

Романчук Л.Д.,
д.с.-г.н., проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку,
Федонюк Т.П.,
к.с.-г.н., доцент кафедри екології лісу та безпеки життєдіяльності,
Петрук А.А., аспірант
Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир

БІОІНДИКАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКОМ ФЛУКТУАЦІЙНОЇ АСИМЕТРІЇ ВИЩОЇ ВОДНОЇ РОСЛИННОСТІ

У водних екосистемах вища водна рослинність, яка існує певний час, підтримує рівень гомеостазу, порушення якого можливі лише у екосистемах, які наближаються до меж екологічної толерантності.

З огляду на це, показник стабільності розвитку компонентів водних екосистем може слугувати своєрідним «лакмусовим папірцем». Одним з методів, що яскраво ілюструють індикаційні властивості вищих водних рослин є визначення інтегрального показника флуктуаційної асиметрії. За визначенням Константінова (2001), під флуктуаційною асиметрією розуміють незначні і випадкові відхилення від суворої білатеральної симетрії біооб'єктів. Особливістю цієї асиметрії у порівнянні зі спрямованою асиметрією і антисиметрією є відсутність окресленого пристосувального значення. Флуктуаційна асиметрія є лише показником несуттєвих порушень у симетрії об'єктів, які цілком можна пояснити природнім добром і, по суті, є відображенням стабільності розвитку. Показник флуктуаційної асиметрії є відображенням ступеня відхилення від стандартної реакції на антропогенні чи природні чинники шляхом зміни основних морфологічних показників окремих організмів чи навіть популяцій. У світі досить давно такі методи використовують у оцінці стану екосистем, однак розроблені вони в основному для тваринних організмів та водоростей, вища водна рослинність у такому напрямку досліджена мало, а у зоні Полісся не вивчена взагалі.

Під час проведення досліджень ми використовували види рослин, що вільно зростали в усіх обраних гіротопах у кількостях, достатніх для отримання достовірних даних: рдесник пронизанолистий та сальвінія плаваюча (*P. perfoliatus*, *S. natans*), окрім цього до гіротопів штучним способом було додано два види рослин, які мають високу здатність до виживання, а також фільтраційні та гідромеліоративні властивості – ейхорнію плаваючу та пістію тілорізovidну (*E. crassipes* та *P. stratiotes*). Перші два види широко апробовані у практиці біоіндикації у інших регіонах України, останні два види у якості біоіндикаторів використані вперше.

Збір листя здійснювали в літні періоди 2013-2017 рр. на трьох стаціонарних ділянках: першу розміщували на ділянці насосної станції першого відбору КП «Житомирводоканал» (с.Перлявка Житомирської області), значення яких прийнято за показники умовного контролю. друга ділянка розміщувалась на відстані 1 км від місця скиду побутових стічних вод КП «Житомирводоканал» у м.Житомир, окремо розміщували гідробіонти безпосередньо у стічні води, що поступають на очисні споруди КП «Житомирводоканал» без попереднього розбавлення. Усі досліджувані гіротопи мають різний ступінь забруднення і за показником якості води в межах дослідження розміщені у порядку зростання. Об'єкт вибірки склав в умовах ділянки 1 – 580 листових пластинок, ділянки 2 – 602 листові пластинки, ділянки 3 – 306 листових пластинок. Вимірювання здійснювали за допомогою електронного штанген-циркуля з точністю до 0,01 мм. Для гідробіонтів при виборі параметрів керувались морфометричними критеріями, запропонованими А.А. Ізотовим (2003).

Флуктуаційну асиметрію оцінювали шляхом визначення інтегрального показника, який являв собою середню різницю між сторонами на ознаку: $K_{FA} = \frac{\sum_{i=1}^k (d_{i-r})_i}{nk}$, де $d_{i-r} = \frac{d_i - d_r}{d_i + d_r}$; k – число ознак, d_i , d_r – значення виміру ознаки зліва і справа листової пластинки, n – чисельність вибірки.

Також, здійснювали визначення індикаційних ознак в модельному експерименті при експозиції тривалістю 4 тижні на розчинах з різним вмістом забруднювачів. Аналізували ступінь пошкодження листя шляхом поділу пошкоджених ділянок на жовтухи і мозаїки. Визначення площ пошкодження здійснювали шляхом визначення ланцюгового ходу Фрімана у програмі CraftDuino. В основу оцінки морфологічного різноманіття було покладено аналіз вибірки листових пластинок різних градацій кольору. Морфологічну різноманітність було оцінено з допомогою індексу Шеннона $H = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$, де H - індекс Шеннона, p_i – частка листових пластинок у вибірці, що відносяться до i-ої градації параметра, N – загальна кількість градацій аналізованого параметра.

Для дослідження росту та розвитку водних рослин нами було побудовані модельні споруди. Аналіз пошкоджень листових пластинок у різних за антропогенним навантаженням умовах місцезростання показав деякі відмінності у рості, розвитку та морфологічних ознаках наявних там макрофітів. Частка пошкоджених листків у всіх видів макрофітів зростала закономірно в умовах сильнішого антропогенного навантаження. Причому відмінності у забарвленні листя спостерігались вже на 5 день після початку експерименту. Кількість пошкодженого листя склала в умовах водного середовища імпактної ділянки № 2 – 6 %, а в умовах стічних вод – 13 %. Загалом, за місячний термін частка пошкодженого листя водних макрофітів в умовах фонові ділянки склала 12 %, вдвічі більше пошкодженого листя відмічено в умовах ділянки № 2 – 24 % та 58 % - в умовах стічних вод ділянки № 3.

