

Р.А. Загуменный, Ю.А. Штирц

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *PSIDIUM GUAJAVA* L. В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»

Проведен анализ закономерностей формирования размерных параметров листовой пластинки *Psidium guajava* L. в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада. Средние показатели длины листовой пластинки варьируют в пределах от $5,91 \pm 0,08$ до $19,23 \pm 0,21$ см; средние показатели ширины – от $4,16 \pm 0,09$ до $8,29 \pm 0,09$ см. Выявлены статистически значимые различия размеров листовых пластинок, расположенных в различных узлах годичного побега. Отмечено последовательное возрастание размеров листовых пластинок, расположенных в первых пяти узлах побегов, после достижения максимального значения установлено прогрессирующее уменьшение размеров всех последующих листовых пластинок. Показатели длины и ширины листовой пластинки характеризуются слабым варьированием – коэффициент вариации составляет менее 10,0 %. Выявлена высокая положительная корреляционная связь между значениями длины и ширины листовой пластинки *P. guajava*.

Ключевые слова: *Psidium guajava*, листовая пластинка, длина, ширина, годичный побег

Цитирование: Загуменный Р.А., Штирц Ю.А. Закономерности формирования размерных параметров листовой пластинки *Psidium guajava* L. в условиях закрытого грунта // Промышленная ботаника. 2026. Вып. 26, № 3. С. 76–82. DOI: 10.5281/zenodo.23499437

Введение

Размерные показатели листовых пластинок относятся к числу информативных параметров, характеризующих состояние растения, в связи с чем изучению данного показателя посвящено значительное количество работ [1, 6, 7, 11, 18 и др.]. Листовая пластинка с большими значениями длины и ширины способствует обеспечению оптимального уровня синтеза и депонирования метаболитов [7]. Численные значения размерных показателей являются результатом сочетания реализации наследственных факторов и воздействия окружающей среды [17]. Изучению влияния различных экологических факторов на морфологию и анатомию листьев посвящены многочисленные исследования [2, 8, 12, 15, 16, 19 и др.]. Следует отметить недостаточное ко-

личество работ, целью которых является анализ закономерностей изменчивости листовой пластинки в пределах годичных побегов. Вместе с тем, именно эти закономерности определяют вариабельность листьев внутри кроны, существенно влияющую на общую адаптивность древесного растения.

Цель и задачи исследований

Целью исследования было выявление закономерностей формирования размерных параметров листовой пластинки *Psidium guajava* L. в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада.

Для реализации поставленной цели предполагалось решение следующих задач: 1) опреде-

ление длины и ширины листовой пластинки в зависимости от положения на годичном побеге; 2) оценка вариабельности указанных параметров; 3) анализ степени корреляции длины и ширины листовой пластинки.

Объекты и методики исследований

Psidium guajava относится к семейству Myrtaceae, происходит из влажных тропических регионов Центральной и Южной Америки, в настоящее время широко культивируется во влажных тропических регионах. Данный вид обладает лекарственными свойствами [3]. В условиях оранжерейного комплекса Донецкого ботанического сада у *P. guajava* зафиксирован период роста вегетативных органов с конца января по конец октября с пиком, приходящимся на апрель – июнь. При этом с ноября по январь отмечено полное прекращение роста. Указанный вид является крупнолистным древесным вечнозеленым растением с достаточно большой площадью контакта для перехвата света, повышающей его фотосинтетический потенциал и эффективность использования солнечной энергии при высокой влагообеспеченности в тропических и субтропических районах. Эта особенность способствует увеличению конкурентоспособности этого вида в природных растительных сообществах [20]. Крупнолистность растений влажных тропиков связывают со значительной продолжительностью развития, которая компенсирует их низкую относительную скорость роста [3]. При этом скорость роста листьев в постоянно влажном тропическом лесу ограничена неблагоприятными условиями почвенного питания, затрудненной транспирацией и низким уровнем ассимиляции CO_2 .

В период проведения исследования в условиях оранжерейного комплекса Донецкого ботанического сада диапазон изменения средних показателей уровня интенсивности освещения составил от 1153,63 до 7437,84 лк, диапазон изменения средних показателей температуры воздуха – от 19,21 до 34,84 °C (табл. 1).

