систематическое положение видов (принадлежность к определенному семейству или порядку), в качестве зависимых переменных — СБИП и показатели, на основе которых он рассчитывался. Использовали также ранговый критерий Краскела — Уоллиса (позволяющий обрабатывать данные выборки малого объема, с неизвестным типом распределения). Влияние каждого фактора считалось статистически значимым, если оно подтверждалось как параметрическим, так и непараметрическим методами.

В интродукционный эксперимент привлекались виды, произрастающие в естественных условиях за пределами региона интродукции (интродуценты), и виды, распространенные в этом регионе (в том числе заносные).

Результаты исследования и обсуждение

Анализ результатов интродукционных экспериментов дает возможность решать ряд теоретических вопросов, связанных с выявлением закономерностей, определяющих успех интродукции различных видов. Эти закономерности могут определяться как внешними, так и внутренними факторами. В настоящее время в интродукции растений преобладает качественная характеристика интродукционного процесса [2]. Однако использование математических методов способствует повышению общего методического уровня исследований [2; 6]. Применение статистических методов анализа при исследовании особенностей переселения растений в новые условия среды может способствовать выявлению закономерностей процесса интродукции и оптимизации выбора новых, перспективных для интродукции объектов. Автором данной работы проводилось изучение различных факторов, которые могут быть взаимосвязаны с успешностью интродукции видов растений [3; 4]. Интерес в этом отношении представляет и исследование систематической принадлежности растений.

Проведенный статистический анализ показал, что систематическая принадлежность видов на уровне семейств не повлияла достоверно на результат их интродукции (СБИП). Однако различия в успешности интродукции оказались статистически достоверными на уровне порядков (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

Достоверность различий (уровни значимости) между крупными семействами и порядками по СБИП и составляющим его показателям (по данным дисперсионного анализа)

Показатели	Принадлежность к			
	семействам по А. Л. Тахтаджяну [15]	семействам по WFO [19]	порядкам по А. Л. Тахтаджяну [15]	порядкам по P. F. Stevens [18]
СБИП	p = 0.211	p = 0.151	p = 0.0109*	p = 0.0033
Семенное размножение	p = 0.0952	p = 0.0135	p = 0.00011	p = 0.000031
Вегетативное размножение	p = 0.0140	p = 0.0143	p = 0.044**	p = 0.126
Размеры растений	p = 0.0068	p = 0.0060	p = 0.00022	p = 0.00049
Повреждаемость вредителями и болезнями	p = 0.422	p = 0.572	p = 0.503	p = 0.423
Зимостойкость	p = 0.0181	p = 0.0108	p = 0.0108	p = 0.0028
Длительность существования в условиях интродукции	p = 0.388	p = 0.130	p = 0.123	p = 0.112

* Полу жирным шрифтом выделены уровни значимости тех факторов, влияние которых на перспективность интродукции видов оказалось статистически достоверным (p < 0.05).

