

А.С. Третьякова¹, В.Н. Якимов², О.Г. Баранова³,
С.А. Сенатор⁴, Я.М. Голованов⁵, Е.Н. Бралгина⁶

РОЛЬ ЧУЖЕРОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ГОМОГЕНИЗАЦИИ УРБАНОФЛОР УРАЛА И ПОВОЛЖЬЯ

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад
Уральского отделения Российской академии наук

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический
институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук

⁴Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук

⁵Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

⁶Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Удмуртский государственный университет» в городе Воткинске

Одной из характерных особенностей городских флор является их гомогенизация – утрата региональных уникальных видов и сокращение функционального разнообразия. В настоящей работе рассмотрен видовой состав чужеродных видов флоры ряда городов России с целью выявления вклада этой фракции в гомогенизацию и дифференциацию урбанофлор. Чужеродные виды были разделены на археофиты и неофиты в зависимости от того, когда они были завезены (до или после 1800 г.). Дифференциацию флор оценивали количественно с помощью индекса несходства Симпсона. Показано, что археофиты снижают бета-разнообразие городской флоры изучаемого региона. Неофиты, наоборот, способствуют дифференциации видовой состава рассмотренных городских флор. Видовое сходство городской флоры зависит от расстояния между городами – чем дальше расположены города, тем ниже сходство видовой состава.

Ключевые слова: чужеродные растения, археофиты, β-разнообразие, неофиты, таксономическое богатство растений, Российская Федерация

Цитирование: Третьякова А.С., Якимов В.Н., Баранова О.Г., Сенатор С.А., Голованов Я.М., Бралгина Е.Н. Роль чужеродных растений в гомогенизации урбанофлор Урала и Поволжья // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 2. С. 184–189. DOI: 10.5281/zenodo.13324001

Введение

Специалистами широко обсуждается проблема гомогенизации видовой состава урбанофлор. Первоначально предполагалось, что в результате активизации глобальной торговли видовой состав региональных биот со временем станет более однородным за счет интродукции

и натурализации чужеродных видов [3, 8, 9]. Однако позднее исследователи пришли к выводу, что биотическая гомогенизация не является неизбежным сопутствующим фактом при биологических инвазиях [4–6, 13].

Цель и задачи исследований

Цель настоящего исследования – сравнение видового состава чужеродной фракции флор ряда российских городов, оценить уровень гомогенизации и дифференциации их видового состава, определить роль чужеродных видов в этих процессах.

Объекты и методики исследований

Для целей настоящего исследования был проанализирован видовой состав 19 городских флор, расположенных в Урало-Поволжском регионе Российской Федерации (Свердловская, Самарская и Ульяновская области, Республика Башкортостан, Удмуртская Республика). По общепринятой для России классификации города различаются по численности населения: малые, с численностью населения менее 50 тыс. человек (Камбарка, Красноуфимск, Можга, Новоульяновск, Сенгилей, Туринск), средние, с численностью населения 50–100 тыс. человек (Воткинск, Жигулевск, Ишимбай, Кумертау, Мелеуз), большие, с численностью населения 100–250 тыс. человек (Димитровград, Каменск-Уральский, Салават, Стерлитамак), крупные, с численностью населения 250 тыс. – 1 млн. человек (Ижевск, Тольятти, Ульяновск) и города с численностью населения свыше 1 млн. человек – Екатеринбург.

В регионе четко прослеживается долготный (меридиональный) градиент условий: в восточном направлении от Восточно-Европейской равнины к горной части Урала идет поднятие местности над уровнем моря (от 70 м н.у.м. к 270–310 м н.у.м.), затем вновь снижение к Западно-Сибирской равнине (до 97 м н.у.м.). Города расположены на биогеографическом градиенте, составляющем около 5 градусов по широте (от подзоны южнотаежных лесов до зоны степей) и 15 градусов по долготе (от юго-восточных районов Восточно-Европейской равнины до Западно-Сибирской равнины).

Общий список сосудистых растений анализируемых городских флор составлен на основе собственных полевых исследований авторов. Обследованы все типы местообитаний (природные, полуестественные и антропогенные).

Материалы собственных исследований дополнены информацией из гербарных коллекций и опубликованных литературных источников. Из общего списка урбанофлор были выделены чужеродные виды, которые, в зависимости от времени их появления во флорах, разделены на 2 группы: археофиты и неофиты. Временная граница, разделяющая виды на эти группы, определена 1800 г. – по времени появления достоверных знаний о региональных флорах.