Пошкодження листя ми умовно поділили на групи: перша – мозаїки з появою нерівномірного забарвлення листкових пластинок з жовтуватими, буруватими та іншими плямами, які свідчать про початкові стадії руйнування хлорофілу, другу групу склали жовтухи – явно виражені жовті ділянки, поява яких спричинена руйнуванням хлорофілів, а отже незворотними ознаками пошкодження листя.

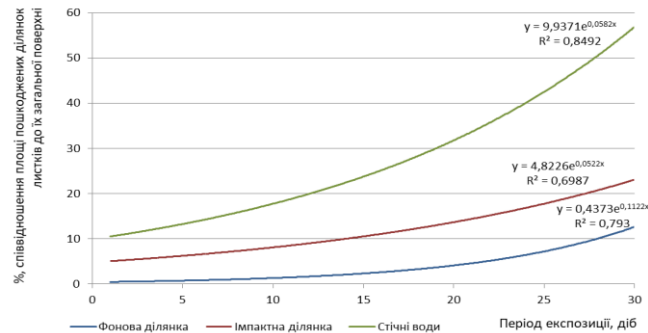


Рис. 1. Пошкодження листкових пластинок водних макрофітів у різних за забрудненням умовах

Найбільш виразними ознаками наявності порушень у водних екосистемах відрізнялися рослини рдесника, де з усієї вибірки листя частка поверхні, що мала мозаїчні ушкодження становила 24 %, а виразні пожовтіння – 36,5 %, менше реагували рослини сальвінії, де ці показники були відповідно – 27,8 та 31,2 %.

У рослин ейхорнії механізми реагування на антропогенні забруднення дещо інші, зокрема незначна мозаїчність спостерігалась у 31,5 % листя, а площа пожовтіння серед усіх досліджених гідрофітів була найнижчою – 10,2 %, це ми пов'язуємо з дуже сильними механізмами адаптації та виживання даного виду у стресових умовах, що підтверджується і численними літературними даними. У пістії механізми реагування на антропогенне забруднення були в цілому нижчими, загалом частка ушкоджених листків склала 38,3 %, з них мозаїчні ділянки – 16,2% та пожовтівші – 22,1 %.

Для більш докладного аналізу морфологічної різноманітності вибірок листкових пластинок вищих водних рослин, що зростали в різних за забрудненістю умовах ми розрахували та проаналізували індекс Шеннона.

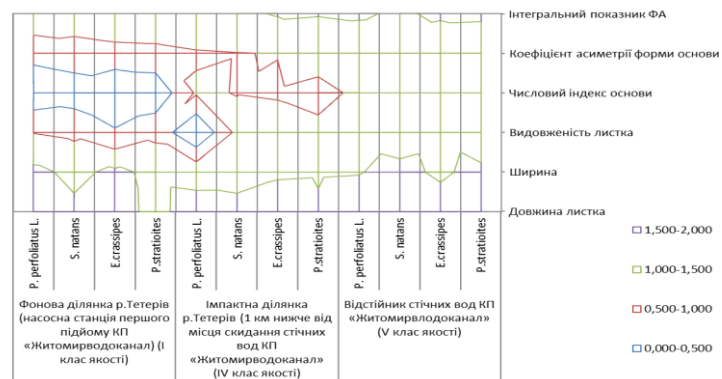


Рис.2. Морфологічні відмінності листкових пластинок гідробіонтів в різних за забрудненням умовах за показником індексу Шеннона, нати

Найбільше різноманіття морфологічних різновидів гідробіонтів були отримані на ділянці з стічними водами. Як свідчать отримані індекси Шеннона це стосується усіх абсолютно ознак, за якими відбирались листки, за винятком ширини листя.

Мінімальні значення морфологічного розмаїття за усіма аналізованими параметрами відзначені для вибірки листя з гідробіонтів фонові ділянки (умовний контроль).

Флуктуаційну асиметрію можна вважати найбільш точним методом біоіндикаційних досліджень, адже асиметрія біологічних об'єктів виявляється мінімальною лише за оптимальних умов середовища, а неспецифічні морфологічні видозміни проявляються в стресових умовах. Максимальні значення аналізованих параметрів були відзначені нами в умовах найбільш забруднених об'єктів – стічних вод. Аналізовані морфологічні ознаки можна розділити на дві групи. Для першої групи ознак характерне суттєве зростання різноманітності прояву при переході від більш сприятливих умов зростання (фонові ділянка) до менш сприятливим (стічні води). До таких ознак належать числовий індекс основи (значення індексу Шеннона зростає від 0,002 до 1.254), видовженість листової пластинки (значення індексу Шеннона змінюється від 0,562 до 1,356) та коефіцієнт асиметрії форми основи (значення індексу Шеннона змінюється від 0,658 до 1,277). Друга група ознак – помірне та незначне зростання їх різноманітності. До цієї групи слід віднести ознаки довжини і ширини листка (зміни значень індексу Шеннона від 1,398 до 1,745 для показника довжини листка та від 1,345 до 1,648 для ширини листка).