

ЕКОЛОГІЯ ФІТОСФЕРИ

УДК 632.53:58.072 (477)

І. О. Рибалка, Ю. І. Вергелес
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОМЕЛИ БІЛОЇ (*VISCUM ALBUM L.*) НА ПРИРІСТ БІОМАСИ ДЕРЕВ (НА ПРИКЛАДІ ТОПОЛІ КАНАДСЬКОЇ, *POPULUS DELTOIDES MOENCH.*)

Зелені насадження в умовах міст створюють сприятливі умови для проживання людини. Вони виконують регулюючі, продукційні і соціально-культурні функції. В той же час у містах формуються численні несприятливі фактори, які здатні негативно впливати на життєвість дерев, одним із яких є інвазія омели білої (*Viscum album L.*). Подано результати дослідження впливу омели на приріст біомаси дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoids Moench.*). Дослідження проведено в південно-східній частині м. Харків (Україна). Для встановлення кількості кущів омели в кожній окремій дискретній групі популяції застосовували оригінальну методику бальної оцінки чисельності: для кількості кущів від 1 до 5 індекс чисельності становив "1"; для 6–10 – "2"; 11–20 – "3"; 21–40 – "4" і т. д. Для перевірки гіпотези щодо нормальності розподілу спостережень у досліджуваних вибірках застосовано критерії Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса) та Шапіро-Уїлка тощо. Гіпотезу про наявність впливу омели білої на приріст біомаси дерев перевірено із застосуванням t-критерію Стюдента. Встановлено, що рослина-напівпаразит може спричинювати скорочення асиміляційного апарату дерев-живителів більш ніж на 20 %.

Ключові слова: насадження, омела біла, тополя канадська, скорочення біомаси.

Urban tree stands provide for key ecosystem services – productive, regulative and cultural. At the same time, they are negatively influenced by certain factors of anthropogenic (emissions from industries and traffic, application of de-icing salts) and biotic (infestation by the mistletoe species) origin. The White Mistletoe (*Viscum album L.*) is an evergreen hemiparasitic dwarf shrub with persistent haustoria. A dwarf's diameter may reach up to 90 (120) cm, and the lifespan – over 45 years. A number of fruit-eating birds such as the Waxwing and the Mistle Thrush disperse this dwarf shrub. Mistletoe "seeds" survive the passage through the digestive tract of birds unharmed and are released with the faeces. Modern distribution range of the White Mistletoe in Europe extends from 10° W to 80° E and from about 35° S to 60° N. The limiting factor for the northern and eastern distribution of mistletoe is mean annual temperature. The Mistletoe is known to cause deterioration of tree health (i.e. trees infested by the White Mistletoe show increased defoliation and dieback, reduced growth and productivity) as well as aesthetic appearance. The aim of the study was to investigate the effects of the White Mistletoe's (*Viscum album L.*) infestation on the Cottonwood's (*Populus deltoids Moench.*) leaf area and biomass. Field survey was carried out in the city of Kharkiv, NE Ukraine. We measured total leaf area (cm²) and live biomass (g) of a sample of 25 randomly picked leaves from 20 annual branches infested by the Mistletoe and from 20 annual branches free of Mistletoe's infestation collected from mature model Cottonwood trees in the roadside stands. The hypothesis of normal distribution of variables was tested with the Kolmogorov-Smirnov test (with the Lillefors' correction) and the Shapiro-Wilk test etc. Hypothesis on the Mistletoe's influence on the amount of Cottonwood's photosynthetic tissues was tested with the Student's t-criterion. Our results have shown that the White Mistletoe's infestation may decrease the amount of assimilative tissues at the urban Cottonwood trees by ca. 20 %.

Key words: tree stands, the White Mistletoe, Cottonwood, live biomass decrease.

Постановка проблеми. Зелені насадження в умовах міст створюють сприятливі умови для проживання людини [4], зокрема:

- охолоджують міський «острів тепла» за рахунок збільшення альbedo поверхні й транспірації;
- стабілізують вітровий режим, «розвантажують» повітряні маси;
- збільшують відносну вологість повітря і «згладжують» її добові і сезонні коливання;
- виділяють в атмосферу кисень;
- збільшують в атмосфері концентрації негативно заряджених іонів, що покращує здоров'я людини;
- виділяють біологічно активні речовини, які пригнічують розвиток патогенних агентів в атмосфері;
- поглинають пил і гази, що забруднюють атмосферне повітря;
- знижують рівень шуму шляхом поглинання енергії механічних коливань, які його спричиняють;
- затримують частину опадів і зменшують поверхневий стік;
- поліпшують структуру, збільшують проникність і, в ряді випадків, родючість ґрунтів;
- затримують сніговий покрив і талі води;
- закріплюють сипучі ґрунти, знижують рівень ерозії;
- поліпшують візуальні властивості урбанізованих ландшафтів тощо [11].