Разделение видов растений в исследованных урбанофлорах на археофиты и неофиты не является одинаковой на всем градиенте условий, что связано с различиями в географическом положении и времени интродукции. Например, неморальные европейские виды *Convallaria majalis* L., *Centaurea jacea* L. являются аборигенными в городах Самарской, Ульяновской областей, Удмуртской Республики и Республики Башкортостан и неофитами в Свердловской области. *Lemna gibba* L. европейский вид преимущественно южного распространения аборигенный в Самарской области и неофит в Свердловской области. Некоторые степные виды классифицированы как аборигенные в Самарской области и археофиты (*Atriplex patula* L., *Chenopodium rubrum* L., *Echium vulgare* L., *Carduus acanthoides* L. и др.), или неофиты (*Corispermum marschallii* Steven, *Falcaria vulgaris* Bernh.) в городах таежной зоны. Таким образом, чтобы обеспечить единую схему классификации, в которой каждый вид идентифицируется только по одной категории, мы использовали подход, описанный La Sorte с соавторами [7]. Виды, которые не были определены исключительно как аборигены, были классифицированы как археофиты, если они были идентифицированы как археофиты хотя бы в одной урбанофлоре. Точно так же виды были классифицированы как неофиты, если они не были идентифицированы как археофиты в какой-либо урбанофлоре и были определены как неофиты по крайней мере в одной урбанофлоре. При этом отдается предпочтение присвоению именно чужеродного статуса виду, потому что они проявляют способность расселяться во вторичном ареале. Среди чужеродных растений предпочтение имеет статус

археофитов, из-за их более раннего появления в новых регионах за пределами первичного ареала. Соответственно эти виды были повсеместно определены как археофиты, если они классифицированы как археофиты хотя бы в одной урбанофлоре [7].

Дифференциацию между флорами количественно оценивали с помощью индекса несходства Симпсона. Выбор индекса Симпсона определяется его низкой чувствительностью к разнице в богатстве флор. Индекс Симпсона рассчитывали отдельно для 2 групп видов и для полных флор. Для визуализации структурной дифференциации городской флоры использован иерархический кластерный анализ. Дендрограммы строили методом среднего расстояния, поскольку в этом случае иерархическая классификация дает наименьшее искажение начальных расстояний между объектами [2].

Нами рассмотрена зависимость индекса Симпсона от расстояния между городами. Географические расстояния рассчитывались как расстояния по большому кругу (т.е. расстояния с учетом кривизны поверхности Земли) между центрами городов. Все расчеты проводили в вычислительной среде R версии 4.1.0 [12].

Результаты исследований и их обсуждение

Всего в 19 городах зарегистрировано 2050 видов растений, из которых 1016 видов были отнесены к аборигенным растениям, 914 – к неофитам и 120 – к археофитам. Самое высокое видовое разнообразие чужеродных видов зарегистрировано во флорах городов Удмуртской Республики – Ижевске, Воткинске и Можге. Для них характерна и высокая доля чужеродных видов – 50,5–59,1 %. Наименьшее видовое разнообразие чужеродных видов обнаружено в урбанофлоре Туринска. В среднем изученные урбанофлоры содержат 45 % чужеродных видов.

Результаты кластеризации, основанные на индексе Симпсона, рассчитанного для оценки сходства полного видового состава урбанофлор, показали, что урбанофлоры группируются в соответствии с географическим положением городов (рис. А). В единые кластеры объединились флоры среднеуральских, предуральских и

поволжских городов. Также выделился кластер флор пяти южноуральских городов. Все исследованные флоры очень близко сгруппировались при сравнении видового сходства археофитов (рис. Б). При оценке видового сходства неофитов флоры объединились в две группы (рис. В). Первая группа включает флоры среднеуральских и предуральских городов, расположенных севернее остальных в таежной зоне. Вторая группа включает флоры южных городов, расположенных в лесостепной и степной зоне Урала и Поволжья. Такую структуру кластеризации можно объяснить как климатическими факторами, так и особенностями хозяйственной деятельности человека (торгово-экономические связи между городами, особенности развития промышленности и т.п.).

Самый высокий уровень сходства видового состава обнаружен во фракции археофитов. При этом среди археофитов отмечена наибольшая доля географически повсеместных растений – 34 вида (33 %) встречаются в составе всех исследованных урбанофлор. Только два вида являются специфичными и отмечены в составе одной урбанофлоры. Таким образом, именно археофиты снижают β -разнообразие в урбанофлорах, как отмечалось ранее [7].

Группа археофитов в исследованных урбанофлорах немногочисленна и насчитывает лишь 120 видов. Одной из причин бедности видового состава археофитов в Предуралье и на Урале могло быть отсутствие подходящих местообитаний, где они могли бы закрепиться. До 1800 г. территории, на которых располагаются исследуемые города, были малозаселенными, пахотные земли занимали небольшие площади, в северной части более 80–85 % территории занимали леса.

