

УДК 581.1:574.24

## ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЛЕТАЧИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

*Е.Г. Тюлькова, кандидат биологических наук, доцент,  
8(0232)500356, tut-3@mail.ru  
Белорусский торгово-экономический университет  
потребительской кооперации*

**Ключевые слова:** *ксилол, бутилацетат, клен остролистный  
Acer platanoides L., липа мелколистная Tilia cordata Mill., малоновый  
диальдегид.*

*Представлены результаты оценки возможности использо-  
вания клена остролистного и липы мелколистной с целью индика-  
ции загрязнения атмосферного воздуха летучими органическими  
соединениями. Проведено определение содержания малонового  
диальдегида в листьях растений, обработанных ксилолом и бути-  
лацетатом в экспериментальных условиях, и произрастающих в  
естественных условиях под влиянием этих соединений.*

**Введение.** В последние годы в Беларуси на фоне снижения обще-го объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных и мобиль-ных источников наблюдается рост количества выбросов в атмосферу от стационарных источников с 371,1 тыс. т в 2011 г. до 453,3 тыс. т в 2018 г. [1]. При этом выбросы отдельных промышленных предприятий в значительном количестве содержат летучие органические соединения (алканы, циклоалканы, непредельные и ароматические углеводороды, спирты, сложные эфиры), которые способны оказывать определенное влияние на рост и развитие растительных организмов. Одним из критериев адаптации растений к действию летучих органических соединений может служить интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) как результат соотношения деструктивных окислительных процессов и активности антиоксидантной защиты растений. В настоящее время имеются результаты исследований влияния автотранспортного и промышленного загрязнения [2], тяжелых металлов [3 – 6] на накопление продуктов перекисного окисления липидов в растениях. При этом наличие небольшого количества данных по эффектам влияния ле-

тучих органических токсикантов на показатели ПОЛ растений привлекает интерес к изучению дозовых зависимостей между содержанием малонового диальдегида (МДА) и количеством таких соединений. Кроме того, в настоящее время практически неизученными являются видовые особенности данного параметра у различных представителей древесных растений при росте в условиях воздействия летучих органических загрязнителей. В этой связи целью исследования явилось сравнительное изучение влияния различных доз летучих органических соединений (о-ксилола и бутилацетата) на содержание малонового диальдегида в листьях клена остролистного *Acer platanoides* L. и липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. в задаваемых условиях эксперимента и при произрастании в естественных условиях для дальнейшей индикации загрязнения атмосферного воздуха с использованием растений.

**Материалы и методы исследований.** Выбор клена остролистного *Acer platanoides* L. и липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. в качестве исследуемых объектов обусловлен широкой распространенностью растений в городских условиях. Использование о-ксилола и бутилацетата обусловлено преобладающим количеством этих летучих органических соединений в выбросах отдельных промышленных предприятий города Гомеля (ОАО «Гомельский завод литья и нормалей») по сравнению с другими загрязняющими веществами. Листовые пластинки саженцев подвергали аэрозольной обработке водными растворами углеводородов. В качестве контроля использовали необработанные растения; экспериментальными явились саженцы, обработанные водными растворами исследуемых соединений в следующих концентрациях: 0,0002; 0,01; 0,02; 0,04; 0,06 мкг/мл о-ксилола, 0,0001; 0,005; 0,01; 0,02; 0,03 мкг/мл бутилацетата (бутилового эфира уксусной кислоты).

Активность ПОЛ оценивали по количеству малонового диальдегида в результате цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой через одни трое суток после обработки. Для оценки содержания МДА в растениях из естественных местообитаний проводили отбор листьев в течение вегетационного периода (май – август 2019 г.) с отдельно стоящих деревьев (не менее 3 – 5 в каждой точке), находящихся в примерно сходных климатических условиях произрастания, с высоты 1,5 м. Контрольными условиями явилась часть территории национального парка Припятский, свободная от влияния промышленной деятельности и интенсивного транспорта.

Содержание малонового диальдегида определяли с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-2401 PC («Shimadzu», Япония) в

**Таблица 1 – Содержание малонового диальдегида в листьях саженцев клена остролистного *Acer platanoides* L. и липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. после обработки о-ксилолом**

Концентрация раствора о-ксилола, мкг/мл	Содержание малонового диальдегида, нмоль/мг сырой массы			
	через одни сутки после обработки		через трое суток после обработки	
	клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.
контроль	3,60±0,15	3,88±0,15	3,48±0,11	1,62±0,07
0,0002	2,63±0,11*	3,87±0,14	6,68±0,28*	3,46±0,15*
0,01	3,47±0,12*	4,07±0,15*	7,92±0,35*	3,72±0,12*
0,02	3,68±0,15*	4,58±0,13*	8,80±0,29*	5,75±0,18*
0,04	4,20±0,18*	4,85±0,15*	9,64±0,41*	6,97±0,25*
0,06	5,82±0,19*	5,87±0,19*	10,37±0,48*	7,41±0,18*

максимуме поглощения при длине волны 532 нм и вычисляли как величину оптической плотности ( $\lambda$  532–630 нм), умноженную на коэффициент молярной экстинкции 21,285. Содержание малонового диальдегида выражали в нмоль/мг сырой массы.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты определения содержания МДА в листьях саженцев клена остролистного *Acer platanoides* L. и липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. после обработки летучими органическими соединениями и при произрастании в естественных условиях представлены в таблицах 1 – 3.

