

УДК 502.175: 582.998.1(477.85)

Легета У. В., Ситнікова І. О.

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ІНТЕГРАЛЬНИМ ПОКАЗНИКОМ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ (НА ПРИКЛАДІ *TUSSILAGO FARFARA L.*)

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича,
e-mail: yulianalegeta@ukr.net

Ключові слова: *Tussilago farfara L.*, флуктуюча асиметрія, фенотипові дистанції, коефіцієнт Майра, інтегральний показник асиметрії

Дедалі частіше увагу дослідників привертає проблема асиметричного прояву ознак на різних боках білатерально-симетричних організмів. Це пов'язано з тим, що питання асиметрії виходить на одну із загальних проблем сучасної біології, а саме, проблему реалізації генотипу в фенотипі. Серед декількох типів асиметрії, виділених L. Van Valen (1962) [8], найбільший інтерес викликає флуктуюча асиметрія (ФА), що характеризується невеликими відхиленнями й відсутністю спрямованості [1].

Флуктуюча асиметрія проявляється у відмінностях між боками тіла, при цьому, в одній популяції можуть бути виявлені як майже симетричні, так і асиметричні особини при наявності (або відсутності) будь-якого взаємозв'язку між значеннями ознаки боків тіла [2, 6]. А.Г. Васильєв використовував у своїх публікаціях термін фенетичний моніторинг, під яким розуміє виявлення популяційних порушень морфогенезу в груп організмів, які перебувають в умовах техногенного забруднення довкілля. Саме порушення симетрії морфометричних ознак А.Г. Васильєв розглядав як флуктуючу асиметрію [1].

У працях В.М. Захарова, присвячених дослідженням показника ФА, говориться про пряму залежність між розходженням ознак правої та лівої боках тіла у білатеральних організмів і умовами навколишнього середовища [3]. Результати досліджень Н.Н. Яковлева доводять залежність зниження стабільності розвитку як відповідь організму на зміни умов навколишнього середовища, що проявляється в асиметрії морфологічних ознак [7]. Так, на основі одержаних результатів було встановлено, що при зниженні антропогенного впливу на довкілля значення показника стабільності розвитку знижується, досягаючи свого мінімального значення в умовному

центрі рекреаційної зони. В той же час, значення рівня ФА становило 5 балів на території у безпосередній близькості до автотрас [4].

Матеріали та методи

Метою даного дослідження було проведення фенетичного моніторингу екологічного стану території Чернівецької області на прикладі популяції *Tussilago farfara* L.

Підбіл звичайний (*Tussilago farfara* L.) один з небагатьох видів рослин, який поширений практично по всій території Чернівецької області, що робить його зручним об'єктом для дослідження показника флуктуючої асиметрії.

Дослідження проводили протягом вересня-жовтня 2008 р. на гербарних зразках листя підбілу звичайного *T. farfara*, зібраного у межах Чернівецької області, а саме: на території міських водоочисних споруд с. Магала, промислової зони (ПЗ) цегельного заводу с. Киселів та обабіч головних автомагістралей ряду сіл – Будинець, Ставчани, Вікно і Веренчанка. В якості контролю обрали популяцію *T. farfara* території Садгірського лісу (Чернівецький ландшафтний парк). Об'єм вибірки у кожному випадку складав по 20 листків.

Для визначення рівня ФА користувались методикою Калузької школи біоіндикації (Росія) [4]. Вимірювання проводили за п'ятьма морфометричними параметрами листкової пластинки (ознаками) (рис. 1):

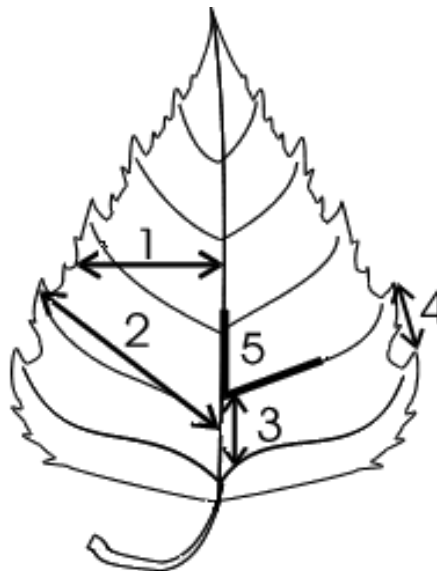


Рис. 1. Морфометричні параметри листкової пластинки [3]:

1 – ширина половинки листка (для вимірювання листок складають на дві половини по ширині, потім розгинають і по складці, що утворилася, проводять вимірювання); 2 – довжина 2-ої жилки II порядку від основи листка; 3 – відстань між основами 1-ої та 2-ої жилки II порядку; 4 – відстань між кінцями цих жилок; 5 – кут між головною жилкою і 2-ою від основи II порядку.