Видовой состав археофитов во флорах российских городов схож с таковым в западноевропейских городах [10, 11, 13] и включает сегетальные виды преимущественно южно-европейского происхождения (91 %). Преобладание европейских археофитов можно объяснить тем, что до начала XIX в. основным источником заноса было сельское хозяйство, в первую очередь земледелие. Земледелие было привнесено

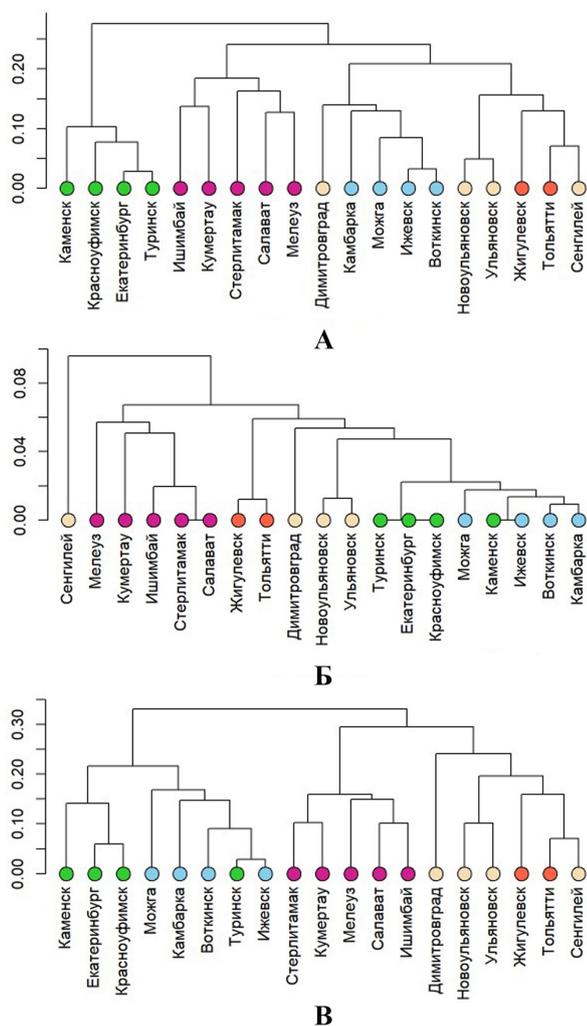


Рисунок. Сходство видового состава изученных урбанофлор (индекс Симпсона): А – общее сходство видового состава; Б – сходство видового состава археофитов; В – сходство видового состава неофитов
Figure. Similarity of species composition of the studied urban floras (The Simpson Index): А – general similarity of species composition; Б – similarity of archaeophyte species composition; В – similarity of neophyte species composition

русским населением, в направлении с запада (из европейской части России) на восток – Предуралье, Урал и далее в Сибирь. На начальных этапах русские переселенцы использовали привозной посевной материал, что способствовало расселению вместе с культурными растениями археофитов [1].

Занос азиатских видов мог быть связан с массовым движением на запад по территории

Южного Урала, Предуралья и Поволжья кочевых скотоводческих племен, основное ядро которых составляли выходцы из степей Центральной Азии. Кроме того, эти территории в течение XIII–XIV вв. находились под влиянием монгольского нашествия. Это объясняет присутствие азиатских видов во фракции археофитов, хотя их вклад крайне ограничен – 9 видов или 8 %. Еще одним вектором заноса могли быть торговые пути из Западной Европы и Юго-Восточной Азии. Торговыми путями являлись крупные реки: Тура на Урале, Уфа, Кама и Белая в Предуралье, Волга в Поволжье.

Группа неофитов отличается высоким видовым богатством, лишь немного уступающим видовому богатству аборигенных флор и существенно превосходящим видовое богатство археофитов. При этом во фракции неофитов обнаружен самый низкий уровень видового сходства. Около трети видового состава неофитов (308 видов, 34 %) входят в состав группы географически специфичных видов растений.

Формирование видового разнообразия неофитов продолжается на протяжении последних двух-трех столетий и связано с ростом мировой торговли, туризма и многообразием механизмов переноса организмов за пределы их естественных ареалов. Пути, способствующими внедрению чужеродных видов в города, являются транспортные магистрали, преднамеренная интродукция, комплекс социально-экономических факторов. В то же время успешность интродукции неофитов определяется географическим положением города и связанными с этим климатическими особенностями. Вероятно, вся совокупность этих факторов и определяет высокую изменчивость видового состава неофитов. Во флорах городов Урала и Поволжья неофиты являются группой видов, повышающих уровень β -разнообразия между урбанофлорами.

Выводы

При рассмотрении зависимости сходства видового состава от расстояния между городами обнаружены общие закономерности для трех видовых фракций: наибольшее сходство имеют флоры географически близких городов, а с уве-

личением расстояния между городами уровень видового сходства снижается. При этом зависимость видового сходства от расстояния между городами различается для рассматриваемых видовых фракций. Неофиты обнаруживают самую быструю скорость убывания видового сходства при увеличении расстояния между городами, а археофиты – самую слабую.