Были выделены 10 градаций листовых пластинок на основании положения на годичном побеге. Номер градации соответствовал номеру

Таблица 1. Средние показатели интенсивности освещения и температуры в период проведения исследований

Месяц вегетации	Интенсивность освещения, лк	Температура, °C
	$M \pm m$	
Февраль	1153,63±93,04	19,21±0,16
Март	3976,05±193,34	22,58±0,43
Апрель	4203,37±288,79	24,53±0,47
Май	5252,05±369,59	31,11±0,49
Июнь	7437,84±333,38	34,84±0,34
Июль	5969,47±170,72	33,32±0,35
Август	5220,58±233,18	27,47±0,35
Сентябрь	4203,37±288,79	24,84±0,22

Примечание. $M \pm m$ – среднее арифметическое $\pm$ ошибка среднего.

узла, нумерация узлов проведена от основания годичного побега. Суммарный объем выборки составил 160 сформировавшихся листовых пластинок. Исследуемые параметры (длина и ширина листовой пластинки) получены путем их измерения линейкой с точностью 0,1 см.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена в среде электронных таблиц программы Microsoft Excel и Statistica 10 общепринятыми методами [4, 5, 9, 14].

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований было отмечено увеличение показателей средних значений длины и ширины листовой пластинки *P. guajava* с первой по пятую градацию на побегах. После достижения максимума в пятой градации для обоих параметров фиксировалось последовательное снижение средних значений показателей в каждой последующей градации (табл. 2).

Согласно результатам обработки, распределение значений исследуемых параметров не соответствует критериям нормального (анализ вида распределения проведен с использованием критериев Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро-Уилка), ввиду чего для сравнения групп были выбраны соответствующие непараметрические методы. Проверка равенства дисперсий показателей исследуемых групп, прове-

денная с помощью теста Левена, выявила различие дисперсий в группах.

Подтверждением достоверности различий средних показателей исследуемых групп листовых пластинок являлось сравнение рассчитанного значения критерия согласия Пирсона с его критическим значением: для длины $H_{(9;0,001)} = 150,46 > \chi^2_{(9;0,001)} = 120,24$, для ширины $H_{(9;0,001)} = 149,22 > \chi^2_{(9;0,001)} = 136,00$. На основании критерия Краскела-Уоллиса установлена статистическая значимость различий при $p = 0,001$ показателей длины и ширины листовой пластинки в зависимости от принадлежности к указанной градации.

С целью оценки различий между группами были проведены апостериорные попарные сравнения с помощью критерия Манна-Уитни при использовании поправки Бонферрони, методика расчета указанных показателей приведена в работе А.М. Гржибовского с соавторами [5]. Различия между группами устанавливали путем сравнения полученного значения критерия Манна-Уитни с табличным [23] для скорректированного уровня статистической значимости.

Для длины листовой пластинки всех сравниваемых пар $U_{\text{таб}} > U_{\text{эмп}}$ при $p < 0,025$ (табл. 3), что подтверждает статистическую значимость различий длины листовой пластинки исследуемых градаций.

Попарное сравнение значений ширины листовой пластинки выявило аналогичные закономерности: для всех исследуемых градаций листьев $U_{\text{таб}} > U_{\text{эмп}}$ при $p < 0,025$ (табл. 4), следовательно, между значениями ширины листовой пластинки исследуемых градаций также выявлены статистически значимые различия.

Таким образом, отмечено возрастание ростовых процессов до стадии формирования пятой пары листовых пластинок на годичном побеге, затем происходит последовательное снижение размеров листовой пластинки.

В литературных источниках также приведены данные об изменении размеров листовых пластинок с увеличением порядкового номера листа на побеге для ряда других видов [24, 25]. Объяснением этому, по мнению S. Valašnaite et al. [25], могут служить системные тро-

Таблица 2. Показатели средних значений исследуемых параметров листовой пластинки *Psidium guajava* L.

Градации	Длина листовой пластинки, см	Ширина листовой пластинки, см
	$M \pm m$	
1	5,91±0,08	4,16±0,09
2	11,28±0,16	5,43±0,04
3	15,48±0,09	7,41±0,06
4	18,01±0,16	7,91±0,06
5	19,23±0,21	8,29±0,09
6	18,02±0,10	7,63±0,07
7	16,30±0,25	6,54±0,12
8	14,88±0,23	5,93±0,08
9	13,33±0,19	5,30±0,09
10	12,01±0,15	4,64±0,09

Примечание. $M \pm m$ – среднее арифметическое $\pm$ ошибка среднего.