В результате исследования характера и закономерностей влияния летучих органических соединений на накопление МДА в листьях саженцев клена остролистного получено, что во всех вариантах опыта отмечалось наличие четкой закономерности роста содержания МДА при увеличении концентрации токсических веществ. Через одни сутки накопление повышенного количества МДА по сравнению с контролем явилось результатом влияния максимальной концентрации о-ксилола, тогда как интенсивность процессов ПОЛ через трое суток эксперимента была наиболее высокой в случае обработки бутилацетатом. У липы мелколистной в отличие от клена остролистного через одни сутки накопление повышенного количества МДА по сравнению с контролем явилось результатом влияния максимальной концентрации бутилацетата,

**Таблица 2 – Содержание малонового диальдегида в листьях саженцев клена остролистного *Acer platanoides* L. и липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. после обработки бутилацетатом**

Концентрация раствора бутилацетата, мкг/мл	Содержание малонового диальдегида, нмоль/мг сырой массы			
	через одни сутки после обработки		через трое суток после обработки	
	клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.
контроль	3,60±0,15	3,88±0,15	3,48±0,11	1,62±0,07
0,0001	2,33±0,11*	4,52±0,18*	6,75±0,29*	3,28±0,10*
0,005	3,09±0,09*	4,82±0,15*	6,94±0,27*	3,80±0,15*
0,01	3,09±0,11*	5,37±0,21*	8,75±0,34*	3,97±0,18*
0,02	3,55±0,15*	5,44±0,22*	9,22±0,41*	5,12±0,21*
0,03	3,89±0,14*	7,22±0,26*	11,83±0,39*	5,31±0,19*

**Таблица 3 – Содержание малонового диальдегида в листьях исследуемых древесных растений (возраст 20 – 30 лет)**

Исследуемые древесные растения	Время отбора проб	Содержание малонового диальдегида, нмоль/мг сырой массы	
		ОАО «ГЗЛиН»	контроль
клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	май	9,98±0,30*	5,65±0,18
	июль	10,63±0,43*	6,75±0,24
	сентябрь	4,33±0,15*	2,94±0,12
липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	май	7,15±0,30*	5,16±0,16
	июль	5,66±0,18*	5,47±0,17
	сентябрь	5,48±0,25*	3,73±0,18

тогда как интенсивность процессов ПОЛ через трое суток эксперимента была наиболее высокой в случае обработки максимальной дозой о-ксилола.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа свидетельствуют о наличии достоверных различий между выборками контрольных и экспериментальных значений содержания МДА в большинстве

вариантов ( $F_{\text{факт.}}(1, 6) = 90,44 \div 313,45$ ;  $F_{\text{критич.}}(1, 6) = 5,99$  при  $p \leq 0,05$  для экспериментальных проб;  $F_{\text{критич.}}(1, 16) = 4,49$  при  $p \leq 0,05$  для проб из естественных условий).

В результате сравнения величин малонового диальдегида в листьях древесных растений из контрольной зоны и рассматриваемых промышленных предприятий получено, что во всех вариантах значения МДА в контроле достоверно ниже. При этом максимальное увеличение содержания МДА по сравнению с контролем у клена остролистного отмечалось в мае, у липы мелколистной – в сентябре (в 1,77 раза и 1,47 раза соответственно). При этом в течение периода вегетации у клена остролистного наблюдалось снижение накопления продуктов ПОЛ, а у липы мелколистной, наоборот, увеличение.

**Заключение.** В результате исследований проведена оценка возможности использования отдельных физиолого-биохимических параметров растений – содержания малонового диальдегида – для оценки загрязнениями атмосферного воздуха летучими органическими соединениями (ксилола и бутилацетатом).

*Библиографический список:*

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. – 200 с.
2. Lipids and proteins – major targets of oxidative modifications in abiotic stressed plants/N.A. Anjum [et. al]//Envir. Sci. Pol. Res. – 2015. – Vol. 22, № 6. – P. 4099–4121.
3. Cadmium causes oxidative stress in mung bean by affecting the antioxidant enzyme system and ascorbate-glutathione cycle metabolism/N.A. Anjum [et. al]// Russ. J. Plant Physiol. – 2011. – Vol. 58, № 1. – P. 92–99.
4. Lead bioaccumulation in *Acacia farnesiana* and its effect on lipid peroxidation and glutathione production/A. Maldonado-Magana [et. al]//Plant Soil. – 2011. – Vol. 339, № 1–2. – P. 377–389.
5. Effect of nickel on membrane integrity, lipid peroxidation and fatty acid composition in wheat seedlings/E. Gajewska [et. al]//J. Agron. Crop Sci. – 2012. – Vol. 198, № 4. – P. 286–294.
6. Савинов, А.Б. Интенсивность перекисного окисления липидов у *Taraxacum officinale* Wigg. и *Vicia cracca* L. в биотопах с разными уровнями загрязнения почв тяжелыми металлами/А.Б. Савинов, Л.Н. Курганова, Ю.И. Шекунов// Экология. – 2007. – № 3. – С. 191–197.

## INDICATION OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS USING WOOD PLANTS

*Tyulkova E.G.*

**Keywords:** *xylol, butylacetate, holly maple *Acer platanoides* L., small-leaved linden *Tilia cordata* Mill., malondialdehyde.*

*The results of evaluating the feasibility of using holly maple and small-leaved linden for the purpose of indicating atmospheric air pollution with volatile organic compounds are presented. The content of malondialdehyde in the leaves of plants treated with xylol and butylacetate under experimental conditions and growing under natural conditions under the influence of these compounds was determined.*