

УДК 504.064.3:574

**І. А. ЧЕМЕРИС**, канд. біол. наук, доц., **Н. В. ЗАГОРУЙКО**, канд. біол. наук, доц.  
*Черкаський державний технологічний університет*

**С. М. КОНЯКІН**

*Одеський державний екологічний університет*  
м. Одеса, вул. Львівська, 15  
[nature19@mail.ru](mailto:nature19@mail.ru)

## **ФІТОМОНІТОРИНГ ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТУ В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

Проаналізовано фітоіндикаційні можливості кульбаби лікарської, а саме, такі фізіологічні показники як вміст аскорбінової кислоти та концентрація хлорофілу. Зроблено висновки про інформативність цих показників та можливості їх використання у фітомоніторингу середовища урбоєкосистеми.

**Ключові слова:** міське середовище, аскорбінова кислота, хлорофіл, фітомоніторинг, автотранспорт

### **Чемерис И. А., Загоруйко Н. В., Конякин С. М. ФИТОМОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Проанализированы фитоиндикационные возможности одуванчика лекарственного, а именно, такие показатели как содержание аскорбиновой кислоты и концентрация хлорофилла. Сделаны выводы про информативность этих показателей и возможности их использования в фитомониторинге среды урбоэко-системы.

**Ключевые слова:** городская среда, аскорбиновая кислота, хлорофил, фитомониторинг, автотранспорт

### **Chemeris I. A., Zagoruiko N. V., Konyakin S. M. PHYTOMONITORING OF MOTOR VEHICLE EMISSIONS IN THE URBAN ENVIRONMENT**

The work contains analysis of phytoindication possibilities of Dandelion medicinal, namely, physiological data as ascorbic acid and chlorophyll concentration. The conclusions were made about informative meaning of the data and possibilities of use in phytomonitoring of urban ecosystem environment.

**Keywords:** urban environment, ascorbic acid, chlorophyll, phyto-monitoring, motor transport

### **Вступ**

Забруднення атмосферного повітря у міських екосистемах щорічно збільшується, причому внесок автомобільного транспорту зростає. Тому існує необхідність у діагностиці стану довкілля, яку можливо проводити як фізико-хімічними, так і фітоіндикаційними методами. Сьогодні активно розвивається такий напрям оцінки стану різних компонентів середовища як фітомоніторинг. Рослини є чутливим до дії різних токсичних речовин, що пов'язано з особливо-

стями фізіолого-біохімічних процесів і функціонуванням та структурою окремих органів. Рослини є добрими індикаторами забруднення повітря вже на початкових його стадіях, що дає можливість оцінити екологічний стан міського середовища.

**Актуальність теми** дослідження полягає в тому, що забруднення атмосферного повітря у міських екосистемах щорічно збільшується, причому внесок автомобільного транспорту зростає.

### **Стан вивчення проблеми**

Фітоєкологічні дослідження стану урбоєкосистем на Україні розвивались у процесі географічного та фітоєкологічного моніторингу природних та штучних екосистем. Основну увагу дослідників привертають питання фітоіндикації зміни природних факторів під дією антропогенних чинників.

Серед фітоєкологічних напрямків дос-

лідження стану урбосистем в Україні ключовими є такі: флористичні (з використанням всебічного екологічного аналізу), еколого-ценотичні, синфітоіндикаційні, аутфітоіндикаційні. Результати синфітоіндикаційних досліджень використовуються для оцінки едафотопів, аутфітоіндикаційні – для оцінки стану атмосферного повітря.

Фітоєкологічним напрямкам досліджень стану урбосистем в Україні присвячено ряд

праць: флористичні з використанням екологічного аналізу – Тохтар (1994), Конопля, Ліханов (2004), Соломаха, Соломаха, Мельник (2002), Горелов (1999) та ін.; еколого-ценотичні – Кучерявий (2001), Башуцька (2004), Осипенко (2006) та інші; ліхеноіндикаційні – Кондратюк, (1993), Курницька (2001), Некрасенко (2002), Димитрова (2009) та ін.; синфітоіндикаційні – Дідух, Плюта, Байрак (2001), Бортнік (1997) та ін.; аутфітоіндикаційні – Ількун (1971), Коршиков (1996), Коцюбинська (1996), Юсипіва (1997), Зеленська (2000) та ін. Результати синфітоіндикаційних досліджень використовуються для оцінки едафотопів, аутфіто-

ндикаційні – для оцінки стану атмосферного повітря.

