

Влияние ароматических соединений на анатомическую структуру листьев *Tetrastigma voinierianum* (Baltet) Pierre ex Gagnep.

И.С. Казимиров

Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»

В статье в условиях модельного эксперимента изучается влияние ароматических соединений (фенола, стирола, бензола, толуола, ксилола) на анатомическую структуру листьев тропической лианы *Tetrastigma voinieianum* (Baltet) Pierre ex Gagnep. При воздействии фенола, стирола и бензола у изученного вида обнаруживается формирование более ксероморфной структуры листа, что выражается в достоверном утолщении листовой пластинки за счет более мощного развития мезофилла и покровных тканей (верхнего и нижнего эпидермиса, кутикулы), мелкоклеточности столбчатого и губчатого мезофилла относительно контрольных растений. В вариантах опыта с толуолом и ксилолом достоверных изменений в анатомической структуре листьев *Tetrastigma voinieianum* в сравнении с контролем не выявлено. Относительно изученного вида высокотоксичными являются фенол, стирол и бензол, наименьшей токсичностью обладают толуол и ксилол.

Отмеченные выше изменения в анатомической структуре листа *Tetrastigma voinieianum* следует считать адаптивными и повышающими устойчивость данного вида к воздействию ароматических фитотоксикантов.

Ключевые слова: тропические растения, лиана, устойчивость, анатомическая структура листа, фитотоксиканты, ароматические соединения, фенол, стирол, бензол, толуол, ксилол.

Impact of fragrant compounds on the anatomic structure of *Tetrastigma voinieianum* (Baltet) Pierre ex Gagnep. leaves

I.S. Kazimirau

Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masharov»

The article presents evaluation of the degree of impact of fragrant compounds (phenol, benzol, styrol, toluene and xylene) on the structure of newly formed *Tetrastigma voinieianum* leaves in the conditions of a modeled experiment. Under the impact of phenol, benzol and styrol the investigated species exposes the formation of a more xeromorphic structure of the leaf, which is characterized by trustworthy thickening of the leaf lamina due to more powerful development of mesophyllus as well as cover tissues (upper and lower epidermis, cuticle), by tiny cell structure of column and sponge mesophyllus in comparison with the control plants. In the experiments with toluene and xylene, in comparison with the control group, there are no trustworthy above mentioned differences. Phenol, styrol and benzol are highly toxic in comparison with the investigated species. The above mentioned changes in the anatomic structure of *Tetrastigma voinieianum* should be considered adaptive and increasing the resistance of the species to aromatic phytotoxicants

Key words: tropical plants, liana, resistance, leaf anatomic structure, phytotoxicants, fragrant compounds, phenol, styrol, benzol, toluene, xylene.

При изучении устойчивости растений в условиях производственного интерьера мы наблюдаем интегральный эффект влияния на них различных неблагоприятных факторов среды. В данном случае трудно выделить реакцию растения на действие какого-либо определенного фактора без постановки модельного эксперимента. В условиях окрасочного цеха основным из них является загрязненность воздуха рабочей зоны различными вредными веществами, в том числе ароматическими соединениями, которые являются токсичными как для человека, так и для растений.

Экзогенные ароматические соединения в сравнительно небольших концентрациях могут приводить к структурным и функциональным нарушениям в листе, разрушать клеточные

мембраны, оказывать губительное воздействие на живые клетки растений [1–5].

Содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ определяется технологическими процессами и применяемым сырьем. При проведении окрасочных работ с использованием ручных распылителей, в зависимости от компонентного состава применяемых марок растворителей и разбавителей в воздухе рабочей зоны, могут обнаруживаться следующие вещества: ацетон, бутилацетат, бутиловый спирт, изобутиловый спирт, ксилол, метилацетат, толуол, уайт-спирит, этилацетат, этиловый спирт [6]. Величины предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны устанавливаются Санитарными правилами и нормами № 11-19-94 «Перечень регламентиро-

ванных в воздухе рабочей зоны вредных веществ» [7].

Цель работы – изучение в условиях модельного эксперимента влияния ароматических соединений (фенола, стирола, бензола, толуола, ксилола) на анатомическую структуру листьев *Tetrastigma vainierianum*.