Таблица 3. Результаты попарного сравнения выборок по показателям длины листовой пластинки *Psidium guajava* L. с помощью критерия Манна-Уитни

Сравниваемые градации	$U_{\text{эмп}}$	$U_{\text{таб}}$ ($p = 0,02$)	p
1 – 2	0,001	66	0,000002
2 – 3	0,001	66	0,000002
3 – 4	0,001	66	0,000002
4 – 5	27,000	66	0,000152
5 – 6	20,000	66	0,000051
6 – 7	3,000	66	0,000003
7 – 8	44,500	66	0,001759
8 – 9	28,500	66	0,000191
9 – 10	24,000	66	0,000096

фические связи: увеличивается количество донорских листьев, что отражает фактор размера побега, т.е. более молодые листья получают больше ассимилятов, что свидетельствует о реализации программы вегетативного развития.

Начало снижения интенсивности ростовых процессов, проявляющееся в уменьшении анализируемых размерных показателей листовой

пластинки, приходится на период высоких температур. Данное явление, возможно, обусловлено воздействием температурного фактора на варьирование активности пластинчатой меристемы, посредством антиклинальных делений клеток которой осуществляется рост плоских листьев покрытосеменных растений [22]. Согласно литературным данным, кратковременные периодические понижения температуры до низких положительных величин могут вызывать существенные изменения отношения массы листа растения к его площади у теплолюбивых видов [10]. Отмечено также влияние температуры на размер листовой пластинки: разница между дневной и ночной температурой листьев и воздуха является ключом к географическим различиям в размере листовых пластинок [26]. Согласно данным А.Е. Романюкина с соавторами [18], длина листовой пластинки сорго сахарного (*Sorghum saccharatum* Poirey) находится в средней обратной зависимости от температуры воздуха.

Вместе с тем, подобная закономерность в формировании размеров листовой пластинки описана и для других видов. Так, по данным Г.Н. Бузука [2], для побегов брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) характерно постепенное увеличение, начиная от основания побега, размеров каждой последующей листовой пластинки. После достижения максимума имеет место последовательное снижение размеров листовых пластинок.

Таблица 4. Результаты попарного сравнения выборок по значениям ширины листовой пластинки *Psidium guajava* L. с помощью критерия Манна-Уитни

Сравниваемые градации	$U_{\text{эмп}}$	$U_{\text{таб}}$ ($p = 0,02$)	p
1 – 2	0,001	66	0,000002
2 – 3	0,001	66	0,000002
3 – 4	20,500	66	0,000055
4 – 5	49,500	66	0,003285
5 – 6	21,000	66	0,000060
6 – 7	10,500	66	0,000010
7 – 8	36,000	66	0,000564
8 – 9	20,000	66	0,000051
9 – 10	27,000	66	0,000152

В соответствии с данными Н.А. Кузьмичевой [13], листовые пластинки максимального размера ивы прутьевидной (*Salix viminalis* L.) находятся в центральной части побега (на относительном расстоянии 50–60 % длины побега от его основания).

Принимая во внимание изложенное выше, рассматриваемая закономерность может быть следствием реализации генетических процессов исследуемого вида.

Оценка наличия и силы связи между длиной и шириной листовой пластинки проведена путем вычисления коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Значение коэффициента корреляции составило 0,93 при $p = 0,001$.

Таким образом, между длиной и шириной листовой пластинки выявлена высокая положительная корреляционная связь. Учитывая, что степень взаимосвязи в вариации двух величин более точно измеряется квадратом коэффициента корреляции [9], можно утверждать, что 86,49 % случаев вариации одного параметра закономерно связано с вариацией другого.

Значения коэффициентов вариации длины и ширины листовой пластинки приведены в табл. 5.

Таблица 5. Значения коэффициентов вариации длины и ширины листовой пластинки *Psidium guajava* L. исследуемых градаций

Градации	Длина листовой пластинки	Ширина листовой пластинки
	$CV \pm m_{cv}, \%$	
1	5,58±0,06	9,09±0,07
2	5,71±0,11	8,84±0,03
3	2,55±0,07	3,40±0,04
4	3,52±0,11	3,13±0,04
5	4,44±0,15	4,20±0,06
6	2,25±0,07	3,91±0,05
7	6,11±0,18	7,59±0,09
8	6,26±0,16	5,14±0,05
9	5,76±0,14	6,89±0,06
10	5,12±0,11	8,06±0,07

Примечание. $CV \pm m_{cv}, \%$ – коэффициент вариации $\pm$ ошибка коэффициента.

