

Ю.А. Штирц

ОЦЕНКА КОРРЕЛЯЦИИ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POLYGONUM AVICULARE* L.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»

Проведена оценка корреляции размера и формы листовой пластинки *Polygonum aviculare* L. Из рассматриваемых показателей формы в наибольшей степени коррелирует с размерами листовой пластинки показатель относительного расположения самой широкой части. Показатели ширины листовой пластинки в большей степени коррелируют с показателями формы листовой пластинки, чем показатели длины. Вместе с тем, сильная корреляция размерных показателей и показателей формы листовой пластинки *P. aviculare* не отмечена.

Ключевые слова: листовая пластинка, форма, размер, *Polygonum aviculare*, корреляция, биоиндикация

Цитирование: Штирц Ю.А. Оценка корреляции размеров и формы листовой пластинки *Polygonum aviculare* L. // Промышленная ботаника. 2025. Вып. 25, № 3. С. 50–55. DOI: 10.5281/zenodo.17248373

Введение

Важными базовыми характеристиками растительных организмов являются их форма и размер. Именно эти признаки на протяжении длительного времени использовали исследователи при принятии таксономических решений и оценке онтогенетического и жизненного состояния растений [3]. Существенным и наиболее общим признаком, возникающим в процессе адаптационного приспособления к неблагоприятным условиям, является уменьшение размеров листа [10]. Известно также, что антропогенная нагрузка на экосистемы оказывает значительное влияние на форму листовой пластинки растений [1]. Вызывает интерес степень скоррелированности изменений показателей размеров и формы листовой пластинки. Поиск ответа на данный вопрос важен по ряду причин.

Одним из распространенных методов оценки изменчивости является изучение взаимосвязи ряда морфологических структур исследуемого объекта по показателям общей и согласованной изменчивости [5, 6, 9]. Показатель согласо-

ванной изменчивости отражает морфологическую целостность или степень интегрированности исследуемых структурных признаков [9]. Следует также отметить актуальность изучения данного вопроса с позиций поиска достоверных маркеров при проведении биоиндикационных исследований, так как наличие существенно выраженной корреляционной связи показателей формы и размеров листовой пластинки свидетельствует об их согласованном изменении в ответ на воздействие значимых для растения факторов.

Цель и задачи исследований

Цель работы – оценка корреляции размера и формы листовой пластинки *Polygonum aviculare* L.

Для выполнения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач: 1) оценить вариабельность параметров, характеризующих размеры и форму листовой пластинки *P. aviculare*; 2) определить степень и на-

правленность корреляционных связей размерных показателей и размер-независимых показателей формы листовой пластинки *P. aviculare*.

Объекты и методики исследований

Объектом исследования выступал *Polygonum aviculare* L. (= *P. monspeliense* Thiébaud ex Pers., *P. heterophyllum* Lindm. nom. illeg., *P. aviculare* subsp. *monspeliense* (Thiébaud ex Pers.) Arcang.) [11].

Polygonum aviculare встречается в самых разнообразных биотопах, что дает возможность использовать его в качестве биоиндикатора состояния почв и экосистем в целом. Ранее проведенные исследования с применением методов геометрической морфометрии показали целесообразность поиска информативных дескрипторов формы листовой пластинки *P. aviculare* в их численном выражении для диагностики состояния почвенных условий [12].

Сбор листовых пластинок проводили с растений, произрастающих на территории ФГБНУ Донецкий ботанический сад и полученных в условиях лабораторного выращивания на почвах, отобранных на территориях с различной степенью антропогенного прессинга в пределах Донецко-Макеевской городской агломерации. Методика лабораторного выращивания детально описана в ранее опубликованной работе [12]. Анализу подвергали листовые пластинки, собранные с побегов первого порядка.

В качестве размерных показателей листовой пластинки взяты показатели длины, максимальной ширины и ширины листовой пластинки в середине ее длины. Оценка формы листовой пластинки проведена по следующим показателям: 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 основа-

но 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 проводятся 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 нашей работе применялась указанная методика 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 проводились. Принимая 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 и др. [4]. Измерения параметров отсканированной листовой пластинки проводили в программе TPSDig 2.10. В формулах расчета выбранных показателей формы используют те или иные размерные параметры, вместе с тем, при отсутствии функциональной связи рассматриваемых морфологических характеристик переход к безразмерным величинам, предусмотренный проводимыми вычислениями, позволяет избежать ложных выводов о присутствии корреляционной связи.

