

УДК 613.5

© А. З. Глухов, И. И. Стрельников
**ФИТОНЦИДНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВИДОВ РОДА *FICUS* L.**

Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110
e-mail: ivanstrel87@gmail.com

Глухов А. З., Стрельников И. И. Фитонцидная эффективность и морфометрическая изменчивость видов рода *Ficus* L. – Оценена фитонцидная активность восьми видов *Ficus* spp., а также установлена зависимость биометрических показателей листовых пластинок и особенностей распределения устьиц от условий освещенности. В результате исследований установлено, что виды с наивысшей фитонцидностью обладают большей пластичностью морфометрических показателей.

Ключевые слова: род *Ficus* L., фитонцидность, биометрия, экологическая пластичность.

Введение

В настоящее время научно-технический прогресс оказывает значительное влияние на жизнедеятельность человека. Микроэкологические условия помещений: химический состав воздушной среды, влажность, температурный режим, химическое и микробное загрязнение воздуха воздействуют на здоровье человека. В условиях возрастающего антропогенного прессинга проблемы охраны и оптимизации окружающей среды становятся все более актуальными, так как распространение промышленного производства и нарушение функционального пространства человека ухудшают условия его существования в природной среде.

На сегодняшний день имеется достаточное количество технологических методов очистки закрытого воздушного пространства: вентиляция, кондиционирование, использование воздухоочистителей. Наука и практика показывают, что проблему охраны и оздоровления среды, окружающей человека, следует решать в первую очередь на основе и с помощью биологических систем [10]. В настоящий момент наиболее природным и экологически чистым является метод биологического оздоровления воздушной среды помещений с помощью растений с выраженными газопоглощительными и фитонцидными функциями и свойствами [3, 8].

Несмотря на большое количество работ, связанных с изучением растений закрытого грунта, многие таксоны флоры тропиков и субтропиков остаются малоизученными с позиции их санирующего эффекта на воздушную среду. Именно поэтому наиболее актуальными становятся вопросы поиска перспективных видов и разработка рекомендаций относительно оптимизации жизненного пространства с их помощью [9]. Кроме санирующей эффективности следует учитывать и такие качества растений, которые являются первичными условиями при внедрении растений в практику фитодизайна, – высокую декоративность, стойкость к негативным микроклиматическим условиям и отсутствие требовательности к технике выращивания [2, 3].

Объектами исследования стали виды рода *Ficus*, по отношению к которым имелись предварительные сведения о наличии у них выраженных фитонцидной и газопоглощительной способностей [5, 11, 12, 14]. К роду *Ficus* относятся более 800 видов, но до последнего времени в озеленении интерьеров активно использовалось только 5 видов [2]. На наш взгляд, в литературе недостаточно освещены вопросы, касающиеся использования фикусов как видов обладающих выраженными фитонцидными свойствами. Также отсутствуют конкретные рекомендации по применению фикусов в фитодизайне.

В представленной работе исследовалась зависимость между экоморфологическими показателями и фитонцидной эффективностью представителей рода *Ficus*.

Материалы и методы исследования

Работа начата в летний период 2010 г. Для проведения первого этапа работы нами были отобраны 8 видов фикусов, один из которых представлен 2 культиварами: *Ficus benjamina*

(Linnaeus, 1767), *F. binnendijkii* (Miquel, 1867) cv. Amstel King, *F. binnendijkii* Miq. cv. Ali, *F. elastica* (Roxburgh, 1819), *F. erecta* (Thuberg, 1791), *F. laurifolia* (Lamarck, 1788), *F. lucida* (Aiton, 1789), *F. retusa* (Linnaeus, 1767), *F. rubiginosa* (Desfontaines, 1803). Отобранные виды проявили высокую пластичность по отношению к неблагоприятным факторам во время выращивания.

В своей работе мы основывались на положении о том, что адаптационные амплитуды вида формируются в процессе филогенеза и являются комплексом приспособлений к экологическим условиям территорий естественного произрастания [6]. В связи с этим мы отобрали характерные виды, представляющие основные ботанико-географические районы Земли, в которых встречаются представители данного рода. Исходя из этого, можно предположить, что изучаемые нами растения обладают различными адаптационными потенциалами и могут в высокой степени характеризовать весь род *Ficus* L.

