

УДК 574:582.683.2-114]:004

<sup>1</sup>С. С. РУДЕНКО, <sup>1</sup>Т. В. МОРОЗОВА, <sup>2</sup>В. В. ГРУБІНКО, <sup>1</sup>С. С. КОСТИШИН<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ЕКСПРЕС-МЕТОД ОЦІНКИ ВІТАЛІТЕТНО-РОЗМІРНОЇ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЙ (НА ПРИКЛАДІ *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH.)**

Запропоновано експрес-метод оцінки віталітетно-розмірної структури популяцій. Методика передбачає використання моновимірного критерію – площі внутрішнього фітогенного поля рослин. Останню визначають на масштабованих фотографіях гербаризованих, або живих польових об'єктів за допомогою програми для аналізу і обробки зображень ImageJ. У випадку, коли за віталітетно-розмірною структурою популяція виявилася депресивною, пропонується визначити також причину депресивного стану: вплив зовнішніх (абіотичних, антропогенних) чи внутрішніх факторів (розмір-асиметрична конкуренція). Для цього рекомендовано поєднане застосування кривої Лоренца та коефіцієнта Джині. Методика апробована на прикладі модельної популяції *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Експрес-методика стане у пригоді спеціалістам-екологам у випадках, коли оцінка віталітетно-розмірної структури популяцій обмежена стислими термінами досліджень і необхідністю швидкого прийняття рішень.

*Ключові слова:* віталітетна структура популяцій, розмірна структура популяцій, фітогенне поле, програма ImageJ, крива Лоренца, коефіцієнт Джині, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.

**Вступ.** Засновником віталітетного аналізу в екології по праву вважається Ю.А.Злобін. Праця цього автора «Принципы и методы изучения ценотических популяций» (1989) на сьогодні має понад 600 цитувань. А запропонована ним технологія оцінки віталітетного класу особин та віталітетного типу популяцій вже 30 років використовується екологами різних країн для оцінки стану популяцій. Методика Ю.А.Злобіна є полікритеріальною, тобто базується на великій кількості ознак та ґрунтовному математичному аналізі (кореляційному, факторному), що робить її доволі достовірною та репрезентативною. Водночас сам Ю.А. Злобін зазначає, що у ряді випадків, особливо при експрес-аналізі стану популяцій, виявляється корисним вивчення їх розмірної структури. За визначенням автора, розмірна структура популяцій характеризує співвідношення в популяції особин різного розміру лише за однією структурною ознакою і розглядається ним як окремий випадок віталітетної структури (ВС) [1]. Проблема полягає в пошуку того одного критерію, який міг би максимально точно охарактеризувати розмір особин. Ю.А. Злобін [2] критикує за прагматизм тих дослідників, які при визначенні ВС популяцій використовують такі монокритерії як висота рослин, або діаметр розеток прикореневого листків. На його думку, аналіз розмірної структури популяцій повинен бути орієнтованим, перед усім, на еколого-ценотичний статус популяцій, оскільки розмір особин, в першу чергу, характеризує об'єм простору, який вони займають та контролюють в екосистемі. Пошуку такого критерію присвячена дана робота.

**Метою** нашого дослідження була розробка експрес-методу оцінки та аналізу віталітетно-розмірної структури популяцій на основі одного репрезентативного структурного критерію.

Необхідність в експрес-методі оцінки віталітетно-розмірної структури популяцій виникає за двох основних обставин:

- стан популяцій певного виду використовується для оперативного біомоніторингу в зонах несприятливих екологічних ситуацій. У даному випадку оцінка повинна бути виконана в стислі терміни, що важко реалізувати в рамках класичної методики віталітетного аналізу, яка є полікритеріальною та багатовимірною і потребує досить багато часу;

- потрібно оцінити стан популяції рідкісних видів та видів, що перебувають під загрозою зникнення. Тут особливо цінним був би метод, який дозволив би уникнути самого знищення рослин, без якого ґрунтовний віталітетний аналіз неможливий.

