

Ю.А. Штирц

ОБЪЕМЫ ВЫБОРОК, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ИНФОРМАТИВНОГО СРАВНЕНИЯ ДЕСКРИПТОРОВ ФОРМЫ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POLYGONUM MONSPELIENSE* THIÉBAUT EX PERS.

Государственное бюджетное учреждение «Донецкий ботанический сад»

Проведено определение минимальных объемов выборок, необходимых для информативного сравнения дескрипторов формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. Из числа анализируемых показателей наибольшей вариабельностью характеризуется показатель удлиненности, наименьшей – показатель отношения ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине. Минимальные рекомендуемые объемы выборок, необходимые для сравнения анализируемых дескрипторов формы листовой пластинки *P. monspeliense*, возрастают в ряду: отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине – числовой индекс формы верхушки – числовой индекс формы основания – показатель относительного расположения самой широкой части – показатель удлиненности.

Ключевые слова: *Polygonum monspeliense*, листовая пластинка, дескриптор формы, выборка, статистическая мощность

Цитирование: Штирц Ю.А. Объемы выборок, необходимые для информативного сравнения дескрипторов формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. // Промышленная ботаника. 2023. Вып. 23, № 1. С. 54–58. DOI: 10.5281/zenodo.7992486

Введение

Растения в результате стрессового воздействия неблагоприятных факторов изменяют свою жизнедеятельность и, как итог, морфологию наиболее динамичных структур [7].

В настоящее время не вызывает сомнения возможность использования морфологической изменчивости листовой пластинки растений с целью индикации состояния окружающей среды [1, 3–5, 8, 11, 12, 15 и др.]. Однако для получения объективной информации при сравнении морфологических показателей листовых пластинок из различных мест произрастания необходимо учитывать минимальные требуемые размеры выборок для каждого отдельно взятого параметра.

Цель и задачи исследований

Целью исследований являлось определение минимальных размеров выборок, необходимых

для информативного сравнения дескрипторов формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. с использованием t-критерия Стьюдента с учетом статистической мощности.

В задачи исследований входило установление средних значений дескрипторов формы листовой пластинки, оценка степени их вариабельности, сопоставление минимальных объемов выборок, необходимых для сравнения анализируемых показателей.

Объекты и методики исследований

Polygonum monspeliense (спорыш монпельский) встречается в самых разнообразных биотопах, что дает возможность использовать его в качестве биоиндикатора состояния почв и экосистем в целом.

Сбор листовых пластинок проводили в период 2019–2020 гг. с растений, произрастающих на территории ГБУ «Донецкий ботанический сад» и полученных в условиях лабораторного выращивания на почвах, отобранных на территориях с различной степенью антропогенного пресса в пределах Донецко-Макеевской городской агломерации. Методика лабораторного выращивания детально описана в ранее опубликованной работе [13]. Учитывая, что видовой особенностью *P. monspeliense* является значительное отличие листьев, сформировавшихся на побегах первого и второго порядков [10], анализировали листовые пластинки, собранные с побегов первого порядка. Листовые пластинки были отсканированы.

Аналізу подвергали следующие дескрипторы формы листовой пластинки: показатель удлиненности, показатель относительного расположения самой широкой части, отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине, числовой индекс формы верхушки, числовой индекс формы основания.

Для количественной оценки формы верхушки и основания листовой пластинки использовали коэффициенты, рассчитанные согласно методике Т.Н. Гендельс, Л.Ю. Буданцева [2]. Вычисление значений коэффициентов основано на рассмотрении листовой пластинки в виде плоскостной замкнутой фигуры, наложенной на сетку полярных координат с центром в точке, делящей пополам срединную жилку листа. Радиус-векторы проводили под определенным постоянным углом (выбранная нами угловая мера составила 20°) до пересечения с линией абриса фигуры. Коэффициент формы верхушки представляет собой соотношение длин нулевого и последующего за ним первого радиус-векторов, коэффициент формы основания – соответственно восьмого и девятого [2]. В данной работе применяли указанную методику с незначительными изменениями. Ввиду того, что в ряде случаев срединная жилка листовой пластинки искривлена, по причине чего проведение всех радиус-векторов под углом фиксированной величины не представляется возможным, обязательным условием было проведение нулевого радиус-вектора от центра к верхушке, девятого – от центра к месту прикрепления черешка, первого – под углом 20° к нулевому, восьмого – под углом 20° к девятому. Остальные радиус-векторы не проводили. При-

нимая во внимание присутствие асимметрии, расчет коэффициентов проведен с левой и правой сторон листовой пластинки, затем проведено вычисление среднего арифметического. Вычисление показателя относительного расположения самой широкой части и показателя удлиненности листовой пластинки проведены по формулам, приведенным в работе В.Н. Исакова с соавторами [6]. Измерения линейных и угловых параметров листовой пластинки проводили в программе TPSDig Version 2.10.