Материал и методы. Объект исследования – тропическая лиана тетрастигма Вуанье (*Tetrastigma vainierianum* (Baltet) Pierre ex Gagnep.). Предмет исследования: анатомические параметры листа (толщина листа, верхнего и нижнего эпидермиса, верхней и нижней кутикулы, столбчатого и губчатого мезофилла, диаметры клеток столбчатого и губчатого мезофилла); газоустойчивость растения по отношению к ароматическим соединениям (фенол,стирол, бензол, толуол, ксилол).

Испытуемые растения получены в результате стеблевого черенкования маточных растений из одной коллекции. В эксперименте использовали одновозрастные 3-месячные почвенные культуры *Tetrastigma vainierianum*, выращенные на универсальном питательном грунте «Флорабел-5» («ФЛОРАБЕЛ», Беларусь); ТУ РБ 14724724.002-99. Физико-химические показатели грунта, согласно данным производителя: влага – 45–60%; кислотность – 5,8–7,2 pH; содержание водорастворимых солей – 1,2–4,0 г/дм³; содержание подвижных форм питательных элементов: азот (N) – 130±40, фосфор (P₂O₅) – 130±40, калий (K₂O) – 170±50 мг/100 г абсолютно сухого вещества.

Для фумигации ароматическими соединениями применяли стеклянные боксы объемом 40 дм³ с боковым отверстием. В качестве уплотнителя использовали поролон (уплотнение между стенкой и стеблями побегов). На внутреннюю поверхность бокса равномерным слоем на площади 5 см² микропипеткой наносили расчетное количество определенного ароматического соединения на расстоянии не менее 20 см от поверхности листьев растений. Количество ароматического соединения рассчитывали исходя из концентрации 5 ПДК: фенол – 1,5,стирол – 150, бензол – 75, толуол – 750, ксилол – 250 мг/м³ [7]. Время экспозиции – трое суток (режим освещения – естественный, ориентация окон – юго-восточная, освещенность – 2500–4000 лк; температура воздуха – 18–20°C). Растения контроля располагали в боксе при таком же режиме освещения и температуры.

Анатомическую структуру изучали у вновь образованных после фумигации листьев методом световой микроскопии [8] с помощью мик-

роскопа «Биолам Р-15» («ЛОМО», Россия) на свежем материале. Измерения проводили в 30-кратной повторности.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием рекомендаций Г.Ф. Лакина [9] на персональном компьютере с помощью программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.0. Вариационная статистика включала расчет среднего арифметического (М) и ошибки среднего арифметического ($\pm m$) вариационного ряда. Достоверность различий показателей опыта по сравнению с контролем оценивали по t-критерию Стьюдента при 95%-ном уровне доверительной вероятности.

Результаты и их обсуждение. Одной из важнейших задач экологической физиологии является изучение структуры и функций растений на уровне органов. Такие структурные особенности листа, как большая наружная поверхность, развитие системы межклетников, обилие хлоропластов в основной ткани, тесная пространственная взаимосвязь между этими характеристиками, определяют его специализированную функцию – фотосинтез. Исследование особенностей взаимосвязи отмеченных признаков при воздействии неблагоприятных факторов установило, что один из возможных способов адаптации ассимиляционного аппарата растений, устойчивых к стрессовому воздействию токсических газов, заключается в формировании признаков, обеспечивающих наибольшее значение соотношения фотосинтеза и транспирации (высокие диффузионные сопротивления кутикулы СО₂ и низкие диффузионные сопротивления мезофилла Н₂О). Это достигается благодаря сильно развитому кутикулярному слою, малым размерам клеток, мощной палисадной ткани, т.е. ксероморфной структуре листа [10].

Изменение анатомической структуры листьев *Tetrastigma vainierianum* под воздействием фитотоксикантов ароматического ряда отражено в табл., из которой видно, что в опыте отмечается утолщение листовой пластинки относительно контроля в вариантах с фенолом,стиролом и бензолом (на 11,40, 10,00 и 8,73% соответственно), что обусловлено увеличением толщины мезофилла и эпидермиса.

Толщина столбчатого и губчатого мезофилла у опытных растений *Tetrastigma vainierianum* увеличивается по отношению к контролю под влиянием фенола, стирола и бензола (на 11,35 и 11,71%, 8,44 и 9,44%, 7,74 и 8,04% соответственно).