Водночас у містах формуються численні несприятливі фактори, які здатні негативно впливати на життєвість дерев. Так, у публікації Ф. М. Левона окреслено [6] основні чинники, які впливають на стійкість насаджень у населених пунктах України, при цьому на третьому місці після впливу автотранспорту (отруєє міське повітря шкідливими для дерев сполуками, ущільнює і забруднює ґрунт під деревами і наносить їм механічні пошкодження, особливо при паркуванні на вулицях) і хлористих солей (використовуються для прискорення танення снігу й льоду у зимовий період) зазначено надмірне розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.).

Омела біла – це вічнозелений кулястий напівпаразитний «кущ» родини Ремнецевітих. Воду і мінеральні речовини вона отримує від дерева-живителя, на якому оселяється, а органічні речовини синтезує самостійно. Природний ареал поширення омели білої, австрійської та ялицевої в Європі простягається від 10° зх. д. до 80° сх. д. і від 60° пн. ш. до 35° пд. ш. Лімітуючим чинником, який обмежує розповсюдження омели у північному та східному напрямках, є середньомісячна температура січня [9].

Вважається, що омела спричиняє суттєве зниження енергії росту, втрату декоративності та врожайності деревних культур, а також є причиною зниження довговічності насаджень: призводить до часткової або суцільної суховерхості та поступового усихання дерев [7, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. А. Ріглінг та ін. зазначають [16], що ступінь усихання сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в сухих внутрішніх долинах європейських Альп залежить від ступеня зрідження крон і зараженості омелою австрійською (*Viscum album* ssp. *austriacum*). При однаковому рівні зрідження крон імовірність відмирання дерев із високим та середнім ступенем зараження омелою була у 2–4 рази вищою, ніж у здорових або мало заражених омелою дерев. Усихання дерев унаслідок втрати листя та нестачі води відбувалося в результаті спільного впливу посухи і зараження омелою.

Так, дослідження, проведені в США, ґрунтовно свідчать, що омела карликова (*Arceuthobium douglasii* Engelm.) спричинює деградацію крони у дугласії (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) через скорочення приросту фотосинтезуючих тканин приблизно в два рази [17]. Аналогічні результати з місцевим видом омели (*Peridermium bethelii* Hedgc. & Long), який паразитує на хвойних (*Pinus* spp.), було отримано Ф. Г. Хоксуортом та

ін. [15]. Швейцарські дослідники, які визначали вплив омели (*Viscum album ssp. austriacum*) на сосну звичайну (*Pinus sylvestris L.*), встановили, що маса шпильок на інфікованих омелою гілках в порівнянні з контролем (гілки подібного діаметра) може зменшуватися аж на 77 % [16]. За даними британських дослідників Х. Дейл і М. С. Преса [13] інфіковані омелою (*Orobancha minor Sm.*) дерева накопичували також значно менше біомаси у порівнянні із здоровими. Отже, численні дослідження, свідчать, що різні види омели спричиняють суттєве скорочення приросту фотосинтезуючих тканин у хвойних видів. Дослідження впливу омели білої на асиміляційний апарат листяних видів деревних рослин (тополя, клен тощо) не проводили. Можна припустити, що її вплив буде аналогічним, але цю гіпотезу необхідно перевірити.

Відомо, що найбільш уразливими до впливу омели є великорозмірні деревні рослини [14, 18], особливо тополі [2, 10]. Так, тополя канадська (*Populus deltoides Moench.*) представляє велику цінність для зеленого будівництва завдяки стійкості до міських умов, швидкому зростанню, великим розмірам, декоративності (дерево має темно-зелене листя, яке зберігається до глибокої осені), але наразі потерпає від впливу омели. Тому вивчення впливу омели білої на приріст листової маси тополі канадської є актуальним на цей час.

Мета даного дослідження – виявлення впливу омели білої (*Viscum album L.*) на асиміляційний апарат листопадних видів дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides Moench.*).

Виклад основного матеріалу. Дослідження проведено на території м. Харків. За ландшафтним районуванням вона відноситься до Харківської схилово-височинної області Середньоруської лісостепової провінції Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни і розташована на південному заході Середньо-Руської височини. Клімат помірний, із середньорічною кількістю опадів 500–570 мм і середніми температурами січня – -8°C , липня – понад 20°C . Основні генетичні типи ґрунтів – чорноземи (які утворилися на лесах різного механічного складу) і сірі опідзолені лісові ґрунти, які на території міста зазнали істотної антропогенної трансформації [11].