### Матеріал і методи досліджень

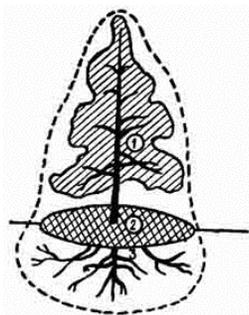
Запропонована методика визначення віталітетно-розмірної структури популяцій апробована на прикладі модельної популяції *A. thaliana*, виявленої у селітебній зоні Центрально-міського ландшафтного району міста Чернівці. Фотографії зроблені цифровим апаратом Nikon 35-105mm. Роботу з програмою ImageJ здійснювали згідно рекомендацій [3]. Результати опрацьовані статистично з використанням програмного пакету Statistica 6. Коефіцієнт Джині аналізували за загальноприйнятою градацією його рівнів: < 40 – низький; 40-55 – середній; >55 – високий; > 60 дуже високий [4].

### Результати досліджень та їх обговорення

Як одновимірний критерій для оцінки розміру особин у популяції ми пропонуємо застосовувати площу їх внутрішнього фітогенного поля (ФП). На нашу думку, саме цей показник максимально точно характеризує об'єм простору, який рослина займає та контролює в екосистемі, тобто найбільше відповідає першочерговій вимозі, що висуває до такого критерію Ю.А.Злобін. Адже ФП – це деякий простір, у межах якого середовище набуває нових властивостей завдяки присутності в ньому окремого рослинного організму [5]. ФП має власну речовину, енергетику та навіть кінетичну пам'ять [6]. Функціональна роль ФП вивчалась багатьма авторами [6-8]. Зокрема, нами розроблена та апробована методика оцінки середовищотвірної ролі ФП на прикладі *Fagus sylvatica* L. [9]. Менш розробленим питанням є оцінка площі ФП.

Характеризуючи просторову структуру ФП, її розробник А.А.Уранов вказував на наявність, як мінімум, двох зон – внутрішньої і зовнішньої. Внутрішня знаходиться в межах контуру рослини, зовнішня виходить за його межі. Межа зовнішньої зони ФП визначається областю, де вплив рослини на середовище зникає або вплив інших агентів перевищує вплив рослини. Л.Б. Заугольнова і співав. [10] також виокремлюють внутрішню частину ФП, яка позначається ними як мінімальне ФП рослини. При цьому автори зазначають, що якщо напруженість загального поля хоча б за одним із показників змінюється стрибкоподібно, то межі мінімального поля окреслюються досить чітко.

Дослідження трансформації середовища під впливом рослин дозволили виявити складнішу просторову структуру ФП, де виділяється три – п'ять зон (рис. 1), проте контур рослини і на цих схемах чітко відмежовує внутрішню і зовнішню зони ФП [11]. Отже, внутрішнє ФП чіткіше окреслене, ніж зовнішнє, тому для оцінки розміру рослин ми зупинили свій вибір саме на ньому.



Едасфера рослини:  
1 – філосфера,  
2 – некроподіум,  
3 – ризосфера

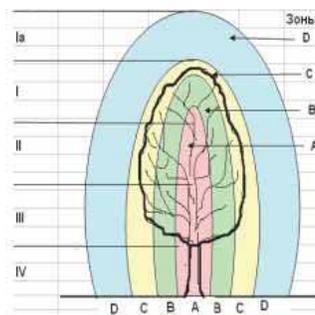


Рис. 1. Зонування надземної частини ФП деревних рослин (за А.М. Гореловим)

Одним із ефективних інструментів вимірювання внутрішнього ФП може стати програма для аналізу і обробки зображень ImageJ (рис. 2), яку ми і адаптували для цих цілей. Алгоритм методу зводиться до наступних кроків. Фотографуємо рослини на тлі лінійки, якщо це гербарні зразки – лінійку кладемо на гербарний лист, при зйомці безпосередньо в природі – лінійку слід заглибити в ґрунт. У програмі ImageJ відкриваємо фото, за допомогою інструменту «виділення ліній» відмічаємо відрізок, що відповідає 1 см лінійки (рис. 3) – задаємо початкову (відому) відстань, далі задаємо просторовий масштаб зображення за допомогою діалогового вікна Set Scale. Активні результати вимірювань представляємо в заданих калібрувальних одиницях – сантиметрах. У вкладці Known Distance вводимо число «1», якому відповідає лінія на зображенні (рис. 4).



