



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34832 (13) U

(51) МПК (2006)

A01G 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту(54) СПОСІБ ІНДИКАЦІЇ ЛОКАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ СЕРЕДОВИЩА ЗА МОДУЛЯМИ  
МОРФОЛОГІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ *Gypsophila paulii* КЛОКОВ

1

2

(21) u200803278

(22) 14.03.2008

(24) 26.08.2008

(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.

(72) ХАРХОТА ГАННА ІВАНІВНА, UA, ГЛУХОВ  
ОЛЕКСАНДР ЗАХАРОВИЧ, UA, ПРОХОРОВА  
СВІТЛАНА ІГОРІВНА, UA(73) ДОНЕЦЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ САД НАН УКРАЇ-  
НИ, UA(57) Спосіб індикації локального техногенного за-  
бруднення середовища за модулями морфологіч-  
ної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov, який вклю-  
чає збір рослинного матеріалу, вимірювання  
визначених параметрів морфологічних ознак рос-  
лини-індикатора, статистичну обробку даних та

оцінювання якості середовища за допомогою роз-  
рахованого відносного показника, який **відрізня-  
ється** тим, що за допомогою статистичних обчис-  
лень за спеціально розробленою формулою:  
 $Mod_{kn} = CV / CV_{st}$ , де  $Mod_{kn}$  - модуль кількості пагонів,  
 $CV$  - коефіцієнт варіації вибірки із досліджуваного  
екотопу,  $CV_{st}$  - коефіцієнт варіації стандартної ви-  
бірки із природного екологічно чистого екотопу,  
виділяють показові модулі морфологічної мінли-  
вості кількості пагонів рослини-індикатора *Gypsophila*  
*paulii* Klokov, та за цими модулями, при викорис-  
танні їх як біомаркерів для фітомоніторингу техно-  
генних регіонів, за запропонованою 4-бальною  
шкалою визначають тип та ступінь забрудненості  
локальної місцевості.

Корисна модель відноситься до фітоекології,  
промислової ботаніки, фітоіндикації та може бути  
використана для індикації техногенного забруд-  
нення середовища.

В наш час, у зв'язку із постійно зростаючим  
антропогенним навантаженням на природу, все  
більш актуальними стають дослідження стосовно  
пошуку доступних та перспективних фітоіндикато-  
рів стану техногенного середовища. Найбільш  
перспективними у вирішенні цієї проблеми можуть  
бути види рослин, що спонтанно поселяються та  
зростають на антропогенних едафотопках. Одним з  
таких видів є ліщиця Павла.

*Gypsophila paulii* Klokov (ліщиця Павла) бага-  
торічна стрижнекоренева трав'яниста рослина  
(Caryophyllaceae Juss.), яка відрізняється від бли-  
зького виду *G. perfoliata* L. повною відсутністю  
опущення, гострими листками і трохи більшими  
чашечками [1-8].

Ліщиця Павла - південнопричорноморський  
ендем. Починаючи з 1975-1977рр. *Gypsophila paulii*  
Klokov масово відмічається на промислових тери-  
торіях у Донбасі. Вид виявлено на територіях ме-  
талургійних заводів, відвалах різних порід і відхо-  
дів виробництва, шлакових відвалах  
металургійних заводів [9]. Найвірогідніше, що рос-  
лини завезено сюди з узбереж Азовського й Чор-  
ного морів з ракушняком, піском тощо, і вони по-  
ширилися тут, бо умови виявилися сприятливими

й майже не було конкуренції з іншими видами рос-  
лин [10]. Відмічено, що *Gypsophila paulii* Klokov в  
умовах техногенних ландшафтів широко пластич-  
ний, відзначається високою життєвістю та витри-  
валістю, повсюди однаково стійкий, проходить  
повний цикл розвитку та формує популяції [11].  
Також відомо, що антропогенний вплив, проявом  
якого є докорінна зміна екотопу, є сильним чинни-  
ком популяційної мінливості у деяких видів роду  
*Gypsophila*, зокрема у *Gypsophila paulii* Klokov [12].  
Крім того, ліщиця Павла має виражений фітомелі-  
оративний ефект, тобто цей вид здатний до укріп-  
лення безструктурних субстратів, збагачення їх  
поживними речовинами, зниження токсичності  
тощо [13]. Завдяки цим властивостям, а також ви-  
раженому декоративному ефекту, ліщиця Павла є  
перспективним видом для фіторекультивациі по-  
рушених промисловістю земель в Донбасі, де про-  
блема оптимізації навколишнього середовища має  
особливу актуальність, так як тут спостерігається  
виражена тенденція збільшення площі техноген-  
них територій [14, 15].

