

УДК: 581.132+631.89+632.122

**МАРКЕРНІ ПАРАМЕТРИ ФЛУОРИСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ  
ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ *MISCANTHUS* ×  
*GIGANTEUS* В УМОВАХ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ І  
ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТУ БІОЧАРОМ**

**Герц А. І., Герц Н. В., Конончук О. Б., Хоменчук В. О.**

Тернопільський національний педагогічний університету  
імені Володимира Гнатюка

E-mail: herts@chem-bio.com.ua

Адаптація рослинного організму до мінливих умов навколишнього середовища пов'язана із змінами в засвоєнні і розподілі Карбону та поживних речовин, що у свою чергу впливає на фотосинтетичний апарат (ФСА) [1].

Нафтове забруднення є суттєвим стресором для рослин. Його вплив пов'язаний із безпосередньою дією легких фракцій нафти на погіршенням агрохімічних, агрофізичних і біологічних властивостей ґрунту, а відтак, на фізіолого-біохімічні та морфометричні параметри рослин. Токсична дія нафтопродуктів запускає адаптаційні механізми рослин, зокрема, призводить до зміни вмісту хлорофілів і каротиноїдів, фенолів, проліну, порушує гормональний баланс, сприяє синтезу стресових білки тощо [2].

Одним із шляхів оптимізації ґрунтових характеристик на фоні нафтового забруднення є фітореMediaція [5], зокрема за допомогою біоенергетичної культури міскантус *Miscanthus* × *giganteus* [4]. Разом з тим, для зниження токсичного впливу нафтового забруднення ґрунту застосовують біочар [6]. Останній сприяє покращенню фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту і, як наслідок, зростанню продуктивності рослин [6]. Загалом, більшість наукових досліджень вказує на позитивну дію даного добрива на ґрунт і на морфометричні параметри рослин, навіть за наявності у ґрунті нафтопродуктів [2, 3].

Відомо, що рослини виявляють певний рівень толерантності до нафтового забруднення ґрунту [2]. Наразі,

**Екологія та охорона навколишнього середовища. Прикладні  
аспекти адаптації та хімічні основи життєдіяльності  
організмів**

---

інформації щодо впливу нафтопродуктів на фотосинтетичну активність хлоропластів листків міскантусу недостатньо.

Метою роботи було дослідження показників фотосинтетичної діяльності, як маркерів адаптаційної здатності *M. × giganteus* до нафтового забруднення ґрунту в присутності біочару.

Експеримент проводили в теплиці Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка у ґрунтовій культурі. Для вирощування рослин використовували чорнозем типовий важкосуглинистий слабогумусний без додавання (серія 1) та із домішування 5 % за сухою масою біочару (серія 2) і дизельного пального у кількості 0 (А); 0,25 г/кг (В); 1 г/кг (С); 3 г/кг (D); 5 г/кг (Е) субстрату.

Впродовж експерименту визначали фізіологічні показники стану й активності ФСА рослин на повністю сформованих листках верхнього ярусу за допомогою портативних флуориметрів. Оцінку стану ФСА здійснювали на основі параметрів індукції флуорисценції хлорофілу (ІФХ). Статистичну обробку даних, зокрема, описову статистику, проводили за допомогою дисперсійного аналізу ANOVA.

Використовуючи для кількісної оцінки абіотичного стресу РАМ флуориметри, проведено аналіз стану первинних процесів фотосинтезу у хлоропластах листків *M. × giganteus*. Охарактеризовано зміни квантової ефективності ФСII та низки параметрів ОЛР-тесту у відповідь на токсичний вплив нафтопродукту, який виступає стресором. За допомогою математичної обробки результатів дослідження виявлено найвагоміші маркерні параметри флуоресценції, що можуть бути використані для оцінки зазначеного типу абіотичного стресу. Встановлено, що  $f_{Ro}$  (максимальний квантовий вихід первинної фотохімічної реакції),  $f_{II}$  (квантова ефективність ФСII),  $f_{Eo}$  (квантова ефективність перенесення електронів від  $Q_A$ ),  $E_{t0}/RC$  (потік електронів, перенесених через один активний реакційний центр) негативно корелюють з такими параметрами флуоресценції, як  $f_{NPQ}$  (квантовий вихід NPQ),  $f_{Do}$  (квантова ефективність розсіювання енергії),  $Di_0/RC$  (загальна кількість