Коэффициент вариации рассчитан по Г.Ф. Лакину [7]. Оценку корреляции морфологических параметров листовой пластинки *P. aviculare* проводили с использованием коэффициента Пирсона. Предварительно для оценки возможности использования указанного коэффициен-

та корреляции был проведен анализ соответствия распределения исследуемых параметров листовой пластинки закону нормального распределения с использованием критериев Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка. Методические подходы к применению и интерпретации указанных статистических параметров взяты из работы О.Ю. Ребровой [8]. Статистическую обработку выполняли в пакете прикладных программ STATISTICA 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение

Доверительный интервал и коэффициент вариации размерных показателей листовой пластинки *P. aviculare* приведены в таблице 1.

Доверительный интервал и коэффициент вариации показателей формы листовой пластинки *P. aviculare* приведены в таблице 2.

Учитывая значения коэффициентов вариации (таблицы 1 и 2), следует отметить более выраженную вариабельность размерных показателей листовой пластинки в сравнении с показателями формы. Из анализируемых показателей формы наибольший коэффициент вариации отмечен для показателя удлиненности, наименьший – для показателя отношения ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине.

Значения коэффициента корреляции размерных показателей и показателей формы листовой пластинки *P. aviculare* отражены в таблице 3.

Согласно шкале оценки корреляции, приведенной в работе О.Ю. Ребровой [8], и данным таблицы 3, сильная корреляция (значение коэффициента корреляции не менее 0,75) размерных показателей и показателей формы листовой пластинки не выявлена. Отмечена умеренная положительная корреляция длины листовой пластинки с показателем относительного расположения самой широкой части и числовым индексом формы верхушки. Для ширины листовой пластинки в середине ее длины отмечена умеренная отрицательная корреляция с показателем удлиненности и умеренная положительная корреляция с тремя показателями формы: показателем относительного расположения самой широкой части, отношением ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине и числовым индексом формы основания. Для значения максимальной ширины листовой пластинки выявлена умеренная отрицательная корреляция с показателем удлиненности и умеренная положительная корреляция с показателем относительного расположения самой широкой части и числовым индексом формы основания.

Таблица 1. Доверительный интервал (для $P = 0,05$) и коэффициент вариации размерных показателей листовой пластинки *Polygonum aviculare* L.

Параметр листовой пластинки	Доверительный интервал, мм	Коэффициент вариации, %
Длина	24,32±1,963	32,43
Ширина листовой пластинки в середине ее длины	7,93±0,683	34,63
Максимальная ширина	8,10±0,661	32,76

Таблица 2. Доверительный интервал (для $P = 0,05$) и коэффициент вариации показателей формы листовой пластинки *Polygonum aviculare* L.

Параметр листовой пластинки	Доверительный интервал	Коэффициент вариации, %
Показатель удлиненности	3,09±0,192	24,98
Показатель относительного расположения самой широкой части	0,39±0,019	19,20
Отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине	0,98±0,015	6,05
Числовой индекс формы верхушки	1,49±0,052	13,91
Числовой индекс формы основания	0,57±0,023	16,06

Таблица 3. Значения коэффициента корреляции размерных показателей и показателей формы листовой пластинки *Polygonum aviculare* L.

Показатель формы \ Размерный параметр	Длина, мм	Ширина листовой пластинки в середине ее длины, мм	Максимальная ширина, мм
Показатель удлинённости	0,20	–0,32	–0,37
Показатель относительного расположения самой широкой части	0,36	0,37	0,35
Отношение ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине	0,24	0,29	0,14
Числовой индекс формы верхушки	0,33	0,00	–0,07
Числовой индекс формы основания	0,05	0,37	0,35

Опираясь на изложенный выше материал и данные таблицы 3, можно выделить показатели формы, значения которых в наибольшей степени коррелируют с размерами листовой пластинки. Так, показатель удлинённости умеренно отрицательно коррелирует со значениями ширины: максимальной и шириной листовой пластинки в середине ее длины. Для показателя относительного расположения самой широкой части выявлена умеренная положительная корреляция со всеми анализируемыми размерными показателями листовой пластинки (с длиной и двумя характеристиками ширины). Учитывая значения коэффициентов, корреляционная связь указанного показателя в равной степени проявляется со всеми рассматриваемыми размерными характеристиками. Значение отношения ширины листовой пластинки в ее срединной части к максимальной ширине умеренно положительно коррелирует с шириной листовой пластинки в середине ее длины. Для числового индекса формы верхушки отмечена умеренная положительная корреляция с длиной, корреляционная связь отсутствует в случае с шириной листовой пластинки в середине ее длины и крайне низкая в случае с максимальной шириной. Значение числового индекса формы основания умеренно положительно коррелирует с двумя показателями ширины, корреляционная связь с длиной крайне незначительная.