Проблема вивчення взаємовідносин рослин та урбанізованого середовища на сьогодні досліджена недостатньо повно, хоча проводяться активні наукові розробки, присвячені фітомоніторингу як одному з методів оцінки якості навколишнього середовища [1–4, 6,7].

**Мета дослідження** полягала у з'ясуванні фітоіндикаційних можливостей кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale* L.).

Основне завдання роботи – проаналізувати зміну морфологічних та фізіологічних показників рослини під впливом викидів автотранспорту.

### Результати дослідження

Забруднення навколишнього середовища в результаті використання автотранспорту особливо відчутно у великих містах. В ґрунтах придорожніх зон найінтенсивніше накопичуються валові і рухомі форми свинцю. На сьогодні виявлено дві зони акумуляції транспортного забруднення в ґрунтах. Перша зазвичай розташована в безпосередній близькості від автодороги, на відстані до 15–20 м, а друга — на відстані 20–100 м. На відкритих просторах друга зона виявляється, як правило, слабкіше, що може бути пов'язане із сприятливими умовами розсіювання повітряного потоку. На декількох пунктах відзначають появу і третьої зони аномального наповнення елементів в ґрунтах, що знаходяться від доріг на відстані близько 150 м. Переважне накопичення мікроелементів відбувається у верхній частині шару ґрунтів, де знаходяться корені рослин.

У відпрацьовані гази автомобільного транспорту входить більше 1000 різних шкідливих речовин, які чинять негативний

вплив на людину і довкілля, 200 з них розпізнано. Основними серед них є: оксид вуглецю (CO), вуглеводні, альдегіди, канцерогенні речовини, до яких належать складні ароматичні вуглеводні поліциклічної будови (основний елемент – найтоксичніший і якого найбільше, бенз(а)пірен), оксиди азоту, сполуки сірки (основна сполука - двооксид сірки SO<sub>2</sub>), тверді частинки (в основному сажа, що складається з вуглецю – C), сполуки свинцю (PbO<sub>4</sub>). Вміст основних шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових двигунів і дизелів наведено в таблиці 1.

Поява зовні помітних ознак пошкодження рослин газами або аерозолями свідчить, що в організмі відбулися необоротні зміни пігментів, що закінчуються руйну-

ванням, клітинних і субклітинних структур. Перші ознаки порушень в організмі рослини з'являються значно раніше, і є невидимими, оскільки їх не завжди можна виявити

Таблиця 1

Вміст основних шкідливих речовин у викидних газах бензинових двигунів і дизелів [5]

Назва речовин	Бензинові	Дизелі
Оксид вуглецю (CO), %	10	0,3
Вуглеводні (C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> ), %	2	0,5
Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> ), %	0,6	0,2
Альдегіди (RCHO), %	0,2	0,05
Двооксид сірки (SO <sub>2</sub> ), мг/м <sup>3</sup>	0,003	0,015
Сажа (C), мг/м <sup>3</sup>	100	2000
Сполуки свинцю (PbO <sub>4</sub> ), мг/м <sup>3</sup>	60	—
Канцерогени (бенз(а)пірен), мг/м	25	10

за допомогою фізіологічних і біохімічних показників або мікроскопів. Макроскопічні зміни пов'язані зі змінами забарвлення листя, які являють у більшості випадків неспецифічну реакцію на різноманітні стресори. Взагалі, основні види пошкодження рослин при дії атмосферних забруднювачів можна про класифікувати таким чином: зміна форми і положення органів рослин; аномальна конфігурація листя; хлорози; некрози, які, в свою чергу, призводять до дефоліації [8 – 11, 13, 14; 15].

Об'єктом дослідження було обрано кульбабу лікарську – багаторічну трав'янисту рослину родини айстрових, оскільки ця рослина поширена у містах, часто зустрічається у придорожньому рослинному покриві.

Для проведення дослідження було зібрано рослини кульбаби лікарської на відстані 5, 10, 15, 20 м від автодороги. При виборі місця збору рослин було враховано також інтенсивність руху автотранспорту міста Черкаси. Інтенсивність руху автотранспорту визначалась методом підрахунку автомобілів три рази на протязі по 20 хвилин. Модельна ділянка № 1 – з найінтенсивнішим рухом транспорту (833 од/год), модельна ділянка № 2 – із середньою інтенсивністю руху транспорту (375 од/год), модельна ділянка № 3 – з найнижчою інтенсивністю руху транспорту (86 од/год).