Таблица

Изменение некоторых анатомических показателей листьев *Tetrastigma voinierianum* (Baltet) Pierre ex Gagner. под воздействием ароматических соединений (M \pm m, мкм)

Вариант	листа	Толщина						Диаметры (D/d) клеток мезофилла		
		эпидермиса		мезофилла		кутикулы		столбчатого	губчатого	губчатого
		верхнего	нижнего	столбчатого	губчатого	верхней	нижней			
Контроль	245,12 \pm 7,35	28,51 \pm 0,59	13,95 \pm 0,29	60,68 \pm 1,32	139,54 \pm 3,34	1,52 \pm 0,03	0,91 \pm 0,02	30,33 \pm 0,69	27,91 \pm 0,64	
								6,67 \pm 0,16	26,09 \pm 0,58	
Фенол	273,06 \pm 7,86*	31,44 \pm 0,80*	15,47 \pm 0,37*	67,57 \pm 1,65*	155,88 \pm 4,05*	1,69 \pm 0,05*	1,04 \pm 0,03*	26,29 \pm 0,55*	24,21 \pm 0,53*	
								5,77 \pm 0,12*	22,71 \pm 0,46*	
Стирол	269,63 \pm 7,81*	30,97 \pm 0,76*	15,34 \pm 0,36*	65,80 \pm 1,59*	152,71 \pm 3,86*	1,67 \pm 0,05*	1,03 \pm 0,03*	27,18 \pm 0,57*	24,81 \pm 0,55*	
								5,98 \pm 0,13*	23,28 \pm 0,48*	
Бензол	266,51 \pm 7,61*	30,61 \pm 0,74*	15,08 \pm 0,34*	65,38 \pm 1,56*	150,76 \pm 3,78*	1,64 \pm 0,05*	1,01 \pm 0,03*	27,84 \pm 0,59*	25,49 \pm 0,58*	
								6,12 \pm 0,14*	23,97 \pm 0,50*	
Толуол	249,89 \pm 7,58	28,78 \pm 0,66	14,24 \pm 0,32	61,41 \pm 1,48	142,55 \pm 3,66	1,54 \pm 0,04	0,95 \pm 0,02	29,53 \pm 0,64	27,18 \pm 0,61	
								6,41 \pm 0,15	25,52 \pm 0,53	
Ксилол	247,93 \pm 7,44	28,55 \pm 0,63	14,22 \pm 0,31	61,37 \pm 1,43	141,45 \pm 3,45	1,53 \pm 0,04	0,93 \pm 0,02	29,83 \pm 0,66	27,54 \pm 0,62	
								6,49 \pm 0,15	25,78 \pm 0,56	

Примечание: ошибки средних арифметических не превышают 5%; * – статистически достоверные различия в сравнении с контролем (p<0,05); n=10.

Растения *Tetrastigma vainierianum* в опыте характеризуются выраженной кутикулизацией листовой пластинки. Аналогичная закономерность наблюдается и в отношении эпидермиса. Так, толщина кутикулы верхнего и нижнего эпидермиса увеличена относительно контроля в варианте с фенолом на 11,18 и 14,29%, со стиролом – на 9,87 и 13,19%, а с бензолом – на 7,89 и 10,99% соответственно. Толщина верхнего и нижнего эпидермиса в опыте увеличивается по отношению к контролю в варианте с фенолом на 10,28 и 10,90%, со стиролом – на 8,63 и 9,96%, а с бензолом – на 7,37 и 8,10% соответственно. Утолщение эпидермиса происходит за счет утолщения кутикулы, а не основных эпидермальных клеток, толщина которых изменяется незначительно.

Несмотря на то, что в абсолютных величинах параметры структуры листа опытных растений *Tetrastigma vainierianum* относительно контрольных изменяются с достаточной степенью достоверности, их процентное соотношение в пределах листовой пластинки остается практически постоянным.

Как видно из табл., под влиянием ароматических соединений для вновь образованных листьев *Tetrastigma vainierianum* характерна мелкоклеточность мезофилла в сравнении с контролем. Так, большой (D) и малый (d) диаметры клеток столбчатого мезофилла уменьшаются по отношению к контролю в варианте с фенолом на 13,32 и 13,49%, со стиролом – на 10,39 и 10,35%, а с бензолом – на 8,21 и 8,25% соответственно. Аналогично изменяются данные характеристики и клеток губчатого мезофилла: большой и малый диаметры клеток уменьшаются в варианте с фенолом на 13,26 и 12,96%, со стиролом – на 11,11 и 10,77%, а с бензолом – на 8,67 и 8,13% соответственно относительно контроля.