Отбор проб листьев проводили по общепринятым методикам из участков кроны с максимальным и минимальным освещением. Во всех случаях отбирали только здоровые, полностью сформировавшиеся листья. В зависимости от исследуемого вида с одной ветви отбирали два или три листа. Для достижения однородности выборки для каждого вида листья отбирали с одинаковых по счету узлов от апекса ветви [1]. Суммарный размер одной пробы колебался в соответствии с количеством материала необходимого для последующих анализов.

Интенсивность освещения измеряли с помощью люксметра непосредственно вблизи места отбора пробы растительного материала. Измерения производились в середине июля и января в 12.00 в безоблачный день. Для расчета средних уровней освещенности пользовались данными многолетних наблюдений оранжерейного комплекса ДБС НАН Украины. Световыми листьями считали те, освещенность которых составляла в среднем 1,1 клк и которые не находились в существенном затенении на протяжении светового дня. Показатель освещенности теневых листьев составлял 0,3 клк, и они, напротив, находились преимущественно в затенении от других растений или элементов конструкции оранжерей. Для повышения однородности выборки листья отбирались только с тех ветвей, на которых все листья находились приблизительно в одинаковых условиях освещения. Кроме того, пытались не использовать листья из внутренних участков кроны, так как считали, что их развитие протекало в существенно отличающихся условиях температурного режима и влажности.

После сбора листьев измерялись их площадь и линейные размеры. Для осуществления данных измерений нами предложена методика обработки фотографических изображений листьев на персональном компьютере. Для этого каждый лист фотографировали трижды на фоновом объекте с заранее известной площадью (в данном случае фоновым объектом служил лист бумаги стандартного размера А4). После, каждая фотография обрабатывалась с помощью программы «Universal desktop ruler», которая свободно распространяется в сети Internet. Данная программа позволяет измерять линейные и площадные размеры цифрового изображения в пикселях. Для каждого изображения определялись площадь, длина и ширина листовой пластины, а также площадь и линейные размеры фонового объекта. Далее, зная истинные размеры фонового объекта и найдя отношения линейных и площадных размеров листовой пластины и фонового объекта на изображении, определили истинные размеры листовой пластины. Предложенный нами метод является более эргономичным и надежным в сравнении с методом взвешивания рисунков.

Характер поверхности листовых пластинок определяли путем микрофотографирования парадермальных срезов [4]. Срезы изготавливались вручную с помощью лезвий опасной бритвы. Количество срезов составило 1-2 с 3-4 листов. Такая повторность была сочтена нами достаточной для установления типа эпидермальных клеток и особенностей устьичного аппарата. Для определения параметров устьичных аппаратов их длины и плотности распределения использовали метод лаковых слепков. Для этого на средней части листа, заключенной между центральной жилкой и краем, наносили мазок бесцветного лака.

Количество анализируемых листьев с одинаковыми условиями освещения для каждого вида составило 5 штук. Слпки снимали с помощью пинцета через 3 часа и монтировали на предметном стекле. Микроскопирование проводили на микроскопе SZM-45T2. Микрофотографии образцов изготавливали при помощи тубусной насадки к микроскопу. Для каждого образца изготавливали три снимка с разных участков слпки. Подсчет количества устьиц на единицу площади и установление их линейных размеров производили в среде пакета прикладных программ AxioVision Rel.4.7, который является базовым программным обеспечением используемого микроскопа. На каждой фотографии размер устьиц измеряли для трех случайно выбранных устьиц.