Відомий спосіб використання *Gypsophila paulii*  
Klokov в якості фітомеліоранту при рекультивациі  
техногенно порушених територій в Донбасі. При  
цьому враховуються пристосувальні особливості  
*Gypsophila paulii* Klokov до умов техногенного се-  
редовища, такі як: висока життєвість та пластич-  
ність, значні ценотичні можливості, стійкість до

(13) U

(11) 34832

(19) UA

антропогенних стресів, динамічність віталітету, що визначаються на основі аналізу біоекологічних властивостей рослин виду [16].

Відомий також спосіб аналізу мінливості морфологічних ознак *Gypsophila paulii* Klokov з метою виявлення впливу антропогенних факторів, який вказує, що заселення техногенних екотопів пов'язано з реалізацією стратегії прояву внутрішнього поліморфізму, а також те, що в синантропних популяціях *Gypsophila paulii* Klokov широта мінливості морфологічних ознак більш значна у порівнянні з нативними популяціями виду [17].

Існує спосіб дослідження фенотипічної пластичності *Gypsophila paulii* Klokov в антропогенно трансформованих екотопах Донбасу, який полягає у вимірюванні параметрів морфологічних ознак *Gypsophila paulii* Klokov та розрахунку визначених статистичних індексів та коефіцієнтів, що характеризують адаптивні зміни рослин в умовах техногенного середовища. Виявлено підвищення пластичності та дивергентності, а також зниження морфологічної інтеграції рослин виду в техногенних екотопах [18].

Найбільш близьким за технічною сутністю і досягненням результату є спосіб оцінювання якості середовища за величиною асиметричності листків *Betula pendula* Roth, (береза поникла), який полягає у вимірюванні морфологічних параметрів визначеного рослинного об'єкту (обирають, як правило, широко розповсюджений вид, в даному випадку - береза) та розрахунку показника середньої відносної відміни на ознаку для кожної вибірки, який характеризує ступінь асиметричності організму. Для кожного значення показника розроблені бали, за якими можна характеризувати якість середовища [19].

Недоліками цього способу є незручність збору матеріалу (листки берези) та складний статистично-обчислювальний апарат; а також регіональна невідповідність даного виду як рослини-індикатора, бо *Betula pendula* Roth, не є аборигенним видом і не зростає на техногенно трансформованих едафотопях південного сходу України (териконики, відвали промислових підприємств тощо), що робить неможливим індикаційне оцінювання подібних екотопів.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу використання морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov для фітоіндикації техногенного забруднення середовища. Позитивний ефект проявляється в тому, що запропонований спосіб дозволяє якісно та легко оцінити ступінь забрудненості середовища без використання складних дорогих пристроїв. Він може використовуватись у біомоніторингу для експрес-індикації стану навколишнього середовища, що є дуже актуальним для техногенно трансформованих територій, які підлягають постійному та сильному антропогенному пресингу.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі індикації локального техногенного забруднення середовища за модулями морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov, який включає збір рослинного матеріалу, вимірювання визначених параметрів морфологічних ознак рослини-

індикатора, статистичну обробку даних та оцінювання якості середовища за допомогою розрахованого відносного показника, відповідно до корисної моделі, за допомогою статистичних обчислень за спеціально розробленою формулою:  $Mod_{kn} = CV/CV_{st}$ , де  $Mod_{kn}$  - модуль кількості пагонів,  $CV$  - коефіцієнт варіації вибірки із досліджуваного екотопу,  $CV_{st}$  - коефіцієнт варіації стандартної вибірки із природного екологічно чистого екотопу, виділяють показові модулі морфологічної мінливості кількості пагонів рослини-індикатора *Gypsophila paulii* Klokov, та за цими модулями, при використанні їх як біомаркерів для фітомоніторингу техногенних регіонів, за запропонованою 4-бальною шкалою, визначають тип та ступінь забрудненості локальної місцевості.