** По критериям Tukey HSD test и Unequal N HSD нет достоверных различий между парами сравниваемых порядков.

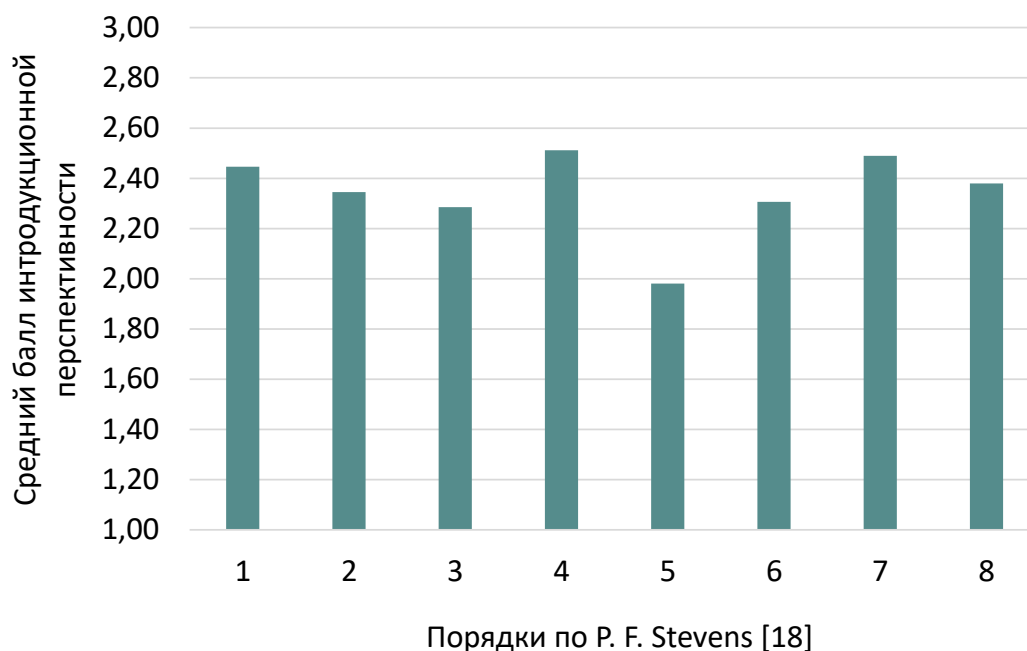


Рис. 1. Интродукционная перспективность видов различных порядков. 1 — порядки класса Monocotyledones. Порядки класса Dicotyledones: 2 — Ranunculales, 3 — Fabales, 4 — Rosales, 5 — Gentianales, 6 — Lamiales, 7 — Asterales, 8 — Apiales

Перспективность интродукции оказалась самой высокой у видов порядков Rosales (семейства Rosaceae, Cannabaceae) и Asterales (семейства Asteraceae, Campanulaceae). Средний балл их интродукционной перспективности достоверно выше ($p < 0,05$), чем у наименее перспективного порядка Gentianales (семейства Aprocynaceae, Gentianaceae, Rubiaceae) (распределение семейств по порядкам приведено по P. F. Stevens [18]). Для порядков Rosales и Asterales высокая перспективность интродукции, вероятно, связана с наиболее широким распространением входящих в них таксонов. Так, Г. Н. Андреев [1] отмечал, что в суровых природно-климатических условиях (в Субарктике) успешнее протекает интродукция семейств, широко распространенных в различных климатических зонах либо свойственных умеренной зоне и горным районам, в том числе семейств Asteraceae (Compositae), Fabaceae (Leguminosae), Rosaceae. По наблюдениям С. А. Мамаева с соавторами [9], в крупных коллекциях интродуцированных древесных растений, расположенных в Уральском регионе, также преобладали виды семейств Rosaceae и Fabaceae. Повышенное количество перспективных видов редких растений в семействе Asteraceae при интродукции в условия южной тайги Западной Сибири отмечают А. С. Прокопьев и др. [10].

Порядок Gentianales, для которого показана самая низкая перспективность интродукции, по степени эволюционной прогрессивности в целом не отличается от наиболее перспективных порядков. Скорее, низкая успешность интродукции изученных видов, входящих в него, связана с особенностями их распространения: от неморальной зоны умеренного пояса до субтропического и тропического поясов. Этот порядок включает виды почти целиком тропического семейства Aprocynaceae. Ареалы почти всех изученных видов порядка Gentianales (кроме *Galium verum* и *Vincetoxicum hirundinaria*) лежат за пределами региона интродукции.

По мнению В. Г. Собко [13], положение вида в филогенетической системе является показателем успешности его интродукции и может использоваться в качестве критерия отбора интродукционного материала. Е. А. Сидорович, Н. М. Лунина [12], анализируя

особенности интродукции травянистых многолетников в условиях Беларуси, отмечали, что очень перспективные виды наиболее многочисленны среди представителей прогрессивных семейств и у них наиболее высока интенсивность плодоношения. Однако эти авторы относили к прогрессивным семействам наряду с Asteraceae, Campanulaceae также и Crassulaceae, Saxifragaceae (которые вряд ли можно считать таковыми). Менее перспективные виды, по их данным, относились в основном к примитивным семействам (Berberidaceae, Ranunculaceae).