Рис. 2. Вихідне зображення

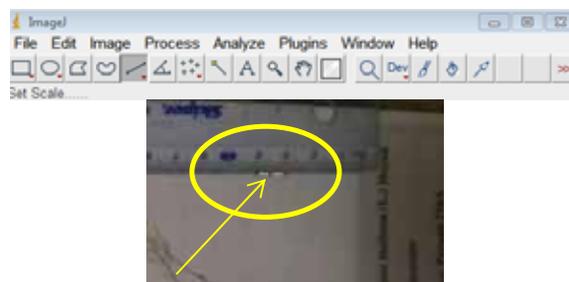


Рис. 3. Задання початкової відстані

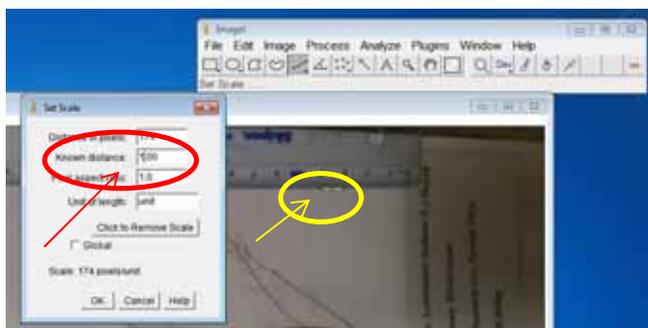


Рис. 4. Задання просторового масштабу зображення

В поле Unit of Length вводимо параметри вимірювання – см, натискаємо «ОК». Подальше ImageJ здійснюватиме всі підрахунки з урахуванням заданих параметрів і калібрувальних одиниць.

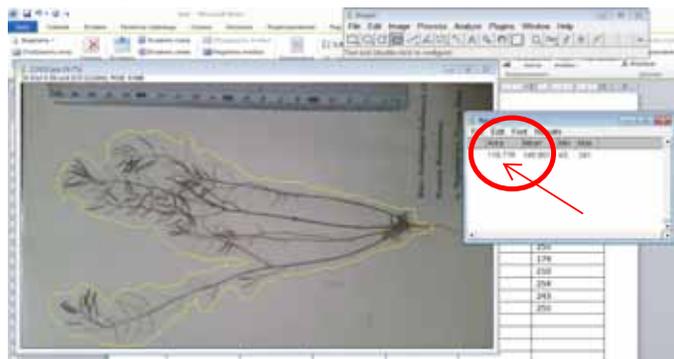


Рис. 5. Аналіз площі виділеної фігури

Далі для оконтурення внутрішнього ФП *A. thaliana* використовуємо інструмент виділення фігур «виділення від руки». Далі аналізуємо площі фігури, відкривши вікно «Measure» в команді «Analyze» (рис. 5). Площа обведення (Area) виражена у см<sup>2</sup>.

Запропонована методика визначення віталітетно-розмірної структури популяцій апробована на прикладі модельної популяції *A. thaliana*. Визначили площу внутрішнього фітогенного поля кожного екземпляру вибірки. У програмі STATISICA-6 розрахували базові показники: вибіркове середнє  $\bar{X}_B = 83,37 \text{ см}^2$ ; середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 66,60$ .

Межі довірчого інтервалу  $X \pm tSx$  визначали двома способами – за Ю.А. Злобіним [2], розраховуючи  $Sx$  як «похибку середнього арифметичного» та за М.В. Лебедевою [12], розраховуючи  $Sx$  як «стандартне відхилення». Коефіцієнт Стьюдента ( $t$ ) в обох випадках дорівнює 1,96, що відповідає 95 % довірчому інтервалу для нормального розподілу. Діаграми розмаху, побудовані на основі цих двох підходів, засвідчують, що при множенні коефіцієнта Стьюдента ( $t$ ) на стандартне відхилення ( $\sigma$ ), нижня межа довірчого інтервалу набуває від’ємних значень, що протирічить біологічному змісту, натомість при множенні на похибку середнього арифметичного ( $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ), такого недоліку не зафіксовано. Тому до уваги приймали довірчий інтервал, визначений за методикою Ю.А.Злобіна. Виходячи з вищезазначеного, межі довірчого інтервалу:

$$\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t = 83,37 - \frac{66,60}{\sqrt{20}} \cdot 1,96 = 68,48 \quad \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t = 83,37 + \frac{70,38}{\sqrt{18}} \cdot 1,96 = 98,26$$