Относительную фитонцидность растений определяли по действию летучих выделений листьев на микрофлору воздуха [7]. Для этого сидерентационным методом готовили микробиологические посеы из воздуха на МПА. Посеы произвели в учебных помещениях биологического факультета ДонНУ в один и то же день недели, в одинаковое время. Время посева составило 5 минут. Далее посеы опаряли летучими выделениями листьев представителей рода *Ficus*. Для этого листья исследуемых растений измельчали на лабораторной мельнице М-2Е. Для проведения опыта использовали навеску измельченных листьев весом 1 г. Перевернутые чашки Петри с посевами располагали над навеской листьев так, чтобы избежать непосредственного контакта между средой культивирования и растительным материалом. Контролем служили засеянные чашки Петри, не контактирующие с растительным материалом. Культивирование проводили в термостате в течение 48 часов при температуре 28°C. По завершении культивирования подсчитывалось количество колоний микроорганизмов на контрольных чашках Петри и на различных вариантах опыта. По разнице в количестве колоний устанавливался процент выживших колоний под действием фитонцидов. Опыт проводился в пятикратной повторности. Количество листьев с одного вида растений с одинаковой освещенностью варьировало от 5 до 10 в зависимости от размеров листовых пластинок.

Статистическую обработку проводили с помощью пакета прикладных программ StatSoft Statistica 6.0, а также в среде MS Office 2003 Excel на персональном компьютере. Использовали методы описательной статистики и метод сравнения средних по Дункану.

Результаты и обсуждение

Для определения основных санирующих свойств фикусов нами было проведено определение действия фитонцидов 7 видов и 2 культиваров рода *Ficus* (табл. 1).

Результаты исследования указывают на достоверное бактерицидное действие летучих биоактивных выделений всех рассматриваемых видов. Также установлены достоверные различия в фитонцидной активности листьев из разных условий освещений для следующих видов: *F. benjamina*, *F. elastica*, *F. retusa* и *F. rubiginosa*. Во всех вариантах опыта активность выделений световых листьев была выше, чем аналогичные показатели теневых листьев. Данный факт может свидетельствовать в пользу общепринятого предположения о первостепенной связи интенсивности проявления пассивного иммунитета растений с активностью протекания биосинтетических реакций. Наибольшую фитонцидную активность проявил *F. elastica*, а наименьшую – *F. erecta*. Следует отметить, что разница в фитонцидной активности *F. binnendijkii* практически отсутствовала, что может быть объяснено высокими адаптационными способностями биосинтетических аппаратов данного вида.

По данным исследований фитонцидности *Ficus* spp., анализируемые виды были разделены на три категории. К первой категории отнесены виды, бактерицидный эффект которых составил более 55% погибших колоний микроорганизмов. В эту группу вошли: *F. benjamina*, *F. elastica* и *F. rubiginosa*. Во вторую категорию вошли виды с бактерицидным эффектом от 40 до 55%. К этой категории относится большинство исследованных видов: *F. binnendijkii* cv. Amstel King, *F. binnendijkii* cv. Ali, *F. lucida* и *F. retusa*. В третью категорию вошли виды с низкой фитонцидной эффективностью – меньше 40% погибших колоний: *F. erecta* и *F. laurifolia*.

Таблиця 1

Фитонцидная активность видов рода *Ficus*

Вид	Количество колоний			Выжившие колонии, %	
	контроль	тень	свет	тень	свет
<i>F. benjamina</i>	28,1	13,5	9,0	48	32
<i>F. binnendijkii</i> cv. Amstel King		14,1	13,8	50	49
<i>F. binnendijkii</i> cv. Ali		13,8	13,2	49	47
<i>F. elastica</i>	24,3	10,2	7,0	42	29
<i>F. erecta</i>		20,2	19,2	83	79
<i>F. laurifolia</i>		15,3	13,6	63	56
<i>F. lucida</i>	29,4	14,4	13,8	49	47
<i>F. retusa</i>		13,2	11,2	45	38
<i>F. rubiginosa</i>		13,8	10,6	47	36

В дальнейшем, для выяснения связи таких показателей, как фитонцидность и особенности адаптации к световому режиму исследовались биометрические показатели листовых пластинок *Ficus* spp. (табл. 2).