Вычисление доверительных интервалов, коэффициентов вариации проводили по формулам, приведенным в работе Г.Ф. Лакина [9]. Расчет минимальных объемов выборок с целью проведения информативного сравнения с использованием t-критерия Стьюдента осуществлен по формулам, приведенным в работе М. Bland [14]: вычисления выполнены для различий между значениями показателей, составляющих 5 % от средних.

Результаты исследований и их обсуждение

Доверительные интервалы и коэффициенты вариации дескрипторов формы листовой пластинки *P. monspeliense* приведены в таблице 1.

Исходя из значений коэффициентов вариации (табл. 1), следует отметить, что из анализируемых дескрипторов формы отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине имеет наименьшую вариабельность (коэффициент вариации составляет менее 10 %) и, согласно градации, приведенной в работе Г.Ф. Лакина [9], характеризуется слабым варьированием. Остальным четырем анализируемым дескрипторам свойственно среднее варьирование (коэффициент вариации находится в диапазоне 10–25 %).

Минимальные рекомендуемые объемы выборок, необходимые для информативного сравнения дескрипторов формы листовой пластинки с использованием t-критерия Стьюдента с учетом статистической мощности, отражены в таблице 2.

Исходя из данных таблицы 2, для информативного сравнения анализируемых дескрипторов формы листовой пластинки требуются различные объемы выборок.

Наименьшие значения минимальных объемов выборок для пяти анализируемых морфологических показателей требуются при сравнении

Таблица 1. Доверительные интервалы (для $P = 0,05$) и коэффициенты вариации дескрипторов формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers.

Дескриптор формы листовой пластинки	Доверительный интервал	Коэффициент вариации, %
Показатель удлиненности	$3,09 \pm 0,192$	24,9
Показатель относительного расположения самой широкой части	$0,39 \pm 0,019$	19,2
Отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине	$0,98 \pm 0,015$	6,1
Числовой индекс формы верхушки	$1,49 \pm 0,052$	13,9
Числовой индекс формы основания	$0,57 \pm 0,023$	16,1

Таблица 2. Минимальные рекомендуемые объемы выборок, необходимые для информативного сравнения дескрипторов формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. с использованием t-критерия Стьюдента с учетом статистической мощности

Дескриптор формы листовой пластинки	Минимальные объемы выборок					
	Статистическая мощность 80 %		Статистическая мощность 90 %		Статистическая мощность 95 %	
	$P = 0,05$	$P = 0,01$	$P = 0,05$	$P = 0,01$	$P = 0,05$	$P = 0,01$
Показатель удлиненности	391,3	583,4	523,9	743,6	646,8	888,7
Показатель относительного расположения самой широкой части	231,3	345,1	309,7	439,6	382,3	525,4
Отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине	22,9	34,3	30,8	43,7	38,0	52,2
Числовой индекс формы верхушки	121,3	181,0	162,5	230,6	200,6	275,6
Числовой индекс формы основания	161,8	241,4	216,6	307,5	267,5	367,5

значений отношения ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине, наибольшие – при сравнении значений показателя удлиненности. Так, с целью сравнения значений отношения ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине с использованием t-критерия Стьюдента с 95 % мощностью на 5 % уровне значимости рекомендуемый минимальный объем выборки составляет 38 листовых пластинок, на 1 % уровне значимости – 53 листовые пластинки, для сравнения значений коэффициента показателя удли-

ненности с 95 % мощностью на 5 % уровне значимости рекомендуемый минимальный объем выборки составляет 647 листовых пластинок, на 1 % уровне значимости – 889 листовых пластинок *P. monspeliense* (табл. 2).

Таким образом, минимальные рекомендуемые объемы выборок, необходимые для сравнения показателей формы листовой пластинки *P. monspeliense*, возрастают в ряду: отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине – числовой индекс формы верхушки – числовой индекс формы

основания – показатель относительного расположения самой широкой части – показатель удлиненности.

Полученные численные данные не следует воспринимать как абсолютную рекомендацию, так как в условиях экосистем с различной степенью антропогенной (в том числе техногенной) нагрузки рассчитанные минимальные объемы выборок будут в определенной мере отличаться, вместе с тем общая закономерность по необходимым объемам выборок для осуществления информативных исследований изменчивости анализируемых дескрипторов формы будет сохраняться.