В соответствии с приводимыми в литературных источниках оценками [14, 21], следует отметить слабое варьирование длины и ширины листовой пластинки: значение коэффициента вариации составляет менее 10,0 %. Для длины листовой пластинки наиболее высокий уровень вариативной изменчивости зафиксирован для 7-й и 8-й градаций, наименьший уровень вариативной изменчивости – для 3-й. Для ширины листовой пластинки максимум вариации отмечен для 1-й, 2-й и 10-й градаций, минимальные показатели варьирования выявлены для 3-й и 4-й градаций (табл. 5).

В соответствии с данными Б.Р. Васильева [3], наиболее важные для жизни признаки обладают большой наследственной стабильностью и незначительной амплитудой фенотипической изменчивости. Длина и ширина листовой пластинки тропических древесных растений, в соответствии с его исследованиями, характеризуются значительной стабильностью, определяются общими зональными климатическими факторами влажных тропиков и детерминируют многие параметры листовой пластинки.

Выводы

Средние показатели длины листовой пластинки *P. guajava* в условиях оранжерейного комплекса Донецкого ботанического сада варьируют в пределах от $5,91 \pm 0,08$ до $19,23 \pm 0,21$ см. Средние показатели ширины листовой пластинки варьируют от $4,16 \pm 0,09$ до $8,29 \pm 0,09$ см. Выявлены статистически значимые различия размеров листовых пластинок, расположенных в различных узлах годовичного побега. Отмечено последовательное возрастание размеров листовых пластинок исследуемого вида, расположенных в первых пяти узлах побегов, после достижения максимального значения установлено прогрессирующее уменьшение размеров всех последующих листовых пластинок. Показатели длины и ширины листовой пластинки характеризуются слабым варьированием – коэффициент вариации составляет менее 10,0 %. Между значениями длины и ширины листовой пластинки *P. guajava* выявлена высокая положительная корреляционная связь.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме «Комплексное изучение биоресурсного потенциала растений мировой флоры для содействия экологической стабилизации и устойчивого развития Донбасса» (№ 126020616725-0).

1. Ахатова Н.Г. Внутрипопуляционная изменчивость ландыша майского в Кильмезском районе Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы XV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции (Киров, 18 мая 2020 г.). Киров: Вятский государственный университет, 2020. Т. 2. С. 147–150.
2. Бузук Г.Н. Морфометрия лекарственных растений. 1. *Vaccinium vitis-idaea* L.: изменчивость формы и размеров листьев // Вестник фармации. 2006. N 2 (32). С. 21–32.
3. Васильев Б.Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон / под ред. В.М. Шмидта. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1988. 208 с.
4. Гашев С.Н., Бетляева Ф.Х., Иванова М.Ю., Цицкиева К.Р. Математические методы в биологии: анализ биологических данных в системе Statistica: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2024. 181 с.
5. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Сравнение количественных данных трех и более независимых выборок с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS: параметрические и непараметрические критерии // Наука и здравоохранение. 2016. N 4. С. 5–37.
6. Дашкевич М.А., Буштевич В.Н., Позняк Е.И., Гавриленко В.П. Продуктивный потенциал и питательная ценность вегетативной массы тритикале озимого // Зоотехническая наука Беларуси. 2020. Т. 55, N 1. С. 278–287.
7. Дашкевич М.А., Буштевич В.Н., Позняк Е.И., Гавриленко В.П., Трошина А.Д. Тритикале озимое белорусской и российской селекции на зеленый корм в фазу трубкования // Зоотехническая наука Беларуси. 2022. Т. 57, N 1. С. 189–198.

8. Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Попова А.С. Групповая изменчивость морфологических признаков листа *Betula pendula* Roth (Betulaceae, Magnoliopsida) в градиентах погодных условий и техногенной трансформации почв // Поволжский экологический журнал. 2023. N 1. С. 37–57.
9. Жукова А.А., Минец М.Л. Биометрия: пособие. В 3 ч. Ч. 3. Корреляция и регрессия. Минск, 2021. 103 с.
10. Икконен Е.Н., Шибаева Т.Г. Вариабельность величины отношения массы листа растения к его площади в условиях кратковременных ежесуточных понижений температуры // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81, N 1. С. 47–53.
11. Ишбирдин А.Р., Пур Д.А., Марданшин И.С. Адаптивные реакции надземной вегетативной сферы картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта ‘Башкирский’ на густоту посадки // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2024. N 4. С. 349–356.
12. Костылев П.И., Редькин А.А. Изменчивость размеров листьев риса при различной площади питания растений // Вестник аграрной науки Дона. 2009. N 2. С. 72–75.
13. Кузьмичева Н.А. Взаимосвязь морфолого-химических параметров листьев ивы прутьевидной с их положением на побеге // Вестник фармации. 2015. N 3(69). С. 40–46.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
15. Маслова Н.П., Волкова Л.Д., Горденко Н.В. Морфологическая изменчивость листьев *Platanus acerifolia* Willd. (Platanaceae) и подходы к определению меловых дисперсных листьев платанового облика // Ботанический журнал. 2008. Т. 93, N 6. С. 825–839.
16. Мокин А. А. Проявление онтогенетических тактик *Phragmites australis* L. в неблагоприятных условиях // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. N 6(100). С. 252–253.
17. Редькин А.А., Костылев П.И. Наследование размеров флаговых листьев риса у гибридов F3 от скрещивания сортов риса Lampro, Командор и Вираж // Зерновое хозяйство России. 2011. N 1. С. 34–40.
18. Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А., Шуршалин В.А., Ермолина Г.М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, N 3. С. 69–75.
19. Савченко О.М., Ковалев Н.И. Анализ морфометрических особенностей листовых пластинок у представителей рода Зюзник // Вестник КрасГАУ. 2025. N 10. С. 94–108.
20. Сауткин И.С., Рогова Т.В. Вариабельность функциональных признаков листьев некоторых видов луговых растений // Российский журнал прикладной экологии. 2022. N 1(29). С. 4–14.
21. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учебное пособие. Ярославль, 2012. 140 с.
22. Эсау К. Анатомия растений. М.: Мир, 1969. 564 с.
23. Mann-Whitney Table. Real Statistics Using Excel [Electronic source]. URL: <https://real-statistics.com/statistics-tables/mann-whitney-table/> (accessed 24.05.2026).
24. Puntieri J.G., Damascos M.A., Souza M.S. Tendencias ontogenéticas en el tamaño y la forma de las hojas de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser (Fagaceae) // Ecologia Austral. 2001. Vol. 11, N 2. P. 105–114.
25. Valašinaite S., Šimkūnas A., Denisov V. Leaf size regularities in *Festuca pratensis* from the systemic viewpoint // Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 2013. Vol. 147, N 3. P. 629–637.
26. Wright I.J., Dong N., Maire V., Prentice I.C., Westoby M., Díaz S., Gallagher R.V., Jacobs B.F., Kooyman R., Law E.A., Leishman M.R., Ninemets Ü., Reich P.B., Sack L., Villar R., Wang H., Wilf P. Global climatic drivers of leaf size // Science. 2017. Vol. 357. P. 917–921.

Поступила в редакцию: 24.07.2026

**PATTERNS OF FORMATION OF DIMENSIONAL PARAMETERS OF LEAF BLADE OF
PSIDIUM GUAJAVA L. IN GREENHOUSE CONDITIONS**

R.A. Zagumenny, Yu.A. Shtirts

Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden»

Analysis of patterns of formation of dimensional parameters of leaf blade of *Psidium guajava* L. in greenhouse conditions of Donetsk Botanical Garden was carried out. Average parameters of leaf blade length vary within the range from 5.91 ± 0.08 to 19.23 ± 0.21 cm; average parameters of width – from 4.16 ± 0.09 to 8.29 ± 0.09 cm. Statistically significant differences were found in the sizes of leaf blade located in different nodes of the annual shoot. Consistent increase in sizes of leaf blade of the studied species from the first to the fifth pair was noted, then a consistent decrease in sizes was established. A consistent increase in the size of leaf blades located in the first five nodes of the shoots was noted; after reaching the maximum value, a progressive decrease in the size of all subsequent leaf blades was established. Leaf blade length and width parameters show little variation, with the coefficient of variation being less than 10.0 %. A high positive correlation was found between the length and width of the leaf blade of *P. guajava*.

Key words: *Psidium guajava*, leaf blade, length, width, annual shoot

Citation: Zagumenny R.A., Shtirts Yu.A. Patterns of formation of dimensional parameters of leaf blade of *Psidium guajava* L. in greenhouse conditions // Industrial Botany. 2026. Vol. 26, N 3. P. 76–82. DOI: 10.5281/zenodo.23499437