Ділянка, на якій проводили дослідження (липень 2017 року), знаходилася в південно-східній частині м. Харків у районі ХТЗ (Харківський тракторний завод). Саме тут ще декілька років тому спостерігалася найвища щільність популяції омели [1]. Модельні дерева ($N = 3$) було відібрано у середньовікових насадженнях, які зростали в придорожній смузі. Вони займали перший ярус у полозі, мали приблизно однакову висоту та досить схожі характеристики стану крони.

Ступінь ураження деревних рослин омелою білою визначали з використанням бальної шкали, запропонованої Ю. І. Вергелесом та І. О. Рибалкою: для кількості кущів омели від 1 до 5 індекс чисельності становить «1»; для 6–10 – «2»; 11–20 – «3»; 21–40 – «4» [9]. Клас санітарного стану досліджуваних дерев визначали за семибальною шкалою А. Д. Маслова [3]. З кожного модельного дерева із периферійної частини крони зрізали по 4–5 пар гілок інфікованих омелою і здорових (контроль).

Вплив омели білої на фотосинтезуючі тканини оцінювали шляхом вимірювання зеленої біомаси і площі листя. Для цього з кожної досліджуваної гілки (всього було відібрано 10 пар гілок) із річного пагону відбирали випадково по 25 листків. Для визначення зеленої біомаси відібраного матеріалу використовували портативні електронні лабораторні ваги. Далі листя було відскановане сканером (Samsung SCX-4220; 600 dpi). Для визначення площ листових пластинок ($N = 500$) було застосовано програмне забезпечення *ImagJ 8* [12]. Результати такого вимірювання досить точні у порівнянні з традиційними методами, так як площа листя оцінювалася з урахуванням нерівностей краю листової пластинки, рис. 1.

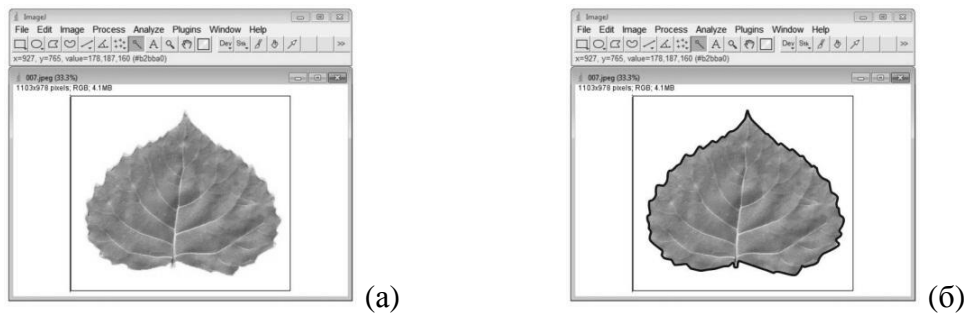


Рис. 1. Приклад визначення площі листової пластинки методом сканування з застосуванням програмного забезпечення *ImageJ 8*: (а – вихідне зображення листка; б – результати визначення його контурів (на основі довжини)

Отримані дані були проаналізовані статистично. Для перевірки гіпотези щодо нормальності розподілу спостережень у досліджуваних вибірках було застосовано критерії Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса), Шапіро-Уїлка (програмний пакет *Statistica 10.0*), а також визначено відношення розмаху мінливості в кожному досліджуваному варіаційному ряді до його стандартного відхилення за формулою:

$$C = \left| \frac{P}{\sigma} \right|, \quad (1)$$

де P – розмах коливань, тобто значення, отримане шляхом віднімання мінімального спостереження із максимального; σ – стандартне відхилення ряду (розраховано засобами програми *MS Excel 2013*).

Гіпотеза щодо нормальності розподілу приймається як робоча, якщо тест Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса) має рівень значущості $p \geq 0,2$, тест Шапіро-Уїлка – $p \geq 0,5$ та якщо величина C знаходиться в межах довірчих інтервалів, які вказано у відповідних джерелах [8].

Після перевірки вихідних даних на нормальність із застосуванням трьох тестів, робочу гіпотезу було перевірено із застосуванням параметричного t-критерію Стьюдента [5].

Досліджувані деревні рослини мали 6-й ступінь ураження омелою, клас санітарного стану за А.Д. Масловим – 3 (дерево суховершинне: видимі пошкодження (всихання) до 1/3 крони, всихання верхівки). Основні статистики, розраховані за даними вимірювань і результати перевірки вихідних даних на достовірність, представлено в табл. 1 (перша вибірка – це дані, які зібрано для здорових гілок, друга – для інфікованих).