Звідси ознака  $X$  належить інтервалу 68,48–98,26, або  $X \in (68,48;98,26)$  з надійністю  $\gamma = 0.95$ . Знаючи довірчий матеріал, визначили віталітетний клас кожної рослини за методикою Ю.А. Злобіна [2]. Особини, які потрапили в інтервал більше  $X + tSx$  віднесли до вищого класу віталітету ( $a$ ), в інтервал  $X \pm tSx$  – до проміжного класу ( $b$ ), в інтервал менше  $X - tSx$  – до нижчого класу ( $c$ ). Завершували віталітетний аналіз визначенням віталітетного типу популяції за індексом якості  $Q = \frac{1}{2}(a+b)$ . При цьому керувалися такими критеріями:  $Q > c$  – популяція процвітаюча;  $Q = c$  – популяція – рівноважна;  $Q < c$  – популяція депресивна. У розглянутому нами прикладі  $Q < c$ , тобто популяція належить до депресивних (табл. 2).

Таблиця 2

Віталітетний тип модельної популяції *Arabidopsis thaliana* L., визначений за внутрішнім фітогенним полем рослин

№ п/п	Площа внутрішнього ФП рослин, см <sup>2</sup>	Довірчий інтервал для вибірки, см <sup>2</sup>	Клас віталітету особин	$Q = \frac{1}{2}(a+b)$	Віталітетний тип популяції
1	323,277	68,48 – 98,26	a	$Q = \frac{1}{2}(5+5) = 5$	$Q < c$ (популяція депресивна)  c=10
2	137,346		a		
3	132,287		a		
4	118,778		a		
5	109,409		a		
6	90,394		b		
7	88,121		b		
8	86,113		b		
9	82,221		b		
10	75,417		b		
11	66,363		c		
12	64,605		c		
13	55,165		c		
14	51,508		c		
15	44,664		c		
16	36,3		c		
17	32,562		c		
18	29,945		c		
19	27,759		c		
20	15,174		c		

У випадку, коли за віталітетно-розмірною структурою популяція виявилася депресивною, постає питання чим зумовлений її пригнічений стан: впливом зовнішніх (абіотичних, антропогенних) чи внутрішніх факторів (розмір-асиметричною конкуренцією). Це залежатиме від того, який об’єм простору в екосистемі займають та контролюють рослини великого

розміру. Якщо ФП великих рослин становить більшу частку сумарного ФП усіх особин у популяції, то має місце розмір-асиметрична конкуренція, якщо великі рослини вбирають частку ФП значно меншу за сумарне ФП, то причиною депресивного стану популяції є вплив зовнішніх факторів. Конкуренцію вважають розмір-асиметричною, коли деякі особини видаляють непропорційно велику кількість ресурсів [13]. При такій конкуренції більші особини пригнічують зростання їх менших сусідів, при цьому перевага досягається завдяки їх здатності швидко зростати, досягати великого розміру та здійснювати випереджувальне непропорційно високе захоплення обмежених ресурсів.

Т.К. Rajaniemi зазначає, що розмір-асиметрична конкуренція виникає унаслідок монополізації ресурсу великими особинами шляхом "перехоплення", тобто використання ресурсу до того, як менші особини зможуть його отримати [14].

Для визначення нерівностей розмірів ФП рослин нами застосовано криву Лоренца та коефіцієнт Джині, запозичені з економіки. Перший з цих показників – графічний, а другий – числовий. Для побудови кривої Лоренца (*Lorenz curve*) необхідно створити три розрахункові таблиці. У першій розрахунковій таблиці розміщуємо площі ФП особин модельної популяції у порядку зростання, одразу розбивши їх на п'ять рівних 20%-вих груп (табл. 3). Оскільки популяційна вибірка складає 20 особин (100%), кожна 20%-ва група буде представлена 4-ма особинами. У другому стовпчику таблиці зазначаємо площі ФП виокремлених 20%-вих груп, сумуючи площі ФП особин, що ввійшли до їх складу. У свою чергу, сукупність виокремлених 20%-вих груп становитиме площу ФП всієї популяційної вибірки, яку ми заносимо у третій стовпчик першої розрахункової таблиці. І, нарешті, в четвертому стовпчику зазначаємо площу ФП виокремлених 20%-вих груп, але вже у відсотках від площі ФП всієї вибірки. Отже, перша група (з найменшими площами ФП) акумулює 6, 32 % сукупного ФП, а п'ята (з найбільшими площами ФП) – 42, 68%.