Похожие данные приводила Р. А. Карписонова [7] для травянистых многолетников, интродуцированных в Главном ботаническом саду (г. Москва): по ее данным, очень перспективные виды (категория 1) наиболее многочисленны в продвинутых в эволюционном отношении семействах: Asteraceae, Campanulaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Crassulaceae, Caryophyllaceae. Однако не вполне понятно, почему к эволюционно продвинутым семействам отнесены Crassulaceae, а также Rosaceae. Перспективные виды (категория 2), по данным этого автора, относятся к примитивным семействам — Ranunculaceae, Liliaceae (в широком смысле). Однако к перспективным автор относил и ряд видов эволюционно продвинутых семейств, не вошедших в группу очень перспективных. Малоперспективные виды (категория 3) отмечались в разных семействах, но преимущественно в Asparagaceae, Liliaceae (в широком смысле), Ranunculaceae, т.е. в примитивных семействах.

Таким образом, связь степени эволюционной прогрессивности семейств и успешности интродукции входящих в них видов не являлась очевидной. Наши материалы также не подтвердили такую связь: так, на рисунке 1, где порядки расположены по мере уменьшения их исторического возраста (по Р. F. Stevens [18]), не прослеживается возрастание их интродукционной перспективности с увеличением эволюционной прогрессивности. Более вероятно, что успешность интродукции семейства или порядка обусловлена особенностями распространения входящих в него видов.

Однако в ходе данного исследования установлена достоверная взаимосвязь систематической принадлежности изученных видов с рядом показателей жизнедеятельности растений в условиях интродукции, в первую очередь — с особенностями их воспроизводства.

Систематическая принадлежность видов достоверно связана с интенсивностью их семенного воспроизводства (табл. 2). Наиболее интенсивное семенное размножение характерно для видов порядка Apiales (семейства Apiaceae и Araliaceae). Следует отметить в связи с этим, что, по мнению Р. F. Stevens [18], семейство Apiaceae и порядок Apiales относятся к наиболее эволюционно продвинутым группам. Но у видов семейства Apiaceae низка способность к вегетативному размножению, она достоверно ниже, чем у видов семейства Asteraceae.

Достоверно снижено семенное размножение у видов порядка Gentianales (что обусловлено, по-видимому, особенностями географического распространения, как уже упоминалось) по сравнению с большинством семейств и порядков. Семенное размножение также достоверно снижено у видов из класса Однодольные (группа порядков Acorales, Asparagales, Dioscoreales, Liliales, по Р. F. Stevens [18]) по сравнению с видами порядка Apiales (класс Двудольные). При этом Однодольные относятся к одной из наиболее древних групп среди Покрытосеменных [18].

Для представителей местной флоры интенсивность семенного воспроизводства (рис. 2) значительно выше у видов семейства Apiaceae по сравнению с семействами Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae и соответственно у видов порядка Apiales по сравнению с порядками Fabales, Rosales и Lamiales. При этом в семействе Apiaceae у местных видов интенсивность семенного размножения выше, чем у интродуцентов.