Контрольна ділянка знаходилась біля лісосмуги в Південно-західному районі, біля вулиці Руставі, на відстані 350 м від дороги, де рух транспорту відсутній.

Зібрана кульбаба лікарська досліджувалась за такими показниками: маса рослин; довжина листя; частка потворних форм; вміст аскорбінової кислоти; концентрація хлорофілу. Вміст хлорофілу визначався фотометричним методом, вміст вітаміну С – титриметричним методом [12].

Досліди показали, що рослини кульбаби лікарської знаходились у стані стресу в результаті дії викидів автотранспорту, про що свідчать результати наведені таблиці 2.

Отже, можна зробити висновок, що рослини знаходяться у стресовому стані внаслідок токсичної дії викидів автотранспорту. Про стресові умови свідчить показник частки потворних форм, зокрема розсічення листя, у рослин, що ростуть біля дороги, частка потворних форм збільшена (до 40 % серед рослин, що росли в 5-ти та 15 –

ти метрів від автодороги), на контрольних ділянках ця частка дуже мала (до 2-х %). Також на всіх ділянках знижена маса рослини та довжина листя. Особливо спостерігається зниження цих показників в порівнянні з контролем на ділянці з найінтенсивнішим рухом автотранспорту на відстані 5 і 10 метрів від дороги. Крім шкідливого впливу викидів автотранспорту на рослини може впливати накопичення важких металів у ґрунті, зокрема свинцю. У більшості випадків важкі метали пригнічують ріст, виникнення потворних форм, зниження висоти рослин.

Аналіз тісноти зв'язку між морфологічними показниками кульбаби лікарської та інтенсивністю руху автотранспорту і відстанню від дороги (табл. 3) показав, що найбільш тісний зв'язок з інтенсивністю руху автотранспорту і відстанню від дороги має такий показник як середня маса рослин ( $r = 0,97$ ) на ділянці з найінтенсивнішим рухом автотранспорту), вміст хлорофілу ( $r = 0,92$ ) на цій же ділянці, частка потворних форм ( $r = - 0,94$ ). Коефіцієнт кореляції частки потворних форм є оберненим оскільки зі збільшенням відстані від дороги частка потворних форм зменшується. Найбільшу залежність виявив такий показник, як вміст хлорофілу (коефіцієнт кореляції коливався в межах 0,88 – 0,97).

Серед показників довжини листя і вмісту вітаміну С не виявилось чіткої залежності від відстані від дороги. На модельній ділянці № 1 спостерігається середня залежність між вмістом вітаміну С і відстанню від дороги, коефіцієнт кореляції склав 0,82. На інших ділянках залежність низька. Також не спостерігається високої залежності між відстанню від дороги і довжиною листя (табл. 3).

На модельній ділянці № 1 спостерігається середня залежність між відстанню від дороги і довжиною листя, коефіцієнт кореляції дорівнює 0,71. На інших ділянках ця залежність низька.

Таким чином, найбільш інформативними фітоіндикаційними показниками кульбаби лікарської виявилися: частка потворних форм, середня маса рослин, вміст хлорофілів оскільки між цими показниками і відстанню від дороги існує чітка залежність, про що свідчать високі коефіцієнти кореляції. Показники довжини листків і

Таблиця 2  
Результати дослідження морфологічних і фізіологічних функцій кульбаби лікарської