Таблиця 2

Размеры листовых пластинок видов рода *Ficus*

Вид	Условия	Площадь, мм ²	Отношение тень/свет, %	Длина, мм	Отношение тень/свет, %	Ширина, мм	Отношение тень/свет, %
<i>F. benjamina</i>	тень	2322	95	59	97	43	98
	свет	2432		61		44	
<i>F. binnendijkii</i> cv. Amstel King	тень	3005	73	185	92	22	82
	свет	4124		200		27	
<i>F. binnendijkii</i> cv. Ali	тень	3197	75	190	98	22	72
	свет	4285		195		30	
<i>F. elastica</i>	тень	29950	157	299	122	134	125
	свет	19022		245		107	
<i>F. erecta</i>	тень	3452	73	126	85	38	89
	свет	4725		148		43	
<i>F. laurifolia</i>	тень	2234	105	54	104	32	97
	свет	2121		52		33	
<i>F. lucida</i>	тень	2441	92	53	95	42	91
	свет	2648		56		46	
<i>F. retusa</i>	тень	2931	111	72	113	54	110
	свет	2648		64		49	
<i>F. rubiginosa</i>	тень	7665	139	134	126	73	108
	свет	5518		107		68	

По результатам исследования размеров листьев фикусов было установлено, что площадь листовых пластинок световых и теневых листьев достоверно отличается у большинства исследованных видов, исключением являются *F. benjamina* и *F. laurifolia*.

Опираясь на полученные данные о площадных и линейных размерах листовых пластинок, нами было предложено разделить исследованные виды на три группы. К первой группе отнесены *F. elastica*, *F. retusa*, *F. rubiginosa*. Для данных видов характерно значительное превосходство в размерах теневых листьев относительно световых. Данная особенность выделенных видов может быть объяснена, с одной стороны, филогенетическими адаптациями к условиям затенения и высокой влажности, с другой – возможным приобретением световыми листьями признаков ксероморфизации.

Ко второй группе по особенностям размеров листовых пластинок были отнесены виды, теневые листья которых были меньшими относительно световых. Описанная группа представлена следующими видами: *F. binnendijkii* cv. Amstel King, *F. binnendijkii* cv. Ali, *F. erecta* и *F. lucida*. Подобная особенность также может быть объяснена процессами ксероморфизации, но в данном случае – теневых листьев, которые теоретически могут испытывать недостаток влаги из-за избыточной влажности воздуха, которая существенно затрудняет транспирацию. В третью группу вошли виды, листья которых не имели достоверных отличий связанных с условиями освещения: *F. benjamina* и *F. laurifolia*.

Следует отметить, что виды, которые входят в первую и третью группы, проявили максимальную фитонцидную активность. Данный факт может потенциально свидетельствовать о наличии связи между фитонцидностью и особенностями адаптации представителей рода *Ficus* к условиям освещения и водного обеспечения ассимиляционных органов.

Исследование парадермальных срезов нижнего эпидермиса показало, что все виды имеют листья гипостоматического типа. Основные эпидермальные клетки гнутостенчатые. Устьица сфероидные равномерно утолщенные у всех видов, кроме *F. erecta* и *F. laurifolia*, для которых характерны чечевицеобразные устьица. Хотя в задачи работы и не входило определение типа устьичного аппарата, но стоит все же отметить, что у представителей рода *Ficus* данный показатель различался даже для отдельного растения. Так, у *F. benjamina* были обнаружены как диацитные устьичные аппараты, так и анизокитные, и полицитные. Отметим, что соотношение количества устьиц с тем или иным типом устьичного аппарата предлагается считать систематическим признаком рода *Ficus* [13]. На наш взгляд, подобная вариабельность признака, функционально связанного с регуляторными процессами, потенциально подтверждает высказанный ранее тезис о высокой экологической пластичности представителей рода. Результаты исследования распределения устьиц на листе и их размеров представлены в табл. 3.

Исходя из показателей коэффициентов вариации признаков, представленных в табл. 3, можно сделать вывод, что показатель плотности распределения устьиц на единицу поверхности является более устойчивым признаком и, следовательно, может с большей достоверностью быть использован для идентификации стратегии адаптации вида.