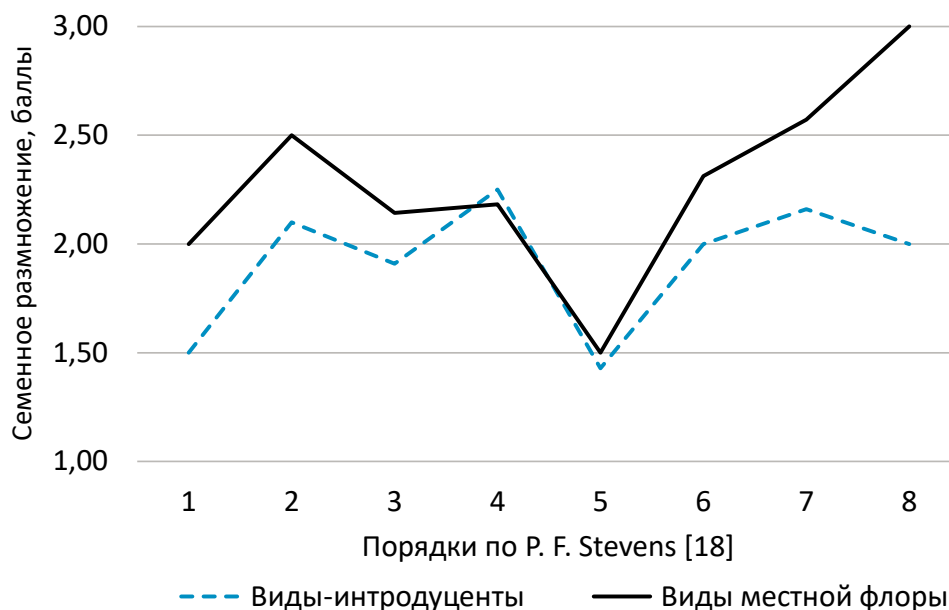


Рис. 2. Интенсивность семенного размножения видов различных порядков. 1 — порядки класса Monocotyledones. Порядки класса Dicotyledones: 2 — Ranunculales, 3 — Fabales, 4 — Rosales, 5 — Gentianales, 6 — Lamiales, 7 — Asterales, 8 — Apiales

В отношении зимостойкости растений следует отметить, что самый высокий выпад наблюдается у видов наименее перспективного для интродукции порядка Gentianales, а также у видов порядка Fabales. Наиболее низкий выпад и соответственно повышенная зимостойкость характерны для видов порядка Rosales (рис. 3).

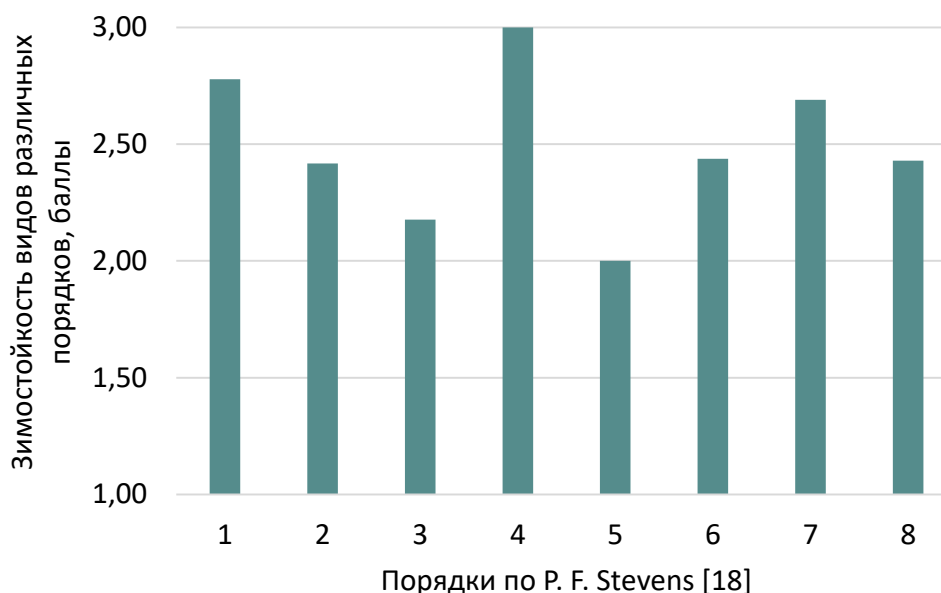


Рис. 3. Взаимосвязь систематической принадлежности и зимостойкости видов крупных порядков. 1 — порядки класса Monocotyledones. Порядки класса Dicotyledones: 2 — Ranunculales, 3 — Fabales, 4 — Rosales, 5 — Gentianales, 6 — Lamiales, 7 — Asterales, 8 — Apiales

Степень развития растений (т.е. их размеры в условиях интродукции по сравнению с присущими виду в естественном ареале) снижена у видов порядка Gentianales; балльная оценка этого показателя составляет для порядка Gentianales 1,67, тогда как у других

порядков она лежит в пределах 2,11—2,61. Это, вероятно, также связано с особенностями географического распространения видов данного порядка. Как отмечалось выше, эти виды распространены от неморальной зоны умеренного пояса до субтропического и тропического поясов, т.е. климатические условия региона интродукции (подзона южной тайги) являются для них наиболее неблагоприятными.