Номер ділянки	Відстань від дороги, м	Середня маса рослини, г	Частка потворних форм %	Довжина листя, см	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	Вміст хлорофілу, міліграм/г
Ділянка № 1	5	$12,6 \pm 0,2$ 2,56	40,2	$15,0 \pm 0,3$ 8,33	$0,64 \pm 0,02$ 2,35	$1,81 \pm 0,14$ 2,36
	10	$15,2 \pm 0,1$ 1,32	20,5	$17,4 \pm 0,4$ 5,62	$2,51 \pm 0,14$ 1,42	$2,25 \pm 0,18$ 1,55
	15	$17,3 \pm 0,3$ 1,18	17,4	$15,8 \pm 0,6$ 4,52	$1,57 \pm 0,12$ 2,33	$2,62 \pm 0,24$ 8,96
	20	$18 \pm 0,3$ 3,44	8,3	$20,5 \pm 0,4$ 3,56	$9,00 \pm 0,12$ 2,56	$4,34 \pm 0,21$ 7,68
Ділянка № 2	5	$17,0 \pm 0,1$ 2,56	20,5	$19,8 \pm 0,6$ 7,62	$0,64 \pm 0,16$ 3,56	$1,83 \pm 0,12$ 4,18
	10	$13,0 \pm 0,1$ 3,25	10,8	$17,0 \pm 0,2$ 6,34	$1,57 \pm 0,18$ 2,41	$2,08 \pm 0,02$ 1,43
	15	$18,0 \pm 0,2$ 4,46	15,6	$20,4 \pm 0,4$ 6,81	$2,52 \pm 0,15$ 2,69	$3,56 \pm 0,14$ 2,37
	20	$20,0 \pm 1,2$ 3,58	10,5	$20,5 \pm 0,3$ 3,72	$1,57 \pm 0,02$ 1,44	$4,52 \pm 0,09$ 2,31
Ділянка № 3	5	$13,7 \pm 0,5$ 1,14	20,2	$18,6 \pm 0,5$ 6,43	$1,11 \pm 0,11$ 1,08	$2,61 \pm 0,16$ 4,94
	10	$17,3 \pm 0,4$ 3,05	10,6	$20,7 \pm 0,6$ 3,46	$0,55 \pm 0,04$ 2,72	$3,75 \pm 0,11$ 4,26
	15	$12,5 \pm 1,1$ 3,00	10,3	$19,5 \pm 0,3$ 3,24	$0,83 \pm 0,12$ 3,67	$4,00 \pm 0,07$ 1,53
	20	$15,6 \pm 0,8$ 3,58	15,4	$20,9 \pm 0,7$ 8,47	$0,59 \pm 0,08$ 2,37	$4,15 \pm 0,14$ 2,87
Контрольна ділянка	350	$25,0 \pm 1,3$ 4,98	2,5	$28,2 \pm 0,9$ 9,37	$2,52 \pm 0,17$ 1,58	$5,14 \pm 0,16$ 3,46

Примітка: Під рискою значення CV, %

Таблиця 3  
Коефіцієнти кореляції морфофізіологічних показників кульбаби лікарської з відстанню від автодороги

Назва вулиці	Коефіцієнт кореляції, r				
	Середня маса рослини, г	Частка потворних форм, %	Довжина листя, см	вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	вміст хлорофілу, міліграм/г
Корольова	0,97	-0,94	0,71	0,82	0,92
Конева	0,61	-0,67	0,41	0,63	0,97
Ярославська	0,055	-0,40	0,67	-0,64	0,88

вмісту вітаміну С виявились менш інформативними, оскільки не спостерігається чіткої залежності між цими показниками і відстанню від дороги.

На кількість хлорофілу впливає інтенсивність руху автотранспорту, відповідно найнищий вміст хлорофілу спостерігався на

модельній ділянці № 1, де рух транспорту був найінтенсивнішим, а найвищий показник вмісту хлорофілу спостерігався на ділянці № 3, де інтенсивність руху автотранспорту найменша, але показники нижчі, ніж на контрольній ділянці, в 2,5 рази. Також вміст хлорофілу збільшується зі збільшен-

ням відстані від дороги. В результаті зниження вмісту хлорофілу у листках рослин погіршуються процеси фотосинтезу, внаслідок чого знижується маса, ріст та розвиток рослин.

Серед проявів фізіологічної активності рослин є ті, що визначають продуктивність рослин, в першу чергу – фотосинтез. У адаптації рослин до зовнішніх умов задіяні різні фізіолого-біохімічні й анатомоморфологічні механізми. Рослини різних умов зростання, різних екологічних груп в однотипних умовах, представники різних систематичних груп відрізняються певними особливостями будови вегетативних і генеративних органів, інтенсивністю і напрямком метаболізму та ін. У першу чергу це стосується інтенсивності різних процесів, зокрема фотосинтезу та вмісту пігментів. Вивчення особливостей пігментного апарату рослин з різною толерантністю має велике значення для з'ясування механізмів пристосування до умов існування.

Дослідження вмісту вітаміну С показало, що на усіх досліджуваних ділянках у рослин, що росли в 5 – ти м від дороги вміст аскорбінової кислоти найнижчий.