Работа выполнена частично в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН 1022040100468-6-1.6.11; 1.6.20, Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН № 122011900031-0 и Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН № 122042600141-3.

1. Туганаев В.В., Туганаев А.В. Агроекосистемы Предуралья и Среднего Поволжья: от начала земледелия до современности // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2009. N 8. С. 25–46.
2. Якимов В.Н., Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Кудрин И.А., Ильин М.Ю. Методы сравнительной оценки результатов кластерного анализа структуры гидробиоценозов (на примере зоопланктона реки Линда Нижегородской области) // Биология внутренних вод. 2016. N 2. С. 94–103.
3. Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. Springer New York, 1958. 181 p.
4. La Sorte F.A., Aronson M.F. J., Williams N.S.G., Celesti-Gradow L., Cilliers S., Clarkson B.D., Hipp A., Klotz S., Kühn I., Pyšek P., Siebert S., Winter M. Beta diversity of urban floras among European and non-European cities // Global Ecology and Biogeography. 2014. Vol. 23, Iss. 7. P. 769–779.
5. La Sorte F.A., McKinney M.L. Compositional similarity and the distribution of geographical range size for assemblages of native and non-native species in urban floras // Diversity and Distributions. 2006. Vol. 12, Iss. 6. P. 679–686.
6. La Sorte F.A., McKinney M.L., Pyšek P. Compositional similarity among urban floras within and across continents: biogeographical consequences of human-mediated biotic interchange // Global Change Biology. 2007. Vol. 13, Iss. 4. P. 913–921.
7. La Sorte F.A., McKinney M.L., Pyšek P., Klotz S., Rapson G.L., Celesti-Gradow L., Thompson K. Distance decay of similarity among European urban floras: the impact of anthropogenic activities on β diversity // Global Ecology and Biogeography. 2008. Vol. 17, Iss. 3. P. 363–37.
8. McKinney M.L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization // Biological Conservation. 2006. Vol. 127, Iss. 3. P. 247–260.
9. McKinney M.L., Lockwood J.L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction // Trends in Ecology and Evolution. 1999. Vol. 14, Iss. 11. P. 450–453.
10. Preston C.D., Pearman D.A., Hall A.R. Archaeophytes in Britain // The Linnean Society of London, Botanical Journal of the Linnean Society. 2004. Vol. 145, Iss. 3. P. 257–294.
11. Pyšek P., Sádlo J. & Mandák B. Catalogue of alien plants of the Czech Republic // Preslia. 2002. Vol. 74, Iss. 2. P. 97–186.
12. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
13. Ricotta C., La Sorte F.A., Pyšek P., Rapson G.L., Celesti-Gradow L., Thompson K. Phylogenetic beta diversity of native and alien species in European urban floras // Global Ecology and Biogeography. 2012. Vol. 21, Iss. 7. P. 751–759.

Поступила в редакцию: 26.02.2024

UDC 581.527.7(470.51/.54+470.40/.43)

**THE ROLE OF ALIEN PLANTS IN THE HOMOGENIZATION
OF URBAN FLORAS OF THE URALS AND VOLGA REGION**

**A.S. Tretyakova¹, B.N. Yakimov², O.G. Baranova³,
S.A. Senator⁴, Ya.M. Golovanov⁵, E.N. Bralgina⁶**

¹*Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden*

²*National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod*

³*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences*

⁴*Federal State Budgetary Institution for Sciences Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of
Russian Academy of Sciences*

⁵*South Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian
Academy of Sciences*

⁶*Votkinsk Branch of Udmurt State University*

One of the characteristic features of urban floras is their homogenization, synonymous with the loss of regionally unique species and reduction in functional diversity. In our work we examined the species composition of alien species in the flora of Russian cities to identify the contribution of this fraction to the homogenization and differentiation of urban floras. Alien species were classified into archaeophytes and neophytes according to the time of introduction (i.e., before or after 1800). The differentiation between the floras was quantified using the Simpson dissimilarity index. Archaeophytes reduce the beta-diversity of urban flora in the investigated region. Neophytes on the contrary contribute to the differentiation of the species composition of the studied urban floras. Species similarity of urban flora depends on the distance between cities – the more is the distance between cities, the lower is their species similarity.

Key words: alien plants, archaeophytes, β -diversity, neophyte, plant taxonomic richness, Russian Federation

Citation: Tretyakova A.S., Yakimov B.N., Baranova O.G., Senator S.A., Golovanov Ya.M., Bralgina E.N. The role of alien plants in the homogenization of urban floras of the Urals and Volga region // *Industrial botany*. 2024. Vol. 24, N 2. P. 184–189. DOI: 10.5281/zenodo.13324001