Плотность распределения устьиц у большинства видов выше на световой стороне листа, за исключением таких видов, как *F. erecta* и *F. laurifolia*. Следует отметить, что величина плотности распределения устьиц не отличается в достоверном уровне у большинства видов, кроме *F. erecta* и *F. rubiginosa*, для которых данный показатель был существенно ниже. Данная особенность может быть объяснена особенностями экологической пластичности, связанной с фотосинтетическим аппаратом. Так, при классическом рассмотрении данного вопроса следует предположить, что для видов, которым свойственна высокая интенсивность фотосинтеза, характерно наличие большого количества устьиц. Учитывая данные о линейных размерах устьиц, можно предположить, что малое количество устьиц компенсируется их размерами. Что касается *F. rubiginosa*, то для данного вида характерно наличие плотного опушения на нижней стороне листа, что может свидетельствовать о наличии адаптивных механизмов к условиям водного режима, терморегуляции, а следовательно, и механизмов регуляции интенсивности фотосинтеза.

Как следует из табл. 3, отношение размеров устьиц на световых и теневых листьях проявляют те же зависимости, что и показатель плотности распределения устьиц. То есть размеры устьиц на теневых листьях были меньше у всех видов, кроме *F. erecta* и *F. laurifolia*.

Сравнивая данные по фитонцидности изученных видов и результаты исследования морфологии нижнего эпидермиса листа, можно констатировать, что виды, для которых было свойственно превышение плотности распределения устьиц на теневых листьях по отношению к световым, обладали наименьшей фитонцидной активностью и были отнесены нами к третьей группе по данному признаку.

Величина и плотность распределения устьиц видов рода *Ficus*

Вид	Условия	Кол-во устьиц на 1 мм ²	CV%	P, %	Длина устьиц, мкм	CV%	P, %
<i>F. benjamina</i>	тень	338	19	4	11,3	14	5
	свет	287	11	2	10,5	9	3
<i>F. binnendijkii</i> cv. Amstel King	тень	322	23	5	11,5	17	3
	свет	264	18	3	11,1	5	2
<i>F. binnendijkii</i> cv. Ali	тень	329	16	3	9,8	21	4
	свет	271	10	2	9,5	19	4
<i>F. elastica</i>	тень	329	16	3	9,8	21	4
	свет	271	10	2	9,5	19	4
<i>F. erecta</i>	тень	118	16	5	13,7	26	5
	свет	156	12	4	15,6	9	1
<i>F. laurifolia</i>	тень	267	12	3	12,2	23	5
	свет	278	9	2	12,6	17	4
<i>F. lucida</i>	тень	318	16	4	11,2	8	2
	свет	296	14	2	10,6	23	4
<i>F. retusa</i>	тень	297	11	3	13,2	19	4
	свет	259	13	2	12,1	14	3
<i>F. rubiginosa</i>	тень	149	8	2	16,4	12	3
	свет	124	11	3	15,1	10	1

Следует также отметить, что представленные в таблицах данные в некоторой мере противоречат стандартным представлениям о том, что гелиоморфные световые листья приобретают ксероморфные признаки и у них, в частности, уменьшаются размеры устьиц при увеличении их общей плотности распределения. Данная особенность видов рода фикус может быть объяснена наличием двух противоположно направленных процессов, а именно: процесса ксероморфизации и адаптации к условиям чрезмерного увлажнения воздуха. Кроме того, как известно, большинство видов рода *Ficus* в онтогенезе способны изменять жизненную форму с эпифитной до формы укореняющегося дерева верхнего яруса. Данный факт может свидетельствовать о присущей фикусам высокой пластичности по отношению к фактору освещенности. Основываясь на этом, можно предположить, что в условиях оранжерейного комплекса Донецкого ботанического сада НАН Украины интенсивность данного фактора не вызывает адаптационных изменений растений, которые приближаются к границам нормы реакции представленных видов.

Выводы

1. Все исследованные виды проявили фитонцидную активность. По данному признаку они были разделены нами на три группы.
2. Наибольшая фитонцидность характерна для *F. benjamina*, *F. elastica*, *F. rubiginosa*, бактерицидный эффект летучих выделений данных видов превышал 55%.
3. Все виды проявили наивысшую фитонцидность в условиях полного освещения.
4. Виды, которым присуща высокая фитонцидность, относятся к группе мезофитов с ксеро- и/или гелиофитными признаками.
5. *F. benjamina*, *F. elastica*, *F. retusa*, *F. rubiginosa* проявили наибольшую экологическую пластичность.
6. К практике внутреннего озеленения с позиций устойчивости и санирующей эффективности нами рекомендованы две группы фикусов. Наиболее перспективными

видами являються *F. benjamina*, *F. elastica*, *F. rubiginosa*, менше перспективними – *F. binnendijkii* cv. Ali, *F. binnendijkii* cv. Amstel King, *F. lucida*, *F. retusa*.