Рівень флуктуючої асиметрії оцінювали за допомогою інтегрального показника – величини середнього відносного розходження на ознаку (\bar{X}) (формули 1 – 3):

$$Y = \frac{X_{л} - X_{п}}{X_{л} + X_{п}} \quad (1)$$

$$Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N} \quad (2)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n}{n} \quad (3)$$

де Y – показник, розрахований для кожної ознаки як розходження між правим (П) та лівим (Л) боками, Z – відносна середня відмінність між ознаками для кожного листка, N – кількість ознак (5), \bar{X} – інтегральний показник асиметрії, n – число листків.

Для кількісного вираження ступеня асиметрії організму розроблена шкала відхилення від норми [3], де 1 бал – „умовна норма”, а бал 5 – „критичний стан” (табл. 1).

Таблиця 1. Значення показника асиметрії \bar{X} (за В.Н. Захаровим и др., 1996)

Бал	Значення показника асиметрії
1	До 0,055
2	0,055 – 0,060
3	0,060 – 0,065
4	0,065 – 0,070
5	Більше 0,07

Визначення показника Майра та фенотипових дистанцій за кількісними ознаками листкової пластинки фонові та дослідних популяцій *T. farfara* проводили згідно методики Д.А. Шабанова [5].

Результати та обговорення

На основі одержаних результатів встановлено, що серед 5-ти обраних морфометричних параметрів, ознака III володіє високим рівнем розходження між правим і лівим боками листкової пластинки *T. farfara* у всіх варіантах досліду (табл. 2).

Найвищу стабільність у розходженні між боками листкової пластинки *T. farfara* демонструє ознака II (довжина 2-ої жилки II порядку від основи листка) (див. рис. 1), що свідчить про її нечутливість до факторів навколишнього середовища.

Порівняльний аналіз одержаних результатів за інтегральним

показником ФА популяцій *T. farfara* дозволяє віднести території ПЗ цегельного заводу (с. Киселів) та водоочисних споруд (с. Магала) до „критичного” стану (5 балів) за шкалою В.М. Захарова, тоді як території вздовж головних автомагістралей с. Ставчани та с. Веренчанка – належать за рівнем \bar{X} до „напружених”.

Таблиця 2. Інтегральний показник (\bar{X}) флуктуючої асиметрії популяцій *T. farfara* L. на території Чернівецької області

Досліджувані території	Середнє значення ФА за кожною ознакою					Значення \bar{X}	Бал
	I	II	III	IV	V		
Садгирський ліс (фонова територія)	0,03	0,03	0,12	0,05	0,05	0,051	1
с. Киселів	0,05	0,03	0,12	0,08	0,06	0,073	5
с. Ставчани	0,03	0,03	0,11	0,07	0,07	0,066	4
с. Веренчанка	0,04	0,04	0,10	0,07	0,07	0,068	4
с. Вікно	0,04	0,03	0,09	0,08	0,06	0,056	2
с. Магала	0,05	0,04	0,10	0,08	0,06	0,072	5
с. Будинець	0,05	0,04	0,12	0,08	0,05	0,063	3

Інтегральний показник асиметрії *T. farfara* на території с. Будинець нижчий за 0,065, що відповідає „помірному” стану за силою впливу на біоту. За одержаними результатами досліджень серед обраних точок біомоніторингу, с. Вікно належить до регіону, який за рівнем \bar{X} (0,056) максимально наближений до „умовної норми”.

У результаті проведених досліджень побудовано наступний ряд спадання за рівнем \bar{X} для всіх точок біомоніторингу: с. Киселів → с. Магала → с. Веренчанка → с. Ставчани → с. Будинець → с. Вікно. Таким чином, найвищий рівень відхилення ФА від норми встановлено для території промислової зони цегельного заводу с. Киселів (0,073), що відповідає „критичному” стану за шкалою В.М. Захарова. Одержані дані узгоджуються із проведеним восени 2008 р. співробітниками кафедри екології та біомоніторингу ЧНУ радіаційним моніторингом відповідних територій Чернівецької області, результати якого виявили перевищення рівня радіації у с. Киселів майже у 2,5 рази від допустимого фонового значення. Зазначимо, що с. Киселів Кіцманського району віднесено до III зони радіаційного навантаження внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС.

