

УДК 581.144.2+581.524+581.55

РЕАКЦІЇ ОСОКИ ШЕРШАВОЇ НА НАФТОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ**Н. Джура, О. Цвілинюк, О. Терек**

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна
E-mail: biofr@franko.lviv.ua, Gjurana@ukr.net

Досліджено фізіолого-біохімічні реакції осоки шершавої (*Carex hirta* L.) першого і другого року життя на дію нафтового забруднення ґрунту. З'ясовано, що в разі сильного забруднення ґрунту нафтою гальмується ріст рослин, активується перекисне окислення ліпідів у листках і кореневищах, змінюється вміст хлорофілів *a* і *b*, збільшується кількість каротинів. Це свідчить про фізіологічну адаптацію рослин до нафтового забруднення.

Ключові слова: нафтове забруднення, морфологічні та фізіологічні реакції, перекисне окислення ліпідів, каротини, хлорофіли, адаптація рослин.

Нафтовидобувна та нафтопереробні галузі промисловості є важливими в господарстві, однак вони чинять значний тиск на природне середовище [1, 8]. Вплив нафтового забруднення на рослинні організми відбувається двома шляхами: безпосередньо – внаслідок проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продири листків і включення їх у метаболізм, та опосередковано – через зміни фізико-хімічного складу ґрунту та порушення його біотичних властивостей [13]. Вживання рослин на забруднених територіях забезпечує лабільність їхніх функціональних систем. Адаптаційні зміни рослин – мешканців техногенних екотопів, збільшують витрати енергетичних ресурсів рослинного організму, що призводить до зменшення біомаси, мінімізації розмірів наземної частини рослин, зміни асиміляційних органів. Проникнення компонентів рідких фракцій нафтопродуктів у рослинні організми через кореневу систему зумовлює адаптаційні реакції, в тому числі фізіологічні [5, 6].

На Бориславщині, що у Львівській області України, у природних умовах проводили дослідження з метою виявлення стійких до нафтового забруднення видів трав'янистих рослин [13, 14]. Один із таких видів – осока шершава (*Carex hirta* L.), яка є об'єктом наших досліджень.

Осока шершава – багаторічна рослина з довгими підземними міцними горизонтальними кореневищами і прямостоячими пагонами. Вона має своєрідну внутрішню будову. Наявність повітронесних порожнин у кореневищах дає змогу виду зростати в умовах дефіциту ґрунтового кисню. Різноманітність форм вегетативного розмноження забезпечує проходження додаткових малих циклів, що допомагає *Carex hirta* зберігати головні популяційні параметри в умовах нафтових забруднень [13, 14]

У природних умовах Ботанічного саду Львівського національного університету імені Івана Франка влітку 2004 р. закладено модельні дослідні ділянки. У посудини з ґрунтом об'ємом 15 л вносили нафту густиною 0,96 г/мл у таких концентраціях: 50 мл нафти на 1 кг ґрунту, що відповідає 48 г/кг, і 100 мл нафти на 1 кг ґрунту, що відповідає 96 г/кг ґрунту. Через три тижні після внесення нафти у ґрунт (необхідний термін для вивітрювання летких нафтопродуктів) висаджували вегетативні особини *Carex hirta*. Ґрунт і рослини брали з екологічно чистої території м. Борислава. У рослинах *Carex hirta*, які відросли з корене-

вищ материнських особин, на першому (вересень 2004 р.) і другому році досліджень (червень, вересень 2005 р.) аналізували морфофізіологічні особливості: ріст, пігментний комплекс, активність перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ). Вміст хлорофілів *a* і *b* визначали шляхом екстрагування пігментів ацетоном з наступним визначенням їхньої оптичної густини [10]. Вміст каротинів визначали за методом Попандопуло [9]. Активність процесів ПОЛ – за утворенням малонового діальдегіду (МДА) [10].

Ріст є одним з найважливіших параметрів, які характеризують відповідну реакцію рослин на стрес. Морфометричний аналіз особин засвідчив, що є значна різниця в розмірах наземної частини вегетативних пагонів осоки шершавої за дії нафтового забруднення ґрунту. Отримані результати наведено у таблиці.

Висота наземної частини осоки шершавої за дії нафтового забруднення ґрунту, см; $M \pm