Таблиця 3

Перша розрахункова таблиця для побудови кривої Лоренца

№ з/п	Площі ФП особин у порядку зростання	Площа ФП виокремлених 20%-вих	Площа ФП популяційної вибірки	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, %
1	15,174	105,44	1667,408	6,32
2	27,759			
3	29,945			
4	32,562			
5	36,3			
6	44,664	187,637		11,25
7	51,508			
8	55,165			
9	64,605			
10	66,363			
11	75,417	288,606		17,31
12	82,221			
13	86,113			
14	88,121			
15	90,394			
16	109,409	374,037		22,43
17	118,778			
18	132,287			
19	137,346			
20	323,277			
		711,688		42, 68

Зміст другого стовпчика розрахункової таблиці для побудови кривої Лоренца запозичено з останнього стовпчика першої розрахункової таблиці (табл. 3). Щодо першого, то для його заповнення необхідно розкрити зміст двох понять – частість (частка, виражена у відсотках до

підсумку) та накопичена частість (визначається шляхом послідовного сумування частостей кожної попередньої та наступної групи). У результаті в останньому рядку маємо отримати 100%. Накопичена частість груп модельної популяції у другій розрахунковій таблиці визначена саме за цим принципом. *Наприклад*, частість першої групи – 20%, частість другої – також 20%, тому накопичена частість буде 20% + 20% = 40%.

Таблиця 4

Друга розрахункова таблиця для побудови кривої Лоренца

Накопичена частість груп модельної популяції, %	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, у % від площі ФП популяційної вибірки
20	6.32
40	11.25
60	17.31
80	22.43
100	42.68

У третій розрахунковій таблиці значення двох перших стовпчиків повторюють значення стовпчиків другої розрахункової таблиці. А у третьому стовпчику – розрахована накопичена частість площ ФП. Для цього послідовно сумуємо площі ФП кожної попередньої та наступної груп, зазначені у другому стовпчику. До прикладу, відсоток площ першої групи становить 6,32 %, а другої – 11,25 %, тоді накопичена частість площ фітогенних полів цих двох груп: 6,32 % + 11,25 % = 17,57 і т.д.

Таблиця 5

Третя розрахункова таблиця для визначення площі під кривою Лоренца

Накопичена частість груп модельної популяції, %	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, у % від площі ФП популяційної вибірки	Накопичена частість площ фітогенних полів, %	Площа трапецій під відрізками кривої Лоренца
20	6,32	6,32	63,2
40	11,25	17,57	238,9
60	17,31	34,88	524,5
80	22,43	57,31	921,9
100	42,68	99,99 (≈100)	1573
			<b>Σ=3321,5</b>

Нарешті, щоб побудувати криву Лоренца (нерівність розподілу площ ФП у модельній популяції), відкладаємо по осі X значення накопиченої частоти груп модельної популяції, а по осі Y – значення накопиченої частоти площ їх ФП. Від точок на осі X та Y, (що відповідають конкретним значенням накопиченої частоти груп та площ ФП) опускаємо перпендикулярні пунктирні лінії, на перетині яких отримуємо точки кривої Лоренца. У даному випадку це точки 0, A, B, C, D, E.

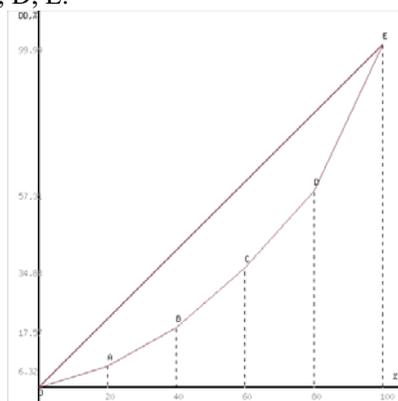


Рис. 9. Крива Лоренца

З'єднавши їх відрізками, отримуємо криву Лоренца. Коефіцієнт Джині на основі кривої Лоренца розраховуємо як відношення площі області, утвореної кривою Лоренца (0ABCDE) і абсолютної рівності (0E) до площі трикутника 0E100, утвореного прямою абсолютної рівності та прямими 100-E та 0-100%, тобто:  $G = (S_{0E100} - S_{\text{під кривою Лоренца}}) / S_{0E100}$ .