Зі збільшенням відстані від дороги вміст вітаміну С збільшується, а вже на відстані 20 м від дороги на ділянках № 2 вміст

речовини зменшується. На ділянці № 1, де рух автотранспорту найінтенсивніший, навпаки, максимальний вміст вітаміну С був у рослин, що росли на відстані 20 м від дороги. Це можна пояснити пригніченням адаптивних функцій рослин, що росли ближче, ніж 20 м.

На модельній ділянці № 3 вміст вітаміну С на відстані 5 м від дороги вищий ніж на інших відстанях, хоча всі показники нижчі ніж у рослини, які росли на контрольній ділянці, відповідно: на відстані 5 м вміст вітаміну С нижче в 2,2 рази в порівнянні з контролем, 10 м – вміст вітаміну знижений в 4,5 рази, 15 м – в 3 рази і на відстані 20 м – зниження в 4,2 рази. На даній ділянці показники вмісту вітаміну С виявились нижчими в порівнянні з контрольною ділянкою. Що можна пояснити впливом додаткових факторів, які не були враховані в досліді, наприклад, вологість та тип ґрунту. Крім цих факторів, на вміст вітаміну С міг вплинути фактор пригніченого стану рослин в період їх збору, тобто нейтралізація шкідливих викидів автотранспорту ще не відбулася і вітамін С не накопичився. Таким чином, показник вмісту вітаміну С показав недостатню інформативність щодо стресостійкості рослин і потребує додаткових досліджень.

### Висновки

Підвищений вміст вітаміну С пояснюється тим, що він є антиоксидантом, тому стресові умови сприяють пристосуванню кульбаби лікарської до шкідливої дії викидів автотранспорту. Ця властивість обумовлена здатністю легко віддавати електрони і утворювати іон – радикали. Ці заряджені частинки з неспареним електроном беруть на себе роль мішеней для вільних радикалів, відповідальних за пошкодження клітинних мембран і подальші мутації клітин. Крім своєї антиоксидантної дії, вітамін С

знешкоджує багато токсичних речовин і відіграє ключову роль в імунологічних реакціях. Вміст аскорбінової кислоти є одним з показників ранньої індикації стану рослин, що може використовуватися у фітомоніторингу при оцінці якості середовища.

Подальші розробки вбачаємо у уточненні інформативності такого показника як вміст аскорбінової кислоти з метою його використання для індикації невидимих змін рослинного покриву.

### Література

1. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів / АН України; Інститут ботаніки ім. М.Г.Холодного / Під ред. К. М. Ситника. — К.: Наук. думка, 1994. — 280с.
2. Ольхович О. П., Мусієнко М. М. Фітоіндикація та фітомоніторинг: Метод. рек. /Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — 64с.

3. Глухов О. З., Сафонов А. І., Хижняк Н. А.. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі / Донецький ботанічний сад НАН України. — Донецьк: Норд-Пресс, 2006. — 358с.

4. Гриб Й. В., Чемерис І. А. Екологічна оцінка стану навколишнього середовища методами фітоіндикації //Вісник Національного університету водного господарства та природокористу-

вання. – В. 1 (29). – Рівне: НУВГП, 2005. – С. 3 – 11.

5. Гутаревич Ю. Ф. Запобігання забрудненню повітря двигунами. – К.: Урожай, 1982. – 64 с.

6. Морозова Т. В. Різномірне біоіндикаційна оцінка екологічного стану слабо урбанізованих селітебних територій Чернівецької області: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича. – Чернівці, 2005. – 22 с.

7. Стефурак В. П. Использование биологической активности почв для определения загрязнения их выбросами предприятий химической промышленности: Методические рекомендации. – Ивано-Франковск, 1990. – 23 с.

8. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.

9. Влияние загрязнения воздуха на растительность: Пер. с нем. / Бёртиц С., Эндерляйн Х., Энгманн Ф. и др; Под ред. Десслера Х.-Г. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 184 с.

10. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наукова думка, 1978. – 246 с.

11. Кулагин Ю. З. Древесные насаждения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 215 с.

12. Мэннинг Уильям Дж., Федер Уильям А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений: Пер. с англ. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.

13. Руденко С. С., Костишин С. С., Морозова Т. В. Загальна екологія: практичний курс. – Чернівці: Рута, 2003. – 320 с.

14. Смит У. Х. Лес и атмосфера: Взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1985. – 430 с.

15. Трешоу М. Диагностика влияния загрязнения воздуха и сходство симптомов // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 126 – 143.

Надійшла до редколегії 30.07.2013