Кроме того, у видов семейства *Lamiaceae* степень развития растений в условиях культуры (по сравнению с природными условиями) достоверно ниже, чем у видов семейств *Fabaceae* и *Asteraceae*. На уровне порядков достоверные различия обнаруживаются между *Lamiales* и *Fabales*. Эти закономерности характерны для интродуцентов и для массива видов в целом. У видов местной флоры различия оказались недостоверными.

Влияние систематической принадлежности на поражаемость вредителями и болезнями достоверно только для видов-интродуцентов. Виды порядка *Fabales* поражаются достоверно сильнее, а виды порядков *Lamiales*, *Asterales* и *Ranunculales* повреждаются в наименьшей степени (рис. 4).

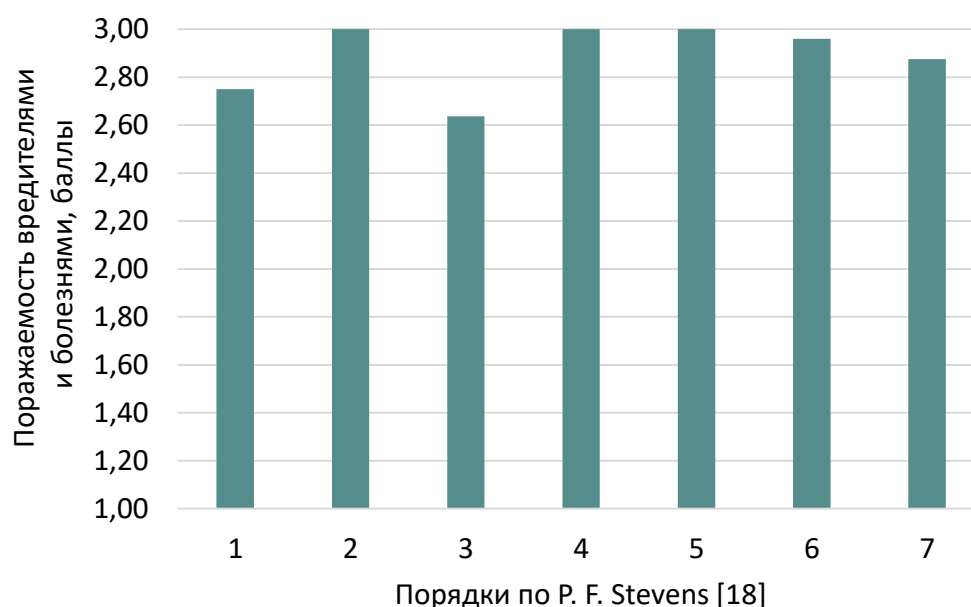


Рис. 4. Взаимосвязь систематической принадлежности с поражаемостью вредителями и болезнями видов-интродуцентов. 1 — порядки класса *Monocotyledones*. Порядки класса *Dicotyledones*: 2 — *Ranunculales*, 3 — *Fabales*, 4 — *Rosales*, 5 — *Lamiales*, 6 — *Asterales*, 7 — *Apiales*

Между длительностью существования видов в коллекции и их систематической принадлежностью достоверная взаимосвязь не обнаружена.

Следует отметить, что результаты данного исследования можно рассматривать как предварительные, так как они получены на ограниченном материале. Необходима дальнейшая проверка взаимосвязи систематической принадлежности растений и успешности их интродукции с использованием более обширной базы данных.