Перелічені ознаки складають сутність корисної моделі.

Прийчинно-наслідковий зв'язок істотних ознак корисної моделі з результатом пояснюється наступним. Завдяки тому, що спосіб індикації локального техногенного забруднення середовища за модулями морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov включає вимірювання параметрів морфологічних ознак, всі дані статистично оброблені та обґрунтовані, на цій основі встановлено модулі морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov, досягається можливість індикації стану техногенного середовища.

Розробку способу індикації локального техногенного забруднення середовища за модулями морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov проводили на основі детального вимірювання та аналізу параметрів морфологічних ознак особин виду із різних місцезростань. Проводили статистичне порівняння стандартної вибірки та вибірок із техногенних місцезростань за середніми значеннями та дисперсією із вірогідністю, рівною 0,95. В результаті узагальненого статистичного аналізу нами вперше запропоновано новий методологічний підхід з використанням чотирьох чутливих модулів мінливості кількості пагонів *Gypsophila paulii* Klokov, що виділяються за спеціально розробленою формулою, при використанні яких як біомаркерів можлива інтегрована індикація локального техногенного забруднення середовища за допомогою 4-бальної індикаторної шкали.

Приклад конкретного виконання.

Оцінювання ступеня забрудненості середовища є дуже важливим та актуальним в наш час завданням. Рослини, які протягом всього життя прив'язані до локальної території, найбільш повно відбивають весь комплекс антропогенних факторів, змінюючи при цьому свої морфологічні характеристики.

У запропонованому способі індикації стану техногенного середовища використовується не весь спектр мінливості рослини-індикатора, а лише окремі відносні величини спадково не закріплених змін морфологічних ознак рослинного організму під впливом зовнішнього середовища. Такі відносні величини змін морфологічних ознак рослинного організму нами названо модулями морфологічної мінливості рослин. Вони являють собою реалізацію адаптивного потенціалу в

онтогенезі рослин в певному середовищі. Тому їх можна використовувати в якості біомаркерів в експрес-індикації техногенного середовища південного сходу України.

В якості рослини-індикатора обрано вид *Gypsophila paulii* Klokov. На фіг. 1 зображено вегетативний пагін рослини, на фіг. 2 - її суцвіття.

Починати збір матеріалу необхідно в період цвітіння та плодоношення рослин, тобто з середини червня до початку жовтня.

Вибірki відбирають із нативної та синантропних популяцій.

Для прикладу обрано нативну популяцію із природного екологічно чистого місцезростання (регіональний ландшафтний парк (РЛП) «Меотид» на узбережжі Азовського моря, популяція I), яка при розрахунках приймається за еталон. Вибірki із синантропних популяцій досліджено із наступних місцезростань: с. Кутейникове (Донецька область, Амвросіївський район), рудеральна ділянка поблизу залізниці (популяція II); м. Донецьк, узбіччя автодороги (популяція III); пустир біля Донецького металургійного заводу (ДМЗ) (популяція IV); проммайданчик ДМЗ (популяція V); шлаковий відвал ДМЗ (популяція VI); відвали вугільних шахт ім. Горького (популяція VII) та «Заперевальна» (популяція VIII).

Для вивчення відбирають по 10 генеративних особин із кожної популяції.

Враховуючи те, що рослини дуже об'ємні (одна рослина може мати від (2) 5 до 30 (125) штук пагонів та вкривати устилом до 1,5м<sup>2</sup> поверхні ґрунту), їх можна скласти в декілька разів. Кожну рослину поміщають в окремий пакет, у який вкладають етикетку з указівкою дати, місця збору та колектора матеріалу. Якщо зібраний матеріал не може бути оброблений одразу, його поміщають у морозильник (максимальний термін зберігання

тиждень).

Вимірювання проводять в лабораторних умовах. Обчислюють кількість пагонів кожної рослини із всіх популяцій (із кожного пакету).

Після цього проводять розрахунки отриманих даних.