Наступним етапом наших досліджень було визначення значення коефіцієнта Майра (CD) та обчислення на його основі фенотипових дистанцій за всіма досліджуваними морфометричними параметрами листкової пластинки *T. farfara*.

Результати обрахунку коефіцієнта Майра для всіх точок полігону дослідження представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Коефіцієнт Майра (CD) за морфометричними параметрами популяцій *T. farfara* L. досліджуваних територій Чернівецької області

№ п/п	Досліджувані території	Коефіцієнт Майра (CD)
1	с. Киселів	0,6
2	с. Ставчани	0,3
3	с. Веренчанка	0,3
4	с. Вікно	0,2
5	с. Магала	0,5
6	с. Будинець	0,2

Встановлено найвищий рівень дивергенції між ознаками листкової пластинки популяцій *T. farfara* фонові та дослідних територій для ПЗ цегельного заводу с. Киселів і водоочисних споруд с. Магала. Для решти територій спостерігається максимальне наближення за ознаками до рівня фонові популяції.

Керуючись методикою Д.А. Шабанова, нами було визначено узагальнені фенотипові дистанції (d_j) між фонові та дослідними популяціями з урахуванням внеску кожної ознаки у дану величину. Одержані результати представлені у вигляді пелюсткової діаграми на рис. 2.

Результати обрахунку узагальненої фенотипові дистанції показали високий рівень фенотипові віддаленості між фонові та дослідними популяціями. Так, за рівнем d_j популяція с. Киселів найбільш віддалена від контролю (120,4). Практично однакові значення d_j для популяцій *T. farfara* фонові території та с. Магала (117,2). Найбільшу внесок у величину узагальненої фенотипові дистанції для даних популяцій внесли III та IV ознаки морфометричних параметрів (200 % та 120 % відповідно).

Величина узагальненої фенотипові дистанції дозволяє віднести місцезростання дослідних популяцій *T. farfara* до техногенно трансформованих територій за рівень відхилення d_j від фонові.

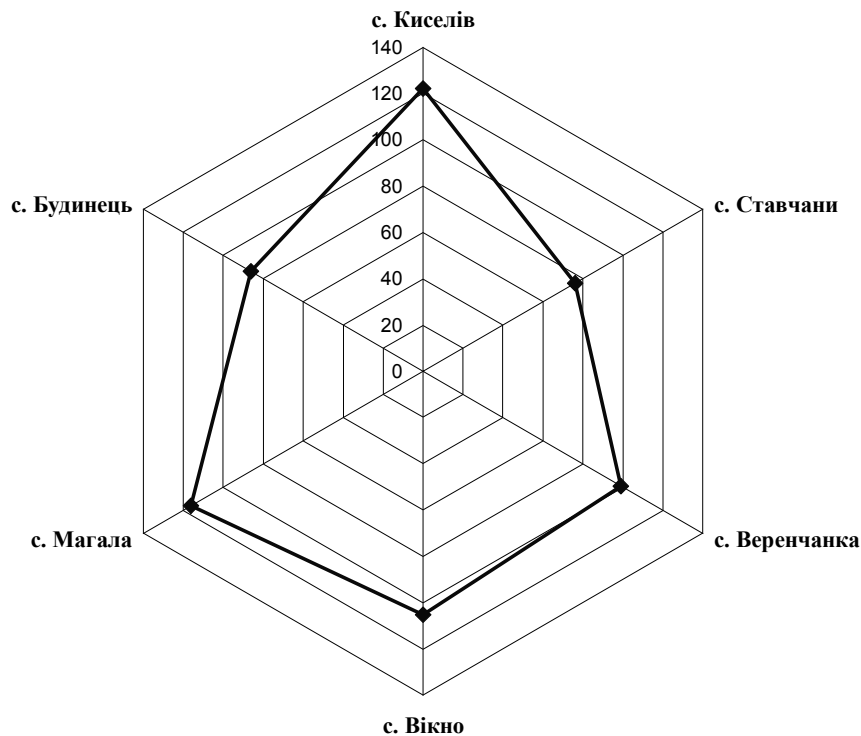


Рис. 2. Узагальнені фенотипові дистанції d_j між фоною та дослідними популяціями *T. farfara* Чернівецької області (%)

На другому місці за рівнем віддаленості від контролю знаходяться популяції *T. farfara* села Вікно ($d_j = 99,4$ %), Веренчанка (99 %) та Ставчани (87 %). Оскільки значення d_j для даних популяцій також є значним порівняно з фоною територією, ситуацію на даних територіях можна вважати несприятливою в екологічному відношенні.

