

С.О. Володарець

ФІТОНЦИДНА АКТИВНІСТЬ У ЗВ'ЯЗКУ З ВМІСТОМ ХЛОРОФІЛІВ У ЛИСТКАХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

деревні рослини, вміст хлорофілів, фітонцидна активність, урбанізоване середовище

Вступ

Для сучасного міста актуальним є не лише проблема загазованості та забруднення середовища шкідливими речовинами, а також підтримання балансу мікрофлори у повітрі [12]. Рослини у процесі життєдіяльності виділяють біологічно активні речовини – фітонциди, які характеризуються бактеріцидною та бактерістатичною дією [9, 11, 13].

Фітонциди, до складу яких входять леткі органічні речовини (ЛОР), є вторинними метаболітами, тому в основному утворюються у процесі фотосинтезу, на мембранах хлоропластів [7]. Сума хлорофілів, їхній вміст та співвідношення тісно пов'язані з продуктивністю фотосинтезу та визнані одним з тестів оцінювання впливу техногенного середовища на рослини [10]. Фітонцидна активність (ФА) та вміст хлорофілів є мінливими ознаками. Вони залежать від виду, віку рослини, кліматичних умов, часу доби та ін. Для кращого розуміння механізму антимікробної дії видів дерев в умовах промислового міста є доцільним їх одночасне вивчення стосовно фітонцидної активності та вмісту зелених пігментів.

Мета та завдання досліджень

Метою роботи було виявити зв'язок та прослідкувати закономірність між фітонцидною активністю деревних рослин та вмістом зелених пігментів у їхніх листках. Були поставлені наступні завдання: визначити фітонцидну активність та вміст хлорофілів *a* та *b* у листках восьми видів деревних рослин в урбанізованому середовищі.

Об'єкти та методика досліджень

Об'єктом дослідження були 8 видів листяних деревних рослин: клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен польовий (*A. campestre* L.), клен американський (*A. negundo* L.), тополя китайська (*Populus simonii* L.), тополя канадська (*P. x canadensis* Moench), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.), бузок звичайний (*Syringa vulgaris* L.), липа звичайна (*Tilia cordata* Mill.). Ці види були обрані для дослідження через їхню придатність до використання в озелененні міста [6]. Моніторинговими точками були ділянки у місті Донецьку: точка I – вздовж автомагістралі, II – парк відпочинку та умовний контроль у відносно чистому місці – с. Тоненьке (Ясинуватський р-н, Донецька обл.). Фітонцидну активність визначали за методом «опарення» посівів культур мікроорганізмів, за ступенем пригнічення тест-об'єктів грам-позитивних бактерій *Bacillus subtilis* IMB В-7018 та грам-негативних *Escherichia coli* УКМ В-926. Кількість колоній, що виростили у контрольних чашках Петрі (без рослинного матеріалу), відповідала 100% росту тест-культур. У чашках з рослинним матеріалом підраховували кількість колоній, що виростили, та відносно контролю визначали ступінь пригнічення тест-культур [8]. Не подрібнені листки розміщували на кришці, яку зверху накривали чашкою з посівами, виключаючи контакт листків з живим середовищем. «Опарення» мікроорганізмів ЛОР листків відбувалось протягом 4-х годин на світлі при кімнатній температурі, після чого чашки розміщували на 24 години у термостат при температурі 37°C [2].

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках досліджених видів визначали на спектрофотометрі ULAB 108UV за загальноприйнятою методикою [5]. Екстракцію пігментів проводили у 96 % етанолі. Вміст хлорофілів *a* та *b* вимірювали за довжиною хвиль (D) 665 та 649 nm.

Концентрацію (С) пігментів визначали за рівняннями Вінтерманс де Мотс [5, 10] :

$$Ca = 13,70 \cdot D_{665} - 5,76 \cdot D_{649} \text{ (мг/л);}$$

$$Cb = 25,80 \cdot D_{649} - 7,60 \cdot D_{665} \text{ (мг/л).}$$

Зразки листків відбирали на початку (в травні) та в середині (в серпні) вегетаційного періоду, з одинадцятої до чотирнадцятої години, у сонячну, безвітряну погоду. Статистичну обробку даних проводили за загальноприйнятими методиками [4].