В опытах с толуолом и ксилолом достоверных изменений в анатомической структуре листьев *Tetrastigma vainierianum* в сравнении с контролем не выявлено, что указывает на их низкую токсичность для данного вида.

Заключение. Проведена оценка степени влияния ароматических соединений на структуру вновь образованных листьев в качестве ответной реакции на них у *Tetrastigma vainierianum*. При воздействии фенола, стирола и бензола у изученного вида обнаруживается

формирование более ксероморфной структуры листа, что выражается в достоверном утолщении листовой пластинки за счет более мощного развития мезофилла и покровных тканей (верхнего и нижнего эпидермиса, кутикулы), мелкоклеточности столбчатого и губчатого мезофилла относительно контрольных растений. В вариантах опыта с толуолом и ксилолом в сравнении с контролем отсутствует достоверность указанных выше различий. Относительно изученного вида высокотоксичными являются фенол, стирол и бензол, наименьшей токсичностью обладают толуол и ксилол.

Таким образом, отмеченные выше изменения в анатомической структуре листа *Tetrastigma vainierianum* следует считать адаптивными и повышающими устойчивость данного вида к воздействию ароматических фитотоксикантов.

Работа поддержана грантом «Наука М» Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Б11М-142 на выполнение НИР по теме «Экологическая устойчивость растений тропической и субтропической флоры в условиях производственных интерьеров предприятий машиностроительной отрасли», № госрегистрации 20114653).

ЛИТЕРАТУРА

1. Казимиров, И.С. Изменение анатомической структуры листьев *Monstera deliciosa* Liebm. под воздействием ароматических фитотоксикантов / И.С. Казимиров, Н.В. Гетко // Наука и практика: проблемы, идеи, инновации: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Чистополь, 24 апр. 2009 г. / Камс. гос. инженер.-экон. акад. (фил. в г. Чистополь); под науч. ред. А.А. Нуруллина. – Чистополь, 2009. – С. 179–181.
2. Казимиров, И.С. Эколого-биологические аспекты устойчивости *Cissus rhombifolia* Vahl к ароматическим соединениям / И.С. Казимиров, Э.А. Марченко // Ученые записки УО «ВГУ им. П.М. Машерова»: сб. науч. ст. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: А.В. Русецкий (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2006. – Т. 5. – С. 241–252.
3. Медведев, В.А. Взаимодействие экзогенных ароматических соединений с клеточной мембраной / В.А. Медведев // Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР: тез. докл. всесоюз. совещ., Звенигород, 14–16 окт. 1984 г. / Гл. ботан. сад Акад. наук СССР; редкол.: Л.Н. Андреев (отв. ред.) [и др.]. – Пушкино, 1984. – С. 117–118.
4. Коршиков, И.И. Фитотоксичность фенольных ингредиентов загрязнения окружающей среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / И.И. Коршиков; Вильнюс. гос. ун-т. – Вильнюс, 1981. – 24 с.
5. Arziani, B. Detoxication mechanism of exogenous monatomic phenols in pea seedlings / B. Arziani, D. Ugrehelidze, G. Kvesitadze // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2002. – Vol. 51, № 2. – P. 85–89.
6. Санитарные правила и нормы при окрасочных работах с применением ручных распылителей: СанПиН № 9-93 РБ 98: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь,

- 31 дек. 1998 г., № 53 // Гигиена труда: сб. норматив. док. / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья; сост. А.В. Ракевич. – Минск, 2009. – Вып. 4. – С. 30–53.
7. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: СанПиН № 11-19-94: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь, 9 марта 1994 г. // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии / Респ. центр гигиены и эпидемиологии, Белорус. науч.-исслед. санитар.-гигиен. ин-т; сост.: Г.Е. Косяченко, А.В. Ракевич, К.С. Ляшенко; под общ. ред. В.Г. Жуковского. – Минск, 1994. – Ч. 2. – С. 3–102.
8. Клейн, Р.М. Методы исследования растений / Р.М. Клейн, Д.Т. Клейн; пер. В.И. Мельгунова. – М.: Колос, 1974. – 527 с.
9. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г.Ф. Лакин. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10. Гетко, Н.В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата / Н.В. Гетко. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.

Поступила в редакцию 30.01.2012. Принята в печать 20.02.2012

Адрес для корреспонденции: 210001, г. Витебск, ул. 11-я Городокская, д. 7/5,
тел.: (+375-29)515-77-14, e-mail: kazimirau@gmail.com – Казимиров И.С.