**Екологія та охорона навколишнього середовища. Прикладні  
аспекти адаптації та хімічні основи життєдіяльності  
організмів**

---

енергії, що розсіюється одним реакційним центром у вигляді тепла, флуоресценції або перенесенням до іншої фотосистеми), ABS (потік енергії, що поглинається що одним активним реакційним центром), Mo (швидкість закривання реакційних центрів ФС II),  $Tr_0/RC$  (потік енергії збудження, що вловлюється одним активним реакційним центром на початку освітлення). Параметри  $Di_0/RC$  та  $fNPQ$ , що пов'язані з роботою РЦ та характеризують дисипацію енергії на рівні світлозбирального комплексу, можна, як  $Et_0/RC$ ,  $\phi Do$ , вважати специфічними для рослин міскантусу за дії дизельного пального.

Виявлено, що серед низки характеристик флуоресценції хлорофілу, нефотохімічне гасіння та загальна кількість енергії, що розсіюється одним реакційним центром є найбільш чутливими та здатними виявляти найменші зміни на рівні первинних процесів фотосинтезу в такого типу дослідженнях.

Наявність біочару у ґрунті, який був забруднений дизельним паливом у кількостях 0,25-5 г/кг, знижує токсичний вплив поллютанта на рослини, що проявлялось у підвищенні ефективності використання енергії збудження молекулами хлорофілу в антенах ФСII, зниженні ймовірності перетворення активних центрів ФСII в місце теплової дисипації енергії та підтриманні вмісту хлорофілу у листках. Це дає змогу повноцінно використовувати світлову енергію поглинуту листками та в цілому підтримувати функціональний стан фотосинтезу рослин.

Отже, базуючись на параметрах оцінки первинних процесів фотосинтезу, для зниження стресу та оптимізації фотосинтетичних параметрів хлоропластів листків *Miscanthus × giganteus* в умовах забруднення ґрунту дизельним паливом, доцільно вносити 5 % біочару.

Список літератури

1. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / Шадчина Т. М. та ін. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
2. Терек О. І. Механізми адаптації рослин до нафтового забруднення. *Біологічні студії*. 2018. Т. 12, № 3–4. С. 141–

164. <https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579> (дата звернення: 29.04.2023).
3. Pidlisnyuk V., Herts A., Khomenchuk V., Mamirova A., Kononchuk O., Ust'ak S. Dynamic of Morphological and Physiological Parameters and Variation of Soil Characteristics during *Miscanthus* × *giganteus* Cultivation in the Diesel-Contaminated Land. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 4, 798. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040798> (Last accessed: 28.04.2023).
4. Pidlisnyuk V., Stefanovska T., Lewis E.E., Erickson L.E., Davis L.C. *Miscanthus* as a Productive Biofuel Crop for Phytoremediation. *Crit. Rev. Plant Sci*. 2014, Vol. 33, Iss. 1. P. 1–19. doi:10.1080/07352689.2014.847616 (Last accessed: 28.04.2023).
5. Susarla S., Medina V. F., McCutcheon S. C. Phytoremediation: An Ecological Solution to Organic Chemical Contamination. *Ecol. Eng*. 2002. Vol. 18, Iss. 5. P. 647–658. doi:10.1016/S0925-8574(02)00026-5 (Last accessed: 28.04.2023).
6. Tomczyk A., Sokolowska Z., Boguta P. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environ. Sci. and Bio/Technol*. 2020. Vol. 19, Iss. 1. P. 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3> (Last accessed: 29.04.2023).

УДК [504.73:574.68](282.247.314)

**ПОСТ-ПОЖЕЖНЕ ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОГО  
ПОКРИВУ ПЛАВНЕВИХ СИСТЕМ ДНІСТРОВСЬКОГО  
ЛИМАНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДЗЗ.**

**Дворецький Т.В.**

Інститут Гідробиології НАН України

E-mail: d.taras.v@gmail.com

Випалювання є найбільш поширеним і також найбільш суперечливим методом регулювання фіторізноманіття плавневих