Результати досліджень та їх обговорення

Антимікробну активність виду вважали дуже високою, якщо середній показник його фітонцидності за вегетаційний період коливався від 81 % до 100 %, високою – від 61 до 80 %, середньою – від 45 до 60 % та низькою – до 44 %.

Дуже висока антимікробна дія була виявлена у листків *A. platanoides*, *P. simonii* та *S. vulgaris* по відношенню до обох тест-культур на усіх моніторингових точках у серпні (табл. 1). У більшості досліджених видів фітонцидна активність навесні та влітку була високою, за виключенням *R. pseudoacacia* та *T. cordata*, у яких у травні на усіх досліджених ділянках спостерігалась середня ФА. Для усіх видів характерний літній тип фітонцидності. ЛОР листків досліджуваних видів неоднаково пригнічували ріст колоній тест-культур. Для досліджених видів виявлено тенденцію до більшої антимікробної активності по відношенню до грам-негативної бактерії *E. coli*, порівняно з *B. subtilis*, за виключенням листків *P. x canadensis* на моніторинговій точці I, ЛОР яких пригнічували ріст колоній *B. subtilis* на 75,5 %, що на 7 % перевищило даний показник по відношенню до *E. coli*.

Висока ФА спостерігалась у дерев, що зростають у більш загазованому середовищі, на моніторинговій точці I, за виключенням *T. cordata*, у якої у липні цей показник по відношенню до *B. subtilis* (77,5 %) та *E. coli* (78,4 %) був максимальним у контролі.

Вміст хлорофілів та їх суми є основними характеристиками пігментних систем [1]. На усіх ділянках, у тому числі і в контролі, вміст хлорофілу *a* перевищував вміст хлорофілу *b* (табл. 2). На частку хлорофілу *a* припадає 50–56 % від загальної маси зелених пігментів на забрудненій ділянці. У контролі та в зоні рекреації відмічено зростання долі хлорофілу *a* протягом вегетаційного періоду. Так, у контролі в *A. campestre* вміст хлорофілу *b* склав 42 % від суми хлорофілів. Виключення мали *A. negundo* та *R. pseudoacacia*, в їхніх листках на моніторинговій точці I вміст хлорофілу *a* перевищував хлорофіл *b*, що може бути пояснено ксерофітизацією листків в умовах урбаносередовища. Хлорофіл *b*, як і каротиноїди, виконує протекторну роль, тому його більший вміст можна пояснити стресовими умовами зростання рослин. У листках рослин, що зростають у парку та в контролі, загальний вміст зелених пігментів більший не лише за рахунок збільшення кількості хлорофілу *a*, а також через збільшення вмісту хлорофілу *b*.

За літературними даними [10], вміст суми хлорофілів у листках коливається від 0,3 до 5 мг/г. У більшості досліджених видів цей показник на дослідних ділянках був у межах норми, за виключенням, *P. simonii*, у якого на моніторинговій точці I у серпні сума хлорофілів склала $7,3 \pm 0,25$ мг/г сирової речовини. Саме на цей період припадає його максимальна фітонцидна активність. У контролі в серпні сума хлорофілів усіх досліджених видів перевищила 5 мг/г, окрім *P. simonii* та *R. pseudoacacia*.

Для усіх досліджених видів характерне збільшення вмісту хлорофілів з травня до серпня. Найбільша сума хлорофілів у травні на моніторинговій точці I спостерігалась у *S. vulgaris* – $2,8 \pm 0,16$ мг/г, ЛОР її листків пригнічували ріст колоній *E. coli* на 64,1 % та на 63,4 % – *B. subtilis*. У літні місяці сума хлорофілів збільшувалась, її максимальний показник відповідав максимуму ФА у більшості досліджених видів. Так, у *A. platanoides* на I моніторинговій точці показник *a + b* у липні склав $5,3 \pm 0,35$ мг/г сирової речовини, а ФА його листків склала 85,3 % та 75,0 % відповідно до тест-культур.