7. Рекомендовані види цілеспрямовано використовувати в умовах повного освітлення, завдяки чому буде досягнутися максимальний саніруючий ефект.

Список літератури

1. Васильев Б. Р. Стрoение листа древесных растений различных климатических зон / Б. Р. Васильев / Под ред. В. М. Шмидта. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. – 208 с.

2. Горницкая И. П. Итоги интродукции тропических и субтропических растений в Донецком ботаническом саду НАН Украины / И. П. Горницкая, Л. П. Ткачук. – Донецк: Донбасс, 1999. – 288 с.

3. Гродзинский А. М. Фитодизайн. Научное использование высших растений в среде обитания человека / А. М. Гродзинский, В. В. Снежко. – К.: Б. и., 1987. – 37 с.

4. Мирославов Е. А. Структура и функции эпидермиса листа покрытосеменных растений / Е. А. Мирославов. – Л.: Наука, 1974. – 184 с.

5. Серая А. С. Интродукция некоторых видов рода *Ficus* L. и использование их в фитодизайне: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / А. С. Серая. – Новосибирск, 2008. – 22 с.

6. Стрoение листа древесных растений различных климатических зон / Под ред. В. М. Шмидта. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. – 208 с.

7. Фитонциды в медицине / Отв. ред. А. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1990. – 216 с.

8. Фитонциды в эргономике / А. М. Гродзинский, Н. М. Макаруч, Я. С. Лещинская и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 188 с.

9. Харитoнова И. П. Біологічні особливості тропічних і субтропічних рослин в умовах інтер'єрів різного типу: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05 / И. П. Харитoнова. – К., 2005. – 20 с.

10. Cornejo J. A. Studies on the decontamination of air by plants / J. A. Cornejo, F. Mucoz, C. Ma, A. Stewart // *Ecotoxicology*. – 1999. – № 6. – P. 182–293.

11. Geron C. Volatile organic compounds from vegetation in southern Yunnan Province, China: Emission rates and some potential regional implications / C. Geron, S. Owen, A. Guenther, J. Greenberg // *Atmospheric Environment*. – 2006. – № 40. – pp. 1759–1773.

12. Nair R. Antibacterial Activities of Some Medicinal Plants of the Western Region of India / R. Nair, V. Chanda Sumitra // *Turkish Journal of Biology*. – 2007. – Vol. 31, № 4. – P. 231–236.

13. Ogunkunle A. T. J. Leaf epidermal studies in some Nigerian species of *Ficus* L. (Moraceae) / A. T. J. Ogunkunle, F. A. Oladele // *Plant Syst Evol*. – 2008. – Vol. 274. – P. 209–221.

14. Wolverton B. C. A Study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement. An Interim Report / B. C. Wolverton. – Stennis Space Center: National Aeronautics and Space Administration, 1989. – 14 p.

Глухов О. З., Стрельников И. И. Фітонцидна ефективність та морфометрична мінливість видів роду *Ficus* L. – Оцінено фітонцидну активність восьми видів *Ficus* spp., а також встановлено залежність біометричних показників листових пластинок й особливостей розподілення продихів від умов освітлення. За результатами дослідів виявлено, що види з найбільшою фітонцидністю мають більшу пластичність морфометричних показників.

Ключові слова: рід *Ficus* L., фітонцидність, біометрія, екологічна пластичність.

Gluhov A. Z., Strelnikov I. I. Phytoncidal efficiency and morphometric variability of species from genus *Ficus* L. – Phytoncide activity of eight species *Ficus* spp. was estimated. As well as the dependence of biometric performance of the leaf blades and stomatal distribution characteristics from the lighting conditions. According to research species with the highest phytoncide activity had greater plasticity of morphometric parameters.

Key words: genus *Ficus* L., phytoncides, biometric, ecological plasticity.