Выводы

Из числа рассматриваемых дескрипторов формы листовой пластинки *P. monspeliense* наибольшей вариабельностью характеризуется показатель удлиненности, наименьшей – показатель отношения ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине. Значительное варьирование не выявлено ни для одного из анализируемых показателей: значения коэффициентов вариации не превышают 25 %.

Для проведения информативного сравнения дескрипторов формы рекомендованы следующие минимальные объемы выборок листовых пластинок *P. monspeliense*: показатель удлиненности – 647, показатель относительного расположения самой широкой части – 383, отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине – 38, числовой индекс формы верхушки – 201, числовой индекс формы основания – 268.

1. Бачурина А.В., Куликова Е.А. Оценка качества среды на территории г. Новотроицка Оренбургской области по состоянию березы повислой // Леса России и хозяйство в них. 2019. N 2(69). С. 30–37.
2. Гендельс Т.В., Буданцев Л.Ю. Изучение изменчивости формы листовой пластинки *Populus deltoides* (Salicaceae) с помощью числового индекса // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, N 5. С. 747–752.
3. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
4. Зыков И.Е., Федорова Л.В., Баранов С.Г. Оценка биоиндикационного значения уровня изменчивости параметров листовых пластинок липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях города Орехово-Зуево и Орехово-Зуевского района // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2015. N 1. С. 15–21.
5. Ибрагимова Э.Э. Влияние техногенного химического загрязнения на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Armeniaca vulgaris* L. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2010. Т. 23(62), N 3. С. 62–67.
6. Исаков В.Н., Висковатова Л.И., Лейшовник Я.Я. Исследование морфологии листа древесных средствами автоматизации. Рига: Зинатне, 1984. 196 с.
7. Кулик К.Н., Исаков А.С., Новочадов В.В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. N 1(61). С. 25–36.
8. Лабутина М.В., Маскаева Т.А., Чегодаева Н.Д., Курынова Е.А. Сравнительная оценка состояния окружающей среды с помощью растений-биоиндикаторов в условиях различного антропогенного воздействия городов Саранск и Инсар // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, N 1(30). С. 61–66.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
10. Определитель высших растений Украины / под ред. Ю.Н. Прокудина. К.: Наук. думка, 1987. 548 с.
11. Савинов А.Б., Никитин Ю.Д., Ерофеева Е.А. Биоиндикационный аспект изменчивости листьев *Acer negundo* L. при загрязнении городских почв тяжелыми металлами // Проблемы региональной экологии. 2018. N 5. С. 45–47.
12. Храмова Е.П., Луговская А.Ю., Тарасов О.В. Оценка возможности использования *Potentilla fruticosa* L. (Rosaceae, Magnoliopsida) для биоиндикации состояния природной сре-

- ды на территории восточно-уральского радиоактивного следа // Поволжский экологический журнал. 2019. N 1. С. 90–105.
13. Штирц Ю.А. Оценка изменчивости формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. методами геометрической морфометрии при выращивании на почвенных субстратах техногенных территорий // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2020. Т. 19, N 2. С. 225–228.
14. Bland M. An introduction to medical statistics / 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2000. 405 p.
15. Shadrina E., Turmukhametova N., Soldatova V., Vol'pert Ya., Korotchenko I., Pervyshina G. Fluctuating asymmetry in morphological characteristics of *Betula pendula* Roth leaf under conditions of urban ecosystems: evaluation of the multi-factor negative impact // Symmetry. 2020. Vol. 12. P. 1317.

Поступила в редакцию: 09.10.2022

UDC 58.002:581.45:582.657.24

**SIZES OF SAMPLES, NECESSARY FOR AN INFORMATIVE COMPARISON
OF DESCRIPTORS OF LEAF BLADE SHAPE
OF *POLYGONUM MONSPELIENSE* THIÉBAUD EX PERS.**

Yu.A. Shtirts

State Budgetary Institution «Donetsk Botanical Garden»

The determination of the minimum sizes of samples, necessary for an informative comparison of descriptors of leaf blade shape of *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers was carried out. Of the analyzed indicators, the elongation index is characterized by the greatest variability, the smallest – by the ratio of leaf blade width in its middle part to the maximum width. The minimum recommended sizes of sample, necessary for comparison the analyzed descriptors of leaf blade shape of *P. monspeliense*, increase in the following order: the ratio of leaf blade width in its middle part to the maximum width – numerical index of apex shape – numerical index of base shape – indicator of relative position of widest part – elongation index.

Key words: *Polygonum monspeliense*, leaf blade, descriptor of shape, sample, statistical power

Citation: Shtirts Yu.A. Sizes of samples, necessary for an informative comparison of descriptors of leaf blade shape of *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. // Industrial Botany. 2023. Vol. 23, N 1. P. 54–58. DOI: 10.5281/zenodo.7992486