Таблиця 1. Фітонцидна активність деревних рослин в умовах м. Донецька (%)

Вид	Травень						Липень, серпень					
	<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Escherichia coli</i>			<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Escherichia coli</i>		
	моніторингові точки		контроль	моніторингові точки		контроль	моніторингові точки		контроль	моніторингові точки		контроль
	I	II		I	II		I	II		I	II	
	M±m											
<i>Acer platanoides</i> L.	79,6±0,26	76,5±0,38	73,4±0,54	81,2±0,35	78,4±2,25	75,0±3,33	82,4±2,43	81,4±1,36	80,1±1,21	85,3±5,58	83,3±4,31	81,2±3,31
<i>A. campestre</i> L.	71,4±1,59	69,5±2,11	67,3±2,12	73,3±1,51	70,0±1,54	68,4±1,48	75,3±1,56	74,0±2,03	72,7±1,78	78,2±1,22	76,4±1,48	75,4±1,31
<i>A. negundo</i> L.	62,3±0,35	61,3±0,58	59,6±1,28	64,0±0,25	62,2±0,12	59,2±1,42	69,6±1,14	67,3±1,15	65,5±1,67	70,0±0,37	68,1±1,34	63,1±2,45
<i>Populus simonii</i> Carrière	65,8±1,54	63,2±1,48	61,2±1,62	68,3±0,32	66,4±0,26	64,0±0,45	85,3±1,36	84,5±1,29	81,4±4,15	88,1±3,05	86,2±2,31	82,6±0,85
<i>P. x canadensis</i> Moench	68,1±1,67	65,1±1,43	63,3±1,58	66,3±1,56	64,2±1,25	61,2±1,78	75,4±1,32	72,3±1,24	70,5±1,45	68,5±2,07	65,3±1,36	60,1±2,58
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	52,3±0,68	50,2±0,88	46,5±1,33	55,5±1,58	53,4±1,49	52,4±1,64	75,2±2,35	73,3±1,64	71,6±0,98	76,6±0,25	72,2±0,18	70,9±0,36
<i>Syringa vulgaris</i> L.	63,3±1,28	60,5±1,39	59,4±1,07	64,1±1,45	61,2±1,24	59,5±1,75	84,3±2,05	82,5±1,86	80,6±1,77	86,4±1,57	83,2±1,85	81,1±2,14
<i>Tilia cordata</i> Mill.	55,3±1,28	58,2±1,09	63,6±1,40	56,0±1,45	60,2±1,47	65,0±2,35	70,3±1,65	74,3±0,89	77,5±1,58	73,2±1,47	76,3±1,54	78,4±1,65

Примітки. M±m – середнє арифметичне значення ± похибка

Таблиця 2. Динаміка вмісту зелених пігментів у листках видів деревних рослин в умовах м. Донецька (мг/г сирої речовини)

