

УДК 634.942:581.135 (477.60)

## ФИТОНЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. ДОНЕЦКА)

© 2013 А.З. Глухов<sup>1</sup>, С.А. Володарец<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донецкий ботанический сад НАН Украины, г. Донецк

<sup>2</sup>Донецкий национальный университет, г. Донецк

Поступила 12.11.2013

Изучена фитонцидная активность листьев восьми видов древесных растений, произрастающих в условиях урбанизированной среды. Установлена сезонная динамика антимикробной активности древесных растений в различных насаждениях г. Донецка.

**Ключевые слова:** фитонцидная активность, древесные растения, урбанизированная среда.

Одним из аспектов санирующей функции древесных растений является бактерицидное действие летучих органических веществ. Более 500 видов деревьев и кустарников выделяют летучие органические вещества, обладающие выраженным бактерицидным и бактериостатическим действием [2, 7, 21, 22].

Донецк является крупным промышленным центром Украины, расположенным в степной зоне юго-востока страны, в верховьях реки Кальмиус, с населением около 970 тыс. человек [6, 8]. Климат умеренно-континентальный, засушливый, с ярко выраженным характером ветров, что свойственно степной зоне. В летние месяцы восточные и юго-восточные ветры приносят суховеи, которые наносят большой вред растениям. На территории города выбросы вредных веществ осуществляют около 170 предприятий угольной, металлургической, машиностроительной и пищевой промышленности. В воздушной среде города содержание некоторых загрязняющих веществ существенно превышает предельно допустимые концентрации (ПДК): фенол – в 2 раза, диоксид азота – 2,8 раза, формальдегид – 4,7 раза [4]. Климатические условия и техногенное загрязнение атмосферы приводят к сухости воздуха. В связи с этим и другими факторами, ограничивающими рост и развитие растений в условиях урбанизированной среды, изменяется морфологическая и анатомическая структура листьев, снижается ассимиляционная активность, наблюдается уменьшение содержания хлорофилла, изменяется строение хлоропластов, кислотность клеточного сока [10, 11].

Фитонцидная активность древесных растений в условиях города изменяется вместе с другими физиологическими показателями растений. Характер и степень выделения летучих фитонцидов деревьями в урбанизированной среде исследова-

лись Р.Я. Исаевой, Р.И. Томчук, А.А. Часовенной и др., которыми было установлено стимулирующее действие загрязняющих веществ на антимикробное действие летучих веществ березы бородавчатой, вяза перистоветвистого, лиственницы сибирской, тополя пирамидального и некоторых других видов [5, 16, 20]. В условиях г. Донецка фрагментарные исследования фитонцидности древесных растений проводились более 40 лет назад [14, 18].

Целью работы было определить фитонцидную активность древесных растений в условиях урбанизированной среды.

Объектом исследования были *Acer negundo* L., *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Populus bolleana* Lauche, *P. × canadensis* Moench, *P. simonii* Carrière, *Syringa vulgaris* L. и *Robinia pseudoacacia* L., произрастающие вдоль одной из основных автомагистралей города, а также в санитарно-защитной зоне металлургического завода г. Донецка (ДМЗ). В качестве зоны условного контроля использовали участки Донецкого ботанического сада НАН Украины, расположенного вне действия источников загрязнения. Основными токсичными веществами, содержащимися в выхлопных газах, образуемых в результате работы двигателей внутреннего сгорания, являются оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, альдегиды и сажа [12]. Токсичные вещества, поступающие при работе металлургического производства, состоят на 78% из диоксида углерода, 15% сернистого ангидрида, 6% диоксида азота, 0,7% углеводорода, включая бенз(а)пирен [4].

Фитонцидную активность древесных растений определяли по методу «опарения» тест-культур грамм-положительных *Bacillus subtilis* ИМВ В-7018 и грамм-отрицательных *Escherichia coli* УКМ В-926 микроорганизмов. В чашках Петри с растительным материалом подсчитывали количество выросших колоний, и относительно контроля определяли степень угнетения тест-культуры [1]. Целые листья (3 г) помещали на крышку, которую сверху накрывали чашкой с посевами, исключая контакт листьев с питательной средой.

Глухов Александр Захарович, чл.-корр. национальной академии наук Украины, доктор биологических наук, профессор, donetsk-sad@mail.ru; Володарец Светлана Александровна, аспирант, svetlana\_masina@mail.ru

Чашки с растительным материалом выдерживали в течении 4-х часов при дневном освещении при комнатной температуре. Затем чашки помещали на сутки в термостат при температуре 37°C, на следующий день подсчитывали количество колоний.