Таблиця 1

Результати статистичного аналізу зібраних даних

Ознака	№ вибірки	Об'єм вибірки	Середнє, похибка	Min	Max	Стандартне відхилення	Достовірність середніх	
							$t_{\text{факт.}}$	$t_{0,001}$
Маса листя, г	1	10	18,00±1,26	12,00	26,00	4,00	14,23*	4,78
	2	10	13,60±1,11	8,00	20,00	3,50	12,28*	
Середня площа листової пластинки, см ²	1	10	26,47±2,17	18,33	42,02	6,87	12,17*	
	2	10	20,26±1,58	13,66	30,61	4,99	12,83*	

Результати визначення рівнів значущості для критеріїв Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса) та Шапіро-Уїлка, а також розрахунку величини C за формулою (1) наведено у табл. 2.

За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у досліджуваних вибірках було стверджено.

Таблиця 2

Оцінка нормальності розподілу спостережень у досліджуваних вибірках

Ознака	№ вибірки	Тест Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса)	Тест Шапіро-Уїлка	C	Тест на нормальність
Маса листя, г	1	$p < 0,20^*$	$p = 0,80285^*$	$3,50^*$	позитивний
	2	$p < 0,20^*$	$p = 0,56036^*$	$3,43^*$	позитивний
Середня площа листової пластинки, см ²	1	$p < 0,20^*$	$p = 0,13427$	$3,45^*$	позитивний
	2	$p < 0,20^*$	$p = 0,55055^*$	$3,39^*$	негативний

Примітки: * – робоча гіпотеза щодо нормальності розподілу приймається.

Аналіз зібраних даних дозволив встановити, що омела біла спричинює скорочення приросту фотосинтезуючих тканин більш ніж на 20 % у порівнянні з контролем. Отже, рослина-напівпаразит зменшує наявність асимілятів не тільки шляхом їх безпосереднього вилучення з соку ксилеми дерев-живителів, про що зазначалося вище, але також опосередковано через скорочення площі листя. Різниця між ураженими та здоровими деревами є статистично достовірною (табл. 3).

Таблиця 3

Результати визначення достовірності різниці між середніми

Ознака	Об'єм димірної вибірки	Помилка різниці між середніми, s_{dp}	Достовірність різниці між середніми	
			$t_{факт.}$	$t_{0,05}$
Маса листя, г	20	1,68	$2,62^*$	2,10
Середня площа листової пластинки, см ²	20	2,69	$2,31^*$	

Отримані нами результати узгоджуються з результатами, отриманими дослідниками із США, Швейцарії та Великобританії [13, 15–17]. У публікації [18] зазначено, що омелі притаманний вищий показник транспірації, ніж її деревам-живителям, підтриманню якого сприяє додатковий механізм відкриття продихів. Як можливий результат, зменшується фіксація карбону (вуглецю), а отже – і площа фотосинтезуючих тканин. Враховуючи, що в першу чергу омела оселяється на скелетних гілках, для вражених нею дерев буде характерною нестача поживних речовин у верхівці крони, що проявиться не лише через зменшення маси листків, але і через атрофію гілок: вода та мінеральні речовини, які транспортуються від коренів до місця інфікування, поглинаються омелою. Локальне порушення балансу надходження та витрат поживних речовин окремої гілки може спричинити її відмирання. Порушення перебігу фізіологічних процесів у дереві, яке дуже сильно вражене омелою, може стати причиною його повної загибелі.

Разом із тим, швейцарські дослідники встановили, що загальна фотосинтетична активність у інфікованих омелою гілок сосни звичайної не була суттєво нижчою ніж у здорових, оскільки шпилькова маса на неінфікованих омелою гілках майже дорівнювала шпильковій масі на інфікованих разом із кущами омели [16]. Тобто можна припустити, що асиміляційний апарат рослини-напівпаразита може компенсувати внесок втраченого деревом-живителем листя, зокрема у санацію повітря від шкідливих домішок, але для кількісної оцінки такого ефекту потрібно проводити додаткові дослідження.

Висновки та перспективи досліджень. За результатами дослідження на рівні значущості $p = 0,05$ встановлено, що омела біла спричинює скорочення приросту фотосинтезуючих тканин у дерев-живителів. Це означає, що вони не можуть повною мірою виконувати всі свої екосистемні функції, що може мати негативні наслідки для довкілля (а відтак, і здоров'я населення). З іншого боку, омела біла також виконує ряд важливих екосистемних функцій, а тому розглядати її як виключно шкідливу рослину в умовах міст не варто.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення впливу омели білої та її дерев-живителів на стан атмосферного повітря урбоєкосистем.