Вид	Травень						Серпень											
	моніторингові точки			контроль			моніторингові точки			контроль								
	I		II	I		II	I		II	I		II						
	Aa	Ab	a+b	Aa	Ab	a+b	Aa	Ab	a+b	Aa	Ab	a+b						
	M±m																	
<i>Acer platanoides</i> L.	1,2±0,16	0,2±0,05	1,4±0,11	0,8±0,04	0,5±0,06	1,3±0,09	1,7±0,35	1,5±0,24	3,2±0,33	2,1±0,15	1,3±0,33	3,4±0,13	2,4±0,27	1,9±0,15	4,3±0,12	3,8±0,26	2,4±0,12	5,2±0,35
<i>A. campestre</i> L.	1,3±0,10	1,4±0,34	2,7±0,25	0,9±0,08	0,6±0,11	1,5±0,12	2,3±0,12	1,48±0,15	2,2±0,41	1,6±0,25	3,8±0,12	3,2±0,26	2,2±0,18	5,4±0,42	4,3±0,29	2,1±0,32	6,4±0,31	
<i>A. negundo</i> L.	0,9±0,24	0,4±0,17	1,3±0,26	0,5±0,17	0,5±0,03	1,0±0,16	0,8±0,03	1,2±0,32	2,0±0,29	1,9±0,11	0,8±0,19	2,7±0,10	2,5±0,21	2,3±0,16	4,8±0,26	4,1±0,15	2,2±0,19	6,3±0,37
<i>Populus simonii</i> Carrière	1,2±0,04	1,1±0,39	2,3±0,37	1,2±0,17	0,2±0,05	1,4±0,09	3,8±0,45	1,6±0,25	5,4±0,35	4,7±0,20	2,6±0,05	7,3±0,25	2,1±0,38	1,0±0,21	3,1±0,41	2,3±0,48	1,7±0,12	4,0±0,32
<i>Populus x canadensis</i> Moench	1,1±0,11	0,8±0,38	1,9±0,27	0,7±0,21	0,2±0,04	0,9±0,06	1,5±0,32	1,5±0,21	3,0±0,02	3,1±0,35	1,8±0,23	4,9±0,42	4,8±0,46	1,4±0,32	6,2±0,11	5,1±0,37	2,3±0,26	7,4±0,16
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	1,3±0,42	1,1±0,01	2,4±0,41	1,4±0,18	0,3±0,05	1,7±0,15	0,8±0,03	1,0±0,14	1,8±0,13	1,8±0,20	1,0±0,52	2,8±0,90	2,3±0,23	1,1±0,31	3,4±0,65	3,1±0,45	1,1±0,24	4,2±0,35
<i>Syringa vulgaris</i> L.	1,5±0,08	1,3±0,04	2,8±0,16	1,2±0,25	0,3±0,06	1,5±0,03	0,8±0,03	1,3±0,24	2,1±0,21	2,8±0,12	1,4±0,07	4,2±0,05	2,5±0,47	2,1±0,36	4,6±0,24	4,1±0,51	1,3±0,30	5,4±0,12
<i>Tilia cordata</i> Mill.	1,6±0,11	0,3±0,08	1,9±0,23	1,3±0,33	0,4±0,09	1,7±0,10	2,1±0,35	1,9±0,55	4,0±0,21	1,3±0,06	1,1±0,05	2,4±0,24	4,6±0,29	2,3±0,18	6,7±0,13	3,6±0,24	2,2±0,14	5,8±0,27

Примітки. Aa – вміст пігмента хлорофілу a в рослинному матеріалі, Ab – вміст пігмента хлорофілу b, a+b – вміст суми хлорофілів; M±m – середнє арифметичне значення ± похибка

Співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* (*a/b*) в нормально розвинутому фотосинтетичному апараті складає 2,5–3 [10]. Навесні цей показник був нижчим за норму на усіх ділянках, влітку відбувається його збільшення, що можна пояснити ростом листків та формуванням фотосинтетичного апарату. На моніторинговій точці I влітку показник *a/b* був нижчим за норму у всіх видів, окрім *T. cordata*.

За отриманими результатами дослідження встановлено залежність між вмістом зелених пігментів у листках деревних рослин та їхньою фітонцидною активністю. Зі зростанням суми хлорофілів антимікробна дія ЛОР листків досліджених видів деревних рослин збільшувалась. Як відмічає М.В. Колесниченко [3], виділення деревами ЛОР тісно взаємопов'язане з фотосинтетичним процесом. Отже, пік фітонцидної активності деревних рослин збігається з максимумом суми хлорофілів. Для загазованого середовища відмічено менший вміст хлорофілу *b*, ніж в контролі, та зростання фітонцидної дії листків. Підвищення антимікробної активності ЛОР листків при зниженні вмісту хлорофілу *b* підтверджує значну роль ФА у процесах саморегуляції рослинного організму.