Заключение

Выявлена взаимосвязь систематической принадлежности видов травянистых растений с перспективностью их интродукции и особенностями жизнедеятельности в условиях подзоны южной тайги Среднего Урала. Проведенный статистический анализ показал, что систематическая принадлежность видов на уровне семейств не повлияла достоверно на итоговый результат их интродукции (СБИП). Однако различия в успешности интродукции оказались статистически достоверными на уровне порядков. Наиболее перспек-

тивными для интродукции по комплексу шести показателей оказались виды порядков Rosales и Asterales, что может быть связано с наиболее широким географическим распространением входящих в них видов. Изученные виды этих порядков характеризовались повышенными размерами растений по сравнению с природными условиями. У видов порядка Rosales, кроме того, наиболее низок выпад, т.е. повышена зимостойкость растений. Размеры растений в культуре заметно увеличивались также у видов порядка Fabales; но у них наблюдался повышенный выпад в условиях интродукции. Наиболее интенсивное семенное размножение свойственно, помимо Rosales и Asterales, видам порядка Apiales (который в системе APG IV относится к наиболее эволюционно продвинутым группам), а также порядка Ranunculales.

Самая низкая интродукционная перспективность в условиях Среднего Урала характерна для видов порядка Gentianales, что, вероятно, связано с особенностями их географического распространения (от неморальной зоны умеренного пояса до субтропического и тропического поясов). У этих видов достоверно снижены интенсивность семенного размножения, зимостойкость, размеры растений (по сравнению с размерами растений в природном ареале). Интенсивность семенного размножения низка также у видов класса Однодольные, которые относят к одной из наиболее древних групп Покрытосеменных.

Сведения о поддержке исследования. Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада Уральского отделения РАН по теме «Теоретические и методологические аспекты изучения и оценки адаптации интродуцированных растений природной и культурной флоры» № АААА-А17-117072810010-4.

Список использованной литературы

1. Андреев Г. Н. Интродукция травянистых растений в Субарктику. Л. : Наука, 1975. 167 с.
2. Булах П. Е. Теория и методы прогнозирования в интродукции растений. Киев : Наукова думка, 2010. 110 с.
3. Васфилова Е. С. Взаимосвязь жизненных форм растений с результатами их интродукции в новые условия среды // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 94—104.
4. Васфилова Е. С. Влияние особенностей географического распространения видов травянистых растений на перспективность их интродукции // Растительный мир Азиатской России. 2019. № 1 (33). С. 91—100. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2019-1(91-100).
5. Головкин Б. Н. Переселение травянистых многолетников на Полярный Север. Эколого-морфологический анализ. Л. : Наука, 1973. 268 с.
6. Зайцев Г. Н. Оптимум и норма в интродукции растений. М. : Наука, 1983. 270 с.
7. Карпионова Р. А. Травянистые растения широколиственных лесов СССР: Эколого-флористическая и интродукционная характеристика. М. : Наука, 1985. 206 с.
8. Карпун Ю. Н. Основы интродукции растений // Hortus botanicus. 2004. № 2. С. 17—32.
9. Мамаев С. А., Луганский Н. А., Петухова И. П. Основные итоги интродукции древесных растений на Урале // Труды Института экологии растений и животных УФАН. 1967. Т. 54. С. 37—43.
10. Прокопьев А. С., Чернова О. Д., Беляева Т. Н., Катаева Т. Н. Редкие растения Сибири в культуре: видовое разнообразие, интродукционная оценка // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, № 4. С. 291—313. DOI: 10.31857/S003399462004007X.
11. Семенова Г. П. Интродукция редких и исчезающих растений Сибири. Новосибирск : Наука, 2001. 142 с.
12. Сидорович Е. А., Лунина Н. М. Интродукция травянистых многолетников в Беларуси. Минск : Наука і тэхніка, 1992. 136 с.
13. Собко В. Г. Охрана редких видов растений флоры Украины. Систематический аспект // Интродукция и акклиматизация растений. 1993. Т. 17. С. 12—16.
14. Соболевская К. А. Исчезающие растения Сибири в интродукции. Новосибирск : Наука, 1984. 222 с.
15. Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. Л. : Наука, 1987. 439 с.