Спочатку розраховують середні значення кількості пагонів у рослин кожної популяції за формулою [20]:

$$M = \frac{\sum x}{n}, \quad (1)$$

де  $\sum x$  - сума всіх варіант ряду,  $n$  - об'єм вибірки.

Далі розраховують середньоквадратичні відхилення цього параметру за формулою [20]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-M)^2}{n-1}}, \quad (2)$$

де  $x$  - варіанта ряду,  $M$  - середнє,  $n$  - об'єм вибірки.

Для кожної популяції обчислюють середній коефіцієнт варіації за формулою [20]:

$$CV = \frac{\sigma}{M} \cdot 100, \quad (3)$$

де  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення ознаки;  $M$  - середнє значення.

Обчислення проводять вручну або за допомогою комп'ютерних статистичних програм [Statistica 6, Excel 2003, SPSS 11.5, Origin Pro 7.0 тощо].

Коефіцієнт варіації із природної популяції позначається як стандартний ( $CV_{st}$ ). Дані заносять у таблицю. Отримують таблицю із розрахованими середніми коефіцієнтами варіації кількості пагонів для кожної популяції. В таблиці 1 для прикладу наведено обчислені коефіцієнти варіації в досліджених місцезростаннях *Gypsophila paulii* Klokov.

Таблиця 1

Параметр морфологічної ознаки	Популяції <i>Gypsophila paulii</i> Klokov в досліджених місцезростаннях							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Кількість пагонів	43,67	10,81	26,50	32,32	31,94	40,16	62,39	76,93

Для параметру кількості пагонів стандартний коефіцієнт варіації ( $CV_{st}$ ) дорівнює 43,67.

Далі для кожної популяції обчислюють модулі морфологічної мінливості, тобто відношення коефіцієнту варіації вибірки параметру кількості пагонів із досліджуваного екотопу до коефіцієнту варіації стандартної вибірки:

$$Mod_{kn} = CV / CV_{st}$$

Розрахований модуль із досліджуваної популяції необхідно зіставити із таблицею 2. В таблиці 2 наведено вперше виділені нами чотири модулі мінливості кількості пагонів, для яких розроблено спеціальну 4-бальну шкалу забрудненості, яка дозволяє здійснювати інтегральну локальну індикацію стану техногенного середовища.

Таблиця 2

$Mod_{kn}$	Бал	Інтегрована індикація стану техногенного середовища
менше 0,50	1	відносно чисте повітря, забруднення ґрунту хімічними речовинами сільськогосподарства
0,51-0,70	2	підвищене забруднення повітря вихлопними газами автотранспорту та іншими забруднювачами
0,71-0,90	3	техногенне забруднення промисловими димогазовими викидами підприємств (проммайданчики)
більше 0,91	4	наявність хімічних речовин у ґрунті, що є токсичними для рослин (відвали шахт та підприємств)

Так, наприклад для II популяції розраховано модуль мінливості кількості пагонів:  $Mod_{kn}=10,81/43,67=0,23$ . Ця популяція зростала у сільській місцевості, де основними забруднювачами виступають, як правило, гербіциди, пестициди та інші відходи сільського господарства, що і підтверджується за даними розробленої таблиці 2. Цікаво, що популяція IV за розрахованим модулем мінливості кількості пагонів ліщини Павла ( $Mod_{kn}=0,74$ ) має 3 бал забрудненості та належить до промайданчиків. Ділянка, на якій було зібрано цю популяцію знаходилась поблизу металургійного заводу (на відстані 10-15м) і підлягала підвищеному техногенному забрудненню промисловими викидами. Отже, цей приклад ще раз доводить дієвість та практичну цінність запропонованого способу.

Розроблений спосіб індикації локального техногенного забруднення середовища за модулями морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov є ефективним та простим у використанні, він не потребує дорогого устаткування та дозволяє вірно, чітко та швидко визначити тип забруднення середовища.