Подяки. Автори висловлюють подяку доц. Ю. Л. Коваленку та І. П. Кримському за безцінну допомогу в організації даного дослідження.

Література

- 1 Бараннік В. О., Вергелес Ю. І., Рибалка І. О. Матрична модель прогнозу динаміки популяції омели білої у міському ландшафті // Наук.-техн. зб. Коммунальное хозяйство городов. Сер. «Технічні науки й архітектура». 2010. № 93. URL: http://eprints.kname.edu.ua/17110/1/392-396_%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%96%D0%BA_%D0%92%D0%9E.pdf (дата звернення: 13.11.2017).
- 2 Василенко І. Д., Філіпова Л. М., Фучило Я. Д. Боротьба з омелою на деревах тополі у зеленій зоні Білої Церкви // Науковий вісник НЛТУ України. 2013. № 23/12. URL: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2013/23_12/31_Was.pdf (дата звернення: 13.11.2017).
- 3 Вергелес Ю.І. Фенологія деревних рослин восени в умовах урбанізованого довкілля: методичні вказівки. Харків, 2011. 24 с.
- 4 Капелюш Н. В. Вплив аерогенного забруднення на показники асиміляційного апарату деревних рослин міста Запоріжжя. URL: <http://web.znu.edu.ua/herald/issues/2012/bio-3-2012/111-115.pdf> (дата звернення: 13.11.2017).
- 5 Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей ВУЗов. Москва, 1990. 352 с.
- 6 Левон Ф. М. Створення зелених насаджень в умовах урбанізованого середовища: вимоги, лімітуючі чинники, шляхи оптимізації // Науковий вісник Державного лісотехнічного університету України. 2003. № 13/5. URL: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2003/13_5/157_Lewon_13_5.pdf (дата звернення: 13.11.2017).
- 7 Миняева О. Распространение омелы и борьба с ней (США). Москва, 1975. 34 с.
- 8 Никитин А. Я., Сосунова И. А. Анализ и прогноз временных рядов в экологических наблюдениях и экспериментах. Иркутск, 2003. 88 с.
- 9 Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) в Лісостеповій зоні України // Науковий вісник НЛТУ України. 2012. № 22/15. URL: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2012/22_15/57_Ryb.pdf (дата звернення: 13.11.2017).
- 10 Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Ураження насаджень омелою білою (*Viscum album* L.) як проблема екологічної безпеки в садово-парковому господарстві населених пунктів України // Наук.-техн. зб. Харківського Коммунальное хозяйство городов. Сер. «Технічні науки й архітектура». Харків, 2017. № 134. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/kgm_tech_2017_134_24.pdf (дата звернення: 13.11.2017).
- 11 Стольберг Ф. В. Экология города: учебник. Киев, 2000. 88 с.
- 12 Abramoff, M.D., Ram, S.J. (2004), "Image Processing with ImaJ", Biophotonics International, vol. 11, no. 7, pp. 36-42.
- 13 Dale, H., Press, M.C. (1998), "Elevated atmospheric CO2 influences the interaction between the parasitic angiosperm *Orobanche minor* and its host *Trifolium repens*", *New Phytologist*, vol. 140, no. 1, pp. 65-73.
- 14 Donohue, K. (1995), "The Spatial Demography of Mistletoe Parasitism on a Yemeni Acacia", *International Journal of Plant Sciences*, vol. 156, no. 6, pp. 816-823.
- 15 Hawksworth, F.G., Dixon, C.S., Krebill, R.G. (1983), "Peridermium bethelii – a rust associated with Lodgepole Pine Dwarf Mistletoe", *Plant Diseases*, vol. 67, pp. 729-733.
- 16 Rigling, A., Eilmann, Br., Koechli, R., Dobbertin, M. (2010), "Mistletoe-induced crown degradation in Scots Pine in a xeric environment", *Tree Physiology*, vol. 30, pp.845-852.
- 17 Smith, L., Mathiasen, R., Hofstetter, R. (2011), "Biomass of Witches' Brooms Caused by Douglas-Fir Dwarf Mistletoe in Northern Arizona", *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, vol 43, no. 1, pp 40-47.
- 18 Zuber, D. (2004), "Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L.", *Flora*, vol. 199, pp. 181-203.

© І. О. Рибалка,
Ю. І. Вергелес

*Надійшла до редакції 15 листопада 2017 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*