16. Юдина П. К., Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Аненхонов О. А., Иванова Л. А. Влияние систематического положения на уровне семейства на функциональные черты листьев степных растений // Сибирский экологический журнал. 2020. № 5. С. 647—661. DOI: 10.15372/SEJ20200508.
17. The Plant List. Version 1.1. 2013. URL: <http://www.theplantlist.org> (accessed: 14.11.2021).
18. Stevens P. F. Angiosperm Phylogeny Website. Version 14. 2017. URL: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (accessed: 14.11.2021).
19. WFO: World Flora Online. 2021. URL: <http://www.worldfloraonline.org/search> (accessed: 15.11.2021).
20. Yang Y., Wang H., Harrison S. P., Prentice I. C., Wright I. J., Peng C., Lin G. Quantifying leaf-trait covariation and its controls across climates and biomes // *New Phytologist*. 2019. Vol. 221. P. 155—168. DOI: 10.1111/nph.15422.

Поступила в редакцию 15.12.2021

Васфилова Евгения Самуиловна, кандидат биологических наук, доцент
Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук
Российская Федерация, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а
E-mail: euvas@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5892-2292

UDC 582.5+58.056

E. S. Vasfilova

Relationship between the results of the introduction of herbaceous plant species and their systematic affiliation

The prospects for the introduction of 155 species of herbaceous plants into the subzone of the southern taiga were studied in connection with the peculiarities of their taxonomy. Statistical analysis methods were used. The most promising in terms of a set of six indicators were the species of the orders Rosales and Asterales, which may be due to the widest geographical distribution of their species. The studied species of these orders were also characterized by increased plant sizes under introduced conditions in comparison with natural conditions. In species of the order Rosales, in addition, the loss is the lowest (the winter hardiness of plants is increased). Under the conditions of introduction, the size of plants also increased significantly in species of the order Fabales, but they showed a reduced winter hardiness. The most intensive seed reproduction, besides Rosales and Asterales, was characteristic of the species of the order Apiales (which is classified as an evolutionarily advanced group) as well as the order Ranunculales. Reduced introduction prospects are typical for species of the order Gentianales, which is probably due to the peculiarities of their areas. The intensity of seed reproduction is the lowest in species of this order, as well as in species of the Monocotyledonous class, which belongs to one of the most ancient groups among Angiosperms.

Key words: prospects of introduction, introduction of plants, systematic affiliation of plants.

Vasfilova Evgeniya Samuilovna, Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor
Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden
Russian Federation, 620144, Yekaterinburg, ul. 8 Marta, 202a
E-mail: euvas@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5892-2292

References

1. Andreev G. N. *Introduktsiya travyanistykh rastenii v Subarktiku* [Introduction of herbaceous plants to the Subarctic]. Leningrad, Nauka Publ., 1975. 167 p. (In Russian)
2. Bulakh P. E. *Teoriya i metody prognozirovaniya v introduktsii rastenii* [Theory and methods of forecasting in the introduction of plants]. Kiev, Naukova dumka Publ., 2010. 110 p. (In Russian)
3. Vasfilova E. S. *Vzaimosvyaz' zhiznennykh form rastenii s rezul'tatami ikh introduktsii v novye usloviya sredy* [Interrelation of life forms of plants with the results of their introduction to new environmental conditions].

Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya — Proceedings of Voronezh State University. Ser. Chemistry. Biology. Pharmacy, 2018, no. 2, pp. 94—104. (In Russian)

4. Vasfilova E. S. Vliyanie osobennostei geograficheskogo rasprostraneniya vidov travyanistykh rastenii na perspektivnost' ikh introduksii [The influence of the geographical distribution of herbaceous plants species on the perspectivity of their introduction]. *Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii*, 2019, no. 1 (33), pp. 91—100. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2019-1(91-100) (In Russian)

5. Golovkin B. N. *Pereselenie travyanistykh mnogoletnikov na Polyarnyi Sever. Ekologo-morfologicheskii analiz* [Migration of herbaceous perennials to the Polar North. Ecological and morphological analysis]. Leningrad, Nauka Publ., 1973. 268 p. (In Russian)

6. Zaitsev G. N. *Optimum i norma v introduksii rastenii* [Optimum and norm in plant introduction]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 270 p. (In Russian)

7. Karpisonova R. A. *Travyanistye rasteniya shirokolistvennykh lesov SSSR: Ekologo-floristicheskaya i introduktsionnaya kharakteristika* [Herbaceous plants of broad-leaved forests of the USSR: Ecological-floristic and introduction characteristics]. Moscow, Nauka Publ., 1985. 206 p. (In Russian)

8. Karpun Yu. N. *Osnovy introduksii rastenii* [Main problems of plants introduction]. *Hortus botanicus*, 2004, no. 2, pp. 17—32. (In Russian)

9. Mamaev S. A., Luganskii N. A., Petukhova I. P. *Osnovnye itogi introduksii drevesnykh rastenii na Urale* [The main results of the introduction of woody plants in the Urals]. *Trudy Instituta ekologii rastenii i zivotnykh UFAN*, 1967, vol. 54, pp. 37—43. (In Russian)

10. Prokop'ev A. S., Chernova O. D., Belyaeva T. N., Kataeva T. N. *Redkie rasteniya Sibiri v kul'ture: vidovoe raznoobrazie, introduktsionnaya otsenka* [Rare Siberian plants in cultivation: species diversity, cultivation assessment]. *Rastitelnye Resursy*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 29—313. DOI: 10.31857/S003399462004007X. (In Russian)

11. Semenova G. P. *Introduktsiya redkikh i ischezayushchikh rastenii Sibiri* [Introduction of rare and endangered plants of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2001. 142 p. (In Russian)

12. Sidorovich E. A., Lunina N. M. *Introduktsiya travyanistykh mnogoletnikov v Belarusi* [Introduction of herbaceous perennials in Belarus]. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1992. 136 p. (In Russian)

13. Sobko V. G. *Okhrana redkikh vidov rastenii flory Ukrainy. Sistemacheskii aspekt* [Protection of rare species of Ukraine flora. Systematic aspect]. *Introduktsiya i akklimatizatsiya rastenii*, 1993, vol. 17, pp. 12—16. (In Russian)

14. Sobolevskaya K. A. *Ischezayushchie rasteniya Sibiri v introduksii* [Disappearing plants of Siberia in introduction]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984. 222 p. (In Russian)

15. Takhtadzhyan A. L. *Sistema magnoliofitov* [Magnoliophyte system]. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 439 p. (In Russian)

16. Yudina P. K., Ivanov L. A., Ronzhina D. A., Anenkhonov O. A., Ivanova L. A. *Vliyanie sistemacheskogo polozheniya na urovne semeistva na funktsional'nye cherty list'ev stepnykh rastenii* [Influence of the systematic position at the family level on steppe plant leaf traits]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal — Contemporary Problems of Ecology*, 2020, no. 5, pp. 647—661. DOI: 10.15372/SEJ20200508. (In Russian)

17. *The Plant List. Version 1.1*. 2013. Available at: <http://www.theplantlist.org>. Accessed: 14.11.2021.

18. Stevens P. F. *Angiosperm Phylogeny Website. Version 14*. 2017. Available at: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Accessed: 14.11.2021.

19. *WFO: World Flora Online*. 2021. Available at: <http://www.worldfloraonline.org/search>. Accessed: 15.11.2021.

20. Yang Y., Wang H., Harrison S. P., Prentice I. C., Wright I. J., Peng C., Lin G. *Quantifying leaf-trait covariation and its controls across climates and biomes*. *New Phytologist*, 2019, vol. 221, pp. 155—168. DOI: 10.1111/nph.15422.