Джерела інформації:

1. Царенко О.М. Біоморфологічні особливості проростків видів роду *Gypsophila* L. флори України // Укр. ботан. журн. - 1989. - Т.46, №1. - С.20-26.
2. Царенко О.М., Берестецька Т.Б. Анатомічна будова спермодерми видів роду *Gypsophila* L. і *Psammophilicella lkonp.* флори України // Укр. ботан. журн. - 1989. - Т. 46, №2. - С.42-47.
3. Царенко О.М. Особливості географічного поширення видів роду *Gypsophila* L. флори України // IX з'їзд Укр. ботан. т-ва. - К.: Наук, думка, 1992. - С. 52.
4. Царенко О.М. Критико-систематичний огляд видів роду *Gypsophila* L. (Caryophyllaceae Juss.) флори України // Укр. ботан. журн. - 1998. - Т. 55, № 6. - С. 634-638.
5. Царенко О.М. Род *Gypsophila* L. во флорі України. Критико-систематическое и биоморфологические исследование видов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Днепропетровский гос. ун-т. - Днепропетровск, 1990. - 14 с.
6. Клоков М.В. Нові матеріали до пізнання Української флори. III. Нові види з родин гвоздичних, гречкових і хрестоцвітних // Ботан. журн. - 1948. - т. 5. №1. - С. 20-28.
7. Екофлора України. Том 3 / М.М. Федорончук, Я.П. Дідух та ін. - К: Фітосоціоцентр, 2002. - С. 362-363.
8. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural checklist. - Kiev, 1999. - Pp. 174.

9. Хархота Г.І., Дмитренко П.П. Види роду *Gypsophila* L. в техногенних ландшафтах Донбасу // Тр. VI з'їзду Укр. ботан. т-ва. - К.: Наук, думка, 1977.-С 263.

10. Хархота Г.І., Дмитренко П.П. Поширення *Gypsophila paulii* Klok. на територіях металургійних заводів Донбасу та Придніпров'я // Укр. ботан. журн. - 1976. - Т. 33, № 4. - С 391 - 392.

11. Хархота А.И. Об особенностях виталитета популяций растений в техногенных экотопах // Интродукция и акклиматизация растений. - 1993. - Вып. 20. - С. 47-51.

12. Бурда Р.І. Мінливість синантропних популяцій *Gypsophila* L. // Проблеми експерим. ботаніки та екології рослин. - 1997. - Вип. 1. - С. 23-26.

13. Хархота А.И. Состояние и перспективы интродукционного изучения фитомелиорантов в Донецком ботаническом саду АН УССР // Ботанические исследования на Украине (Докл. УБО). - Киев: Наук, думка, 1990. - С. 106-107.

14. Хархота А.И. Перспективы использования аборигенной флоры для фиторекультивации техногенных земель в Донбассе // Тез. докл. VII делегат, съезда Всесоюз. ботан. об-ва. - Л.: Наука. - 1983. - С. 327-328.

15. Хархота А.И. Опыт интродукции и перспективы использования фитомелиорантов при рекультивации техногенных земель в Донбассе // VIII съезд Укр. ботан. об-ва. - Киев: Наук, думка. - 1987. - С. 244.

16. Хархота А.И. Особенности развития и перспективы использования качимов Павла и скорзонеролистного в Донбассе // Онтогенез высших цветковых растений: Рекомендации. - Киев: Б. и., 1989. - С. 149-150.

17. Бурда Р.І., Остапко В.М., Тохтар В.К. / Мінливість синантропних популяцій рослин // Мінливість популяцій галофільно-псамофільних видів роду *Gypsophila* L. в техногенних екотопах. - Донецьк: Б. в., 1997. - С. 34-39.

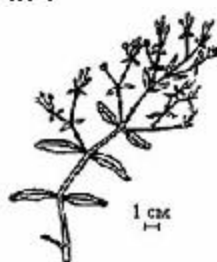
18. Прохорова С.І., Глухов О.З. Фенотипічна пластичність *Gypsophila paulii* Klokov в антропогенно трансформованих екотопах південного сходу України // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідом. зб. наук, праць. - Донецьк: Вид-во Донецьк, нац. ун-ту, 2006. - Вип. 6. - С. 63-67.

19. Шестакова Г. А., Стрельцов А. Б., Константинов Е. Л. Методика сбора и обработки материала для оценки качества среды (по березе повислой - *Betula pendula* Roth.). - Калуга: Б. и., 2000. - 7 с. (прототип).

20. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. - Л.: Изд-во Ленингр. унта, 1984. - 288 с.



Фиг. 1



Фиг. 2