Висновки

Дуже висока фітонцидна активність була виявлена у *Acer platanoides*, *Populus simonii* та *Syringa vulgaris* у серпні. Встановлено специфічність антимікробної дії деревних рослин по відношенню до *Bacillus subtilis* та *Escherichia coli*. На забрудненій ділянці вздовж автомагістралі спостерігалось зниження суми хлорофілів порівняно з контролем та зростання фітонцидної активності. Концентрація та вміст пігментів, як і фітонцидна активність летких речовин листків досліджуваних видів зростала з початку до середини вегетаційного періоду. Вміст хлорофілу *a* на I дослідній ділянці у всіх досліджених рослин, за виключенням *Tilia cordata*, був вищим за вміст хлорофілу *b*. Для більшості видів характерна висока антимікробна активність протягом досліджуваного періоду, за виключенням *Robinia pseudoacacia* та *Tilia cordata*.

1. Алиев Д.А. Физиологическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Джалал Алирза оглы Алиев. – Баку: Элм, 1974. – 335 с.
2. Киселева Т.И. Биологические особенности и антимикробные свойства видов рода *Spiraea* L. в Новосибирске / Т.И. Киселева, Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цыбуля // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 44–1. – С. 65–72.
3. Колесниченко М.В. Биохимические взаимовлияния древесных растений. / Михаил Васильевич Колесниченко. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 184 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия / Георгий Филиппович Лакин. – М.: Высш. школа., 1990. – 325 с.
5. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. – К.: – Фітосоціоцентр. – 2001. – 200 с.
6. Поляков А.К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / Алексей Константинович Поляков. – Донецк: Ноулидж, 2009. – 268 с.
7. Рощина В.Д. Выделительная функция высших растений / В.Д. Рощина, В.В. Рощина. – М.: Наука, 1989. – 214 с.
8. Слепых В.В. Фитонцидная активность *Pinus kochiana* и факторы окружающей среды / В.В. Слепых // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2005. – №2. – С. 95–103.
9. Чиндяева Л.Н. Сезонная динамика антимикробной активности древесных растений в Сибири / Л.Н. Чиндяева, Н.В. Цыбуля, Т.И. Киселева // Дендрология, цветоводство и садово-парковое строительство: Матер. междунар. конф. (Ялта, 5–8 июня 2012 г.). – Ялта, 2012. – С. 145.
10. Шлык А.А. Биохимические методы в физиологии растений / Александр Аркадьевич Шлык. – М.: Наука, 1975. – 210 с.
11. Li D.W. Volatile organic compound emissions from urban trees in Shenyang, China / D.W. Li, Y. Shi, X.Y. HE, W. Chen [et al.] // Botanical studies. – 2008. – № 49. – P. 67–72.
12. Nowak D.J. The effects of urban trees on air quality / D.J. Nowak // USDA Forest Service. – 2002. – P. 96–102.
13. Isoprene in poplar emissions: effects on new particle formation and OH concentrations / A. Kiendler-Scharr, S. Andres, M. Bachner, K. Behnke et al. // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2012. – № 12. – P. 1021–1030.

УДК 634.942:581.132.1:581.135(477.60)

ФІТОНЦИДНА АКТИВНІСТЬ У ЗВ'ЯЗКУ З ВМІСТОМ ХЛОРОФІЛІВ
У ЛИСТКАХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

С.О. Володарець

Донецький національний університет

Проведено вивчення антимікробної активності та вмісту хлорофілів 8 видів деревних рослин, що зростають на ділянках з різним ступенем забруднення повітря у м. Донецьку. Встановлено залежність фітонцидної активності від співвідношення та суми зелених пігментів деревних рослин. Відмічено вплив техногенного середовища на фітонцидну активність та вміст хлорофілів досліджених видів дерев.

UDC 634.942:581.132.1:581.135(477.60)

PHYTONCIDE ACTIVITY IN CONNECTION WITH THE CHLOROPHYLL CONTENT
IN WOODY PLANT LEAVES IN THE URBAN ENVIRONMENT

S.O. Volodarez

Donetsk National University

The study of the antimicrobial activity and chlorophyll content in 8 species of woody plants, growing in the areas with different degrees of air pollution in the city of Donetsk, has been conducted. The dependence of phytoncide activity from the correlation and sum of woody plants chlorophylls has been detected. It should be noted that anthropogenic environment has an influence on the phytoncide activity and chlorophyll content in the investigated tree species.