Отже, за результатами визначення рівня фенотипових дистанцій встановлено напружений стан існування для популяції *T. farfara* на території всіх досліджуваних сіл.

Висновки

1. Результати проведених досліджень дозволяють віднести вид *T. farfara* до чутливих біоіндикаторів як природних, так і техногенно трансформованих територій. В якості ефективних тест-ознак екологічного стану довкілля пропонується використовувати інтегральний показник флуктуючої асиметрії та рівень фенотипових дистанцій між фоною й дослідною популяціями.

2. За рівнем чутливості серед обраних морфометричних параметрів *T. farfara*, показник флуктуючої асиметрії для III та IV ознак може претендувати на роль ознак-маркерів техногенно трансформованих територій Чернівецької області.

3. Показник флуктуючої асиметрії виступає критерієм сталого розвитку рослинних організмів і може використовуватися в якості важливої біоіндикаційної ознаки при екологічних дослідженнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев А.Г. Эпигенетическая изменчивость и общие проблемы изучения фенетического разнообразия млекопитающих. – К., 1992. – 46 с. (Препр./ АН Украины. Ин-т зоологии; 92.1.).
2. Гиляров М. С. О функциональном значении симметрии организмов // Зоол. журн. – Т. 23, вып. 5. – 1944. – С. 213 – 215.
3. Захаров В.М., Крысанов Е.Ю. Последствия чернобыльской катастрофы: здоровье среды. – М.: Центр эколог. политики России, 1996. – 170 с.
4. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К. Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве. – М.: Центр эколог. политики России, 2001. – 68 с.
5. Шабанов Д.А. О зависимости фенетических дистанций между выборками представителей *Bufo viridis* complex от расстояния между точками их сбора // Вісник Харківського ун-ту. – 2001. – № 506, ч. 2. – С. 277 – 280.
6. Яблоков А.В., Ларина Н.И. Введение в фенетику популяций. – М.: Высш. шк., 1985. – С. 236 – 249.
7. Яковлев Н. Н. О факторах морфогенеза // Природа. – 1986. – № 9. – С. 31 – 38.
8. Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry // Evolution. – 1962. – V. 16, № 2. – P. 125 – 142.

Легета У. В. , Ситникова И. А.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ (НА ПРИМЕРЕ *TUSSILAGO FARFARA* L.)

Ключевые слова: *Tussilago farfara* L., флуктуирующая асимметрия, фенотипические дистанции, коэффициент Майра, интегральный показатель асимметрии.

Показана возможность использования *Tussilago farfara* L. как эффективного биоиндикатора территорий с различной степенью антропогенного прессинга.

В качестве чувствительных биоиндикационных тест-параметров использованы интегральный показатель флуктуирующей асимметрии и уровень фенотипических расстояний между фоновой и исследуемыми популяциями *T. farfara*.

Показатель флуктуирующей асимметрии выступает критерием стабильности развития популяций растений и может использоваться при экологических исследованиях.

U.V. Legeta, I.O. Sitnikova

**ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL SITUATION OF THE
TERRITORY OF THE CHERNIVTSY REGION ACCORDING TO THE
INTEGRAL INDEX OF FLUCTUATING ASYMMETRY
(*TUSSILAGO FARFARA* L. AS AN EXAMPLE)**

Key words: Tussilago farfara L., *fluctuating asymmetry*, *phenotypic distances*, *Mayer's index*, *integral index of asymmetry*

The possibility of using *T. farfara* as an effective bioindicator of territories with a different degree of anthropogenic transformation has been shown. The integral index of fluctuating asymmetry and the level of phenotypic distances between the control and *T. farfara* populations proved to be sensitive bioindicative test-parameters.

The index of fluctuating asymmetry is the criterion of the stability of plant population development, and it can be used in ecological research.