Спочатку знаходимо площу фігури, що лежить під кривою Лоренца ( $S_{\text{під кривою Лоренца}}$ ). Для цього визначаємо площі прямокутних трапецій з боковими сторонами АВ, ВС, CD, DE й основами, які відповідають перпендикулярам опущеним з точок А, В, С, D, Е на вісь абсцис та висотою – 20. Площі трапецій знаходимо як добуток півсуми (а, b)основ на висоту (h):  $S = \frac{a+b}{2} \cdot h$ .

Окремо знаходимо площу трикутника під відрізком OA за формулою:  $\frac{1}{2}$  добутку катетів трикутника. Дані про площі 4-ох трапецій та одного трикутника заносимо у четвертий стовпчик третьої розрахункової таблиці (табл. 6). Склавши площі зазначених фігур, отримаємо площу фігури під кривою Лоренца – 3321,5. Визначаємо площу трикутника  $S_{0E100}$  за формулою:

$$S_{0E100} = \frac{a \cdot h}{2}, \text{ отже } S_{0E100} = \frac{100 \cdot 100}{2} = 5000$$

Звідси коефіцієнт Джині дорівнює:  $G = (5000 - 3321.5) / 5000 = 0.3357$

Можна розрахувати індекс Джині (G) і числовим способом. Для цього скористаємося формулою:  $G = \sum_{i=1}^{n-1} p_i q_{i+1} - \sum_{i=1}^{n-1} p_{i+1} q_i$

де  $p_i$  – накопичена частість груп модельної популяції, поділена на 100;

$q_i$  – накопичена частість площ ФП, поділена на 100.

Отже, спочатку розраховуємо величини  $p_i$  і  $q_i$ . Для цього скористаємося даними про накопичену частість груп модельної популяції та накопичену частість площ фітогенних полів з першого та третього стовпчиків третьої розрахункової таблиці (табл. 6), але поділимо їх на 100. Це і будуть показники  $p_i$  та  $q_i$ . Для одержання  $p_i q_{i+1}$  першого рядка третього стовпчика множимо показник  $p_i$  у тому ж рядку першого стовпчика на зсунутий на один рядок униз показник другого стовпчика:

$$p_1 q_{1+1} = 0.2 \times 0.1757 = 0.03514$$

Цього ж принципу дотримуємося при розрахунках усіх показників 3-ого та 4-ого стовпчиків даної таблиці. Коефіцієнт Джині дорівнює:

$$G = \sum p_i q_{i+1} - \sum p_{i+1} q_i = 1.31844 - 0.98284 = 0.3356.$$

Коефіцієнт Джині дорівнює:  $G = \sum p_i q_{i+1} - \sum p_{i+1} q_i = 1,31844 - 0,98284 = 0,336$ .

Таблиця 6

Базова таблиця для розрахунку коефіцієнта Джині

$p_i$	$q_i$	$p_i q_{i+1}$	$p_{i+1} q_i$
0.2	0.0632	0.03514	-
0.4	0.1757	0.1395	0.02528
0.6	0.3488	0.3439	0.1054
0.8	0.5731	0.7999	0.279
1	0.9999	-	0.5731
Всього		1.3184	0.9828

Одержаний коефіцієнт Джині належить до низьких, тому депресивний стан цієї популяції не можна пояснити розмір-асиметричною конкуренцією. Робимо висновок, що він зумовлений зовнішніми факторами (абіотичними або антропогенними).

### Висновки

Запропонований нами метод дозволяє спростити дослідження віталітетної структури і по суті зводиться до монокритеріального (одновимірного) визначення розмірної структури популяцій. Він ефективний, зручний, не потребує кропітких лабораторних досліджень, скорочує час камеральної обробки.

Розроблена методика, дозволяє уникнути знищення рослин, яке неминуче відбувається при обчисленні комплексу морфометричних параметрів. Вона може бути застосована для дослідження віталітетної структури рідкісних видів на основі їх фотографій, зроблених у природних умовах. Методика носить універсальний характер, оскільки дозволяє оцінювати віталітетно-розмірну структуру популяцій різних видів за одним єдиним критерієм – площею внутрішнього фітогенного поля.

1. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценопопуляций растений [Электронный ресурс] / Ю. А. Злобин // Изд-во Казанского ун-та. — 1989. — Режим доступа до ресурсу: <https://www.twirpx.com/file/394596/>.
2. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. — Сумы: Университетская книга, 2009. — 263 с.
3. Конюхов А. Л. Руководство к использованию программного комплекса ImageJ для обработки изображений: Учебное методическое пособие [Электронный ресурс] / А.Л. Конюхов // Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. — 105 с. — Режим доступа до ресурсу: <file:///Desktop/ImageJ.pdf>.
4. Рождественська Л. Г. Статистика ринку товарів і послуг: Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 2005. — 419 с.
5. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники, 1965. — Т. 1. — С. 251-254.
6. Кучерявий В. П. Фитогенне поле і фітомеліорація: питання теорії та практики [Електронний ресурс] / В. П. Кучерявий // Науковий вісник НЛТУ України. - 2016. - Вип. 26.7. - С. 15-24. — 2016. — Режим доступа до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvntu\\_2016\\_26.7\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvntu_2016_26.7_4).
7. Черняева Е. В. Аллелопатический режим фитогенного поля спиреи nipponской (*Spiraea nipponica* Maxim. [Электронный ресурс] / Е. В. Черняева, В. П. Викторов // Вестник ТГУ, т.19, вып.5, 2014. — 2014. — Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/>.
8. Горелов А. М. Фитогенное поле и его структура [Электронный ресурс] / А.М. Горелов // Электронный журнал «Вестник МГОУ». — 2013. — № 1.— 1-10. — Режим доступа до ресурсу: [www.evestnik-mgou.ru](http://www.evestnik-mgou.ru).
9. Руденко С.С. Методика візуалізованої оцінки середовищевірного впливу едіфікатора в лісовій екосистемі / С.С. Руденко, М.В. Талах // Екологія та ноосферологія. — 2008. — Т. 19, № 1-2. — С. 44—52.
10. Заугольнова Л. Б. Особенности популяционной жизни растений / Л.Б. Заугольнова, Л.А. Жукова, Н.И. Шорина // Популяционные проблемы в биогеоценологии: статьи. — М., 1988. — С. 24—59.
11. Горелов О. М. Методичні аспекти вивчення фітогенних полів // Наук. вісн. Чернів. унту. — Серія: Біологія. — 2004. — Вип. 223. — С. 237—242.
12. Лебедева М.В. Виталитетная структура ценопопуляций некоторых видов семейства *Crossulaceae* DC. на южном Урале / М.В. Лебедева, Л.М. Абрамова // Вестник Томского государственного университета. — 2015. — № 400. — С. 315—321.
13. Freckleton R. P. Asymmetric competition between plant species [Электронный ресурс] / R. P. Freckleton, A. R. Watkinson // Functional Ecology. — 2001. — Режим доступа: <https://doi.0269-8463.2001.00558.x>
14. Rajaniemi T. K. Explaining productivity-diversity relationships in plants [Электронный ресурс] / Т. К. Rajaniemi // *Oikos* 101, 449-457. — 2003. — Режим доступа: <https://doi:10.1034/j.1600-0706.2003.12128.x>
15. Чанг Ха-Юн. Економіка. Інструкція з використання: Пер. з англ. / Ха-Юн Чанг. — К.: Наш Формат, 2016. — 400 с.

*S. S. Rudenko, T. V. Morozova, V. V. Hrubin'ko, S. S. Koshtishin*

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

#### EXPRESS METHOD OF ASSESSMENT OF VITALITETAL-DIMENSIONAL STRUCTURE OF POPULATIONS (AS EXAMPLE *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH.)

An express method of estimating the vitality-dimensional structure of populations is proposed. The method involves the use of a mono-criterion – the area of the internal phytogenic field of plants. The latter is determined on scalable photographs of plant, using an ImageJ analysis and image processing program. In the case when the population was depressed in vitality-dimensional structure, it is also proposed to determine the cause of the depressive state: the influence of external (abiotic, anthropogenic) or internal factors (size-asymmetric competition). For this purpose, it is recommended to combine the application of the Lorentz and the Gini coefficient. The method is tested on the example of the model population *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Express-methodology will be useful for environmentalists in cases where the assessment of the vitality-size structure of populations is limited by short terms of research and the need for rapid decision-making.

*Key words: vital structure of populations, size structure of populations, phytogenic field, ImageJ program, Lorentz curve, Gini coefficient, Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.*

Рекомендує до друку

Надійшла 26.10.2018

В. І. Парпан