Материалы собирали ежемесячно в солнечную, безветренную погоду в течение вегетационных периодов 2010 – 2012 гг. Для проведения эксперимента отбирали здоровые, неповрежденные листья, без признаков хлороза, по всему периметру кроны (с южной, северной, восточной и западной частей), с нижнего яруса. Листья собирали с 10 деревьев каждого вида для получения средней пробы. Во время отбора проб проводили метеорологические измерения (освещенность, температура и влажность воздуха), а также визуально фенологические наблюдения. Жизнеспособность древесных растений определяли по состоянию кроны и ствола, наличию на нем лишайников, оценивали в баллах по шкале Л.С. Савельевой [13]. Математическую обработку данных проводили методами описательной статистики и дисперсионного двухфакторного анализа, с последующей оценкой различий методом Даннета и Дункана, с помощью пакета Statistica 6.0 и MS Excel [17].

Для исследованных видов древесных растений была установлена сезонная динамика изменения фитонцидной активности (таб.1).

**Таблица 1.** Сезонная фитонцидная активность (%) листьев древесных растений, произрастающих вблизи ДМЗ

Вид	Тест-микрорганизмы					
	<i>Bacillus subtilis</i> ИМБ В-7018			<i>Escherichia coli</i> УКМ В-926		
	весна	лето	осень	весна	лето	осень
	M±m					
<i>Populus bolleana</i> Lauche	74,3±2,28	76,5±1,65	68,6*±2,32	73,5±1,48	78,4±2,45	75,4±1,49
<i>P. × canadensis</i> Moench	71,3±1,34	75,1±1,36	69,4±2,24	70,5±1,52	75,4±1,78	71,8±2,38
<i>P. simonii</i> Carrière	67,8±1,46	65,4±1,29	70,3*±1,54	69,1±1,24	72,1±3,31	70,3±2,41
<i>Acer negundo</i> L.	64,2±2,51	70,1±3,36	52,1±2,33	61,2±1,54	73,5±1,12	74,2**±1,45
<i>A. platanoides</i> L.	65,3±0,89*	83,4±1,34	65,2±1,47	68,7±2,36	85,4±1,36	75,3±1,49
<i>A. pseudoplatanus</i> L.	74,1±0,47	77,2±1,56	78,1±1,46	76,3±3,34	82,1±2,57	85,1±1,36
<i>Syringa vulgaris</i> L.	66,4±1,16	78,3±4,11	45,6±3,78	67,5±2,41	82,3±2,38	55,1±1,38
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	56,4±1,33	65,6±3,36	78,5±2,36	52,3±3,46	66,7±1,54	82,3±3,56

Примечание. M ± m – среднее арифметическое значение и ошибка среднего; различия по сравнению с контролем достоверны при P≥0,95(\*), P≥0,99 (\*\*), P≥0,999 (\*\*\*)

Все изученные виды древесных растений в зависимости от степени фитонцидной активности были разделены на 4 группы: с очень высокой фитонцидной активностью от 81 до 100%, высокой – от 61 до 80%, средней – от 45 до 60% и низкой – от 0 до 44%.

Анализ видовых особенностей выделения ЛОВ листьями изученных растений в различных типах насаждений показал, что в летний период листья *A. platanoides* на всех участках оказывали

В весенний период антимикробные свойства ЛОВ набухших почек были ниже по сравнению с молодыми листьями. В дальнейшем по мере роста листьев фитонцидная активность возрастала, поскольку в целом выделение растениями летучих органических веществ зависит от ростовых процессов и интенсивности фотосинтеза [19]. В период цветения исследуемых древесных растений повышения антимикробной активности отмечено не было. В летний период при достижении нормальных размеров интактные листья проявляли высокое антимикробное действие по отношению к тест-культурам. Пик фитонцидной активности изученных видов наблюдался в летний период (июле или августе) при максимуме солнечной активности. В сентябре наибольшая фитонцидная активность была отмечена у *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus* и *Robinia pseudoacacia*. Для *Populus simonii* установлено два пика фитонцидности – в июле и в начале октября, перед началом расцветания листьев. Для видов с летним типом ФА была выявлена высокая корреляционная связь между фитонцидностью и температурой воздуха в течение вегетационного периода ( $r = 0,86 - 0,67$ ). В результате проведенных фенологических наблюдений для изученных видов древесных растений установлены различия в сроках набухания почек и обособления листьев в зависимости от места произрастания.

наибольшее антимикробное действие на колонии *E. coli*. Вблизи источников загрязнения данный вид проявил очень высокую ФА, в контроле он был отнесен к группе с высокой фитонцидностью (рис. 1).

Как отмечает М.В. Кочергина [9] в условиях Центрального Черноземья России листья *A. platanoides* также характеризуются очень высокой и высокой ФА, что согласуется с нашими данными. *A. pseudoplatanus* на загрязненных участках был

отнесен к группе с высокой ФА. *A. negundo*, *P. simonii*, *P. × canadensis*, *S. vulgaris* L., *R. pseudoacacia* вблизи действия источников загрязнения оказывали высокое действие на тест-культуры.