Таким образом, из рассматриваемых характеристик формы показатель относительного

расположения самой широкой части проявляет наибольшую корреляционную связь с размерными показателями листовой пластинки.

Выводы

1. Размеры листовой пластинки *P. aviculare* являются более вариабельными параметрами, чем показатели формы.

2. Из рассматриваемых показателей формы в наибольшей степени коррелирует с размерами листовой пластинки показатель относительного расположения самой широкой части: выявлена умеренная положительная корреляция с длиной и двумя показателями ширины листовой пластинки.

3. Показатели ширины листовой пластинки в большей степени коррелируют с анализируемыми показателями формы листовой пластинки, чем показатели длины: для показателей длины отмечена умеренная корреляция с двумя, для ширины – с пятью показателями формы листовой пластинки.

4. Сильная корреляция размерных показателей и показателей формы не отмечена. Таким образом, изменения размеров и формы листовой пластинки *P. aviculare* являются преимущественно проявлением реакции растения на различные экологические факторы, что важно учитывать при проведении биоиндикационных исследований.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме «Исследование современного состояния растительного покрова на Донецкой возвышенности и в Северном Приазовье» (№ 123101300195-2).

1. Андреева М.В. Оценка состояния окружающей среды в насаждениях в зонах промышленных выбросов с помощью растений-индикаторов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 2007. 18 с.
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. Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Бондарева Л.М., Кирильчук К.С. Концепція морфометрії у сучасній ботаніці // Чорноморський ботанічний журнал. 2009. Т. 5, N 1. С. 5–22.
4. Исаков В.Н., Висковатова Л.И., Лейшовник Я.Я. Исследование морфологии листа древесных средствами автоматизации. Рига: Зинатне, 1984. 196 с.
5. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М. Адаптивный морфогенез и эколого-ценотические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии. Материалы докладов VII Всероссийского популяционного семинара: в 2 ч. Сыктывкар: Коми научный центр Уральского отделения РАН, 2004. Ч. 2. С. 113–120.
6. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирнова Т.В. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского государственного заповедника // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2005. N 1. С. 85–98.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
8. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: Медиа Сфера, 2002. 312 с.
9. Ростова Н.С., Дондуа А.К. Корреляции: структура и изменчивость. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002. 308 с.
10. Скрипка Л.Ф. Изменение анатомической структуры растений при их выращивании с применением отходов быта и производств // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2012. Т. 8, N 2. С. 50–54.
11. Цвелев Н.Н. Сем. 36. Polygonaceae Juss. – гречиховые // Флора Восточной Европы. Т. IX. Санкт-Петербург: Мир и семья-95, 1996. С. 98–157.
12. Штирц Ю.А. Оценка изменчивости формы листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiebaut 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.

Поступила в редакцию: 07.09.2025

**EVALUATION OF SIZE AND SHAPE CORRELATION OF THE LEAF BLADE IN
*POLYGONUM AVICULARE L.***

Yu.A. Shtirts

*Federal State Budgetary Scientific Institution
«Donetsk botanical garden»*

The correlation between the size and shape of the leaf blade of *Polygonum aviculare* L. was investigated. Among the considered shape indicators, the indicator of the relative location of the widest part is most correlated with the size of the leaf blade. Indicators of the width of the leaf blade are more correlated with indicators of the shape of the leaf blade than indicators of length. At the same time, there was no strong correlation between the size and shape of the leaf blade of *P. aviculare*.

Key words: leaf blade, shape, size, *Polygonum aviculare*, correlation, bioindication

Citation: Shtirts Yu.A. Evaluation of size and shape correlation of the leaf blade in *Polygonum aviculare* L. // Industrial Botany. 2025. Vol. 25, N 3. P. 50–55. DOI: 10.5281/zenodo.17248373