Степень антимикробной активности растения зависит не только от его видовой принадлежности и фенологической фазы, но также от жизненного состояния растительного организма. У деревьев, произрастающих вблизи ДМЗ и автодороги, наблюдалось начало усыхания верхушечного при-

роста и появление лишайников у основания ствола. Для некоторых представителей было характерно массовое усыхание верхушечного прироста и наличие лишайников на половине ствола. Жизненное состояние таких деревьев было оценено в пять и шесть баллов, соответственно. Следует отметить, что большинство листьев, особенно у *A. platanoides* и *P. bolleana* были поражены хлорозом.

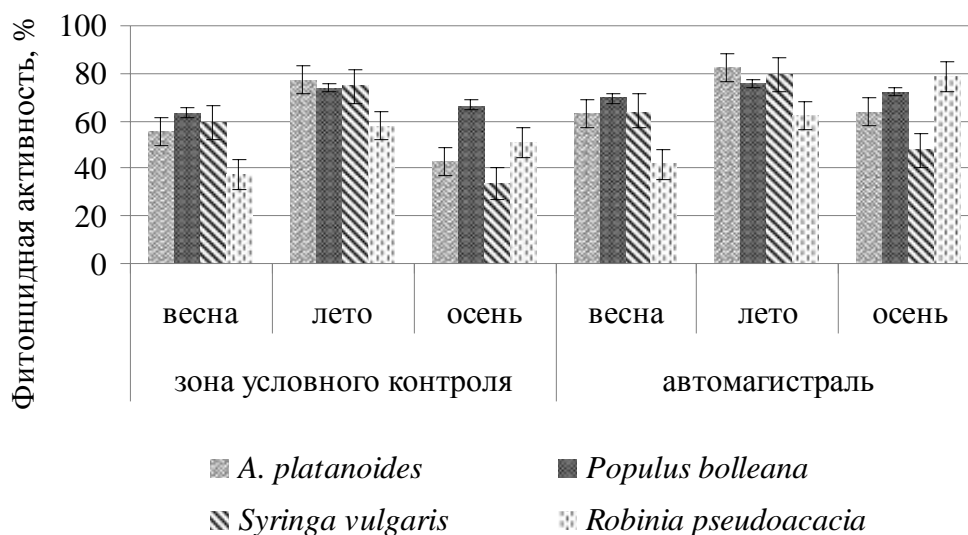


Рис. 1. Фитонцидная активность древесных растений по отношению к *E. coli*

В стрессовых условиях произрастания, при снижении жизненных показателей дерева, активизируются его защитные механизмы. Антимикробные вещества являются одними из факторов иммунитета растений, поэтому у деревьев с ограниченной жизнеспособностью повышается фитонцидная активность. Однако, при массовом усыхании скелетных ветвей и полном усыхании кроны выделение ЛОВ прекращается [9, 15]. Так, ФА *P. bolleana*, произрастающего вблизи ДМЗ, в 2011 г. возросла по сравнению с показателем 2010 г. в 2,1 раза [3]. В следующем году антимикробное действие листьев по отношению к тест-культуре *E. coli* снизилось в 1,5 раза, что указывает на ослабление деревьев.

Дисперсионный двухфакторный анализ показал, что на фитонцидную активность древесных растений достоверное влияние оказывают: сезон (уровень значимости  $P=1,7 \cdot 10^{-5}$ ) и комплекс условий произрастания (уровень значимости  $P=2,7 \cdot 10^{-4}$ ).

ЛОВ листьев исследованных видов неодинаково угнетали рост колоний тест-культур. Для изученных видов выявлена тенденция к большей антимикробной активности по отношению к грамм-отрицательной бактерии *E. coli* по сравнению с *B. subtilis*.

Установлено влияние комплекса условий произрастания в урбанизированной среде на фитонцидную активность древесных растений. Обнаружено достоверное снижение ФА в осенние и весенние месяцы у *Acer platanoides*, *Populus bolleana*, *P. × canadensis* и *Syringa vulgaris*. В условиях техногенного загрязнения, под действием токсичных веществ фитонцидная активность древесных растений возрастала, что связано с физиологическими процессами в организмах растений, происходящими в стрессовых условиях урбанизированной среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Ю.А. Методические рекомендации по изучению летучих веществ растений. Ялта: ГНБС, 1983. 40 с.
2. Акимов Ю.А. и др. Содержание и состав летучих терпеноидов у древесных растений в условиях загрязнения воздушной среды // Сб. науч. тр. гос. науч. ботан. сад. Ялта: 1989. № 109. С. 70–79.
3. Володарець С.О. Динаміка фітонцидної активності деревних рослин протягом вегетаційного періоду в умовах промислового міста // Актуальні проблеми ботаніки та екології / Матер. міжнарод. конф. (Ужгород, 19 – 23 вересня 2012 р.) Ужгород, 2012. С. 87 – 89.
4. Земля тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища у

- Донецькій області у 2008–2009 роках. Під ред. С.В. Трет'якова, Г. Аверіна. Донецьк: Новий світ, 2009. 124 с.
5. *Исаева Р.Я.* и др. Фитонцидная активность растений в условиях техногенной среды // Вісник Луган. ун-ту. 2010. Вып. 15, т. 2. С. 58 – 62.
  6. *Ежель А.И.* Все о Донецке: справочное пособие / А.И. Ежель, А.З. Дидова. Донецк: Донбасс, 2003. 296 с.
  7. Кинтя П.К. Терпеноиды растений / П.К. Кинтя, Ю.М. Фадеев, Ю.А. Акимов. Кишинев: Штиинца, 1990. 150 с.
  8. Головне управління статистики у Донецькій області [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://donetskstat.gov.ua/catalogue/catal.php>.
  9. *Кочергина М.В.* К проблеме использования фитонцидных свойств растений в ландшафтной архитектуре // Ассоциация ландшафтных архитекторов-инженеров России. 8.08.11. URL: <http://www.alairm.ru>.
  10. *Кулагин А.А., Юсупов А.А.* О содержании фотосинтетических пигментов в хвое лиственницы Сукачева (*Larix Sukaczewii* DuRoi.) при развитии в условиях аэротехногенного полиметаллического загрязнения окружающей среды // Изв. Самарского НЦ РАН. 2008. Т. 10, № 2. С. 617–620.
  11. *Неверова О.А., Цандекова О.Л.* Фотосинтетическая способность древесных растений как индикатор суммарного загрязнения атмосферного воздуха городской среды на примере Кемерово // Сибирский экологический журн. 2010. Т. 17, № 2. С. 193–196.
  12. Пути снижения влияния автотранспорта на окружающую среду / Высоцкий С.П., Столярова Н.А., Фаткулина А.В., Широких К.С. // Вісті Автомобільно-дорожного інституту. 2012. № 1 (14). С. 139 – 145.
  13. *Савельева Л.С.* Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. М.: Лесн. промышлен. 1975. 168 с.
  14. *Синельников Р.Г., Мекель В.Н.* Фитонцидная активность древесных пород в условиях городской среды Донбасса // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. Киев, 1979. С. 78 – 86.
  15. *Токин Б.П.* Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. 280 с.
  16. *Томчук Р.И., Спачова А.С., Коновалова В.Н.* Влияние загазованности воздуха на антимикробную активность древесных растений // Проблемы аллелопатии. Киев: Наук. думка, 1976. С. 128–129.
  17. *Халафян А.А.* Statistica 6. Статистический анализ данных М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.
  18. *Хижняк Н.А., Фельдберг К.А.* Фитонцидная активность древесных пород в условиях городской среды Донбасса // Тез. докл. VIII совещ. по проблеме фитонцидов. Киев, 1979. С. 65 – 69.
  19. Фитонциды в эргономике / Гродзинский А.М., Макаруч Н.М., Лещинская Я.С. и др. Киев: Наук. думка, 1986. 188 с.
  20. *Часовенная А.А.* Некоторые показатели физиологического состояния растений и их фитонцидной активности в условиях экологической среды города. Вестник Ленинград. ун-та. 1977. № 15. С. 113–122.
  21. Chemical sensing of plants stress at the ecosystem scale / T. Karl, A. Guenter, A. Turnipsed, E.G. Patton etc. // Biogeosciences 2008. № 5. P. 1287–1294.
  22. *Nowak D.J., Heisler G.M.* Trees in the City: Measuring and Valuing the Urban Forest // Northeastern Research Station USDA Forest Service. 2005. № 3. P. 1–6.

## THE PHYTONCIDE ACTIVITY OF WOODY PLANTS IN THE URBAN ENVIRONMENT (BY EXAMPLE THE CITY OF DONETSK)

© 2013 A.Z. Glukhov<sup>1</sup>, S.A. Volodarets<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Donetsk National University

<sup>2</sup> Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

The phytoncide activity of leaves in eight species of woody plants, growing in urban environment has been studied. The seasonal dynamics has been detected for the antimicrobial activity of woody plants that grow in various plantations of Donetsk.

**Key words:** phytoncide activity, woody plants, urban environment.

---

*Glukhov Alexandr Zacharovich*, the Corresponding member of a National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biology, Professor, Director of Donetsk Botanical Garden, [donetsk-sad@mail.ru](mailto:donetsk-sad@mail.ru); *Volodarets Svetlana*, the postgraduate student of the department of botany and ecology, [svetlana\\_masina@mail.ru](mailto:svetlana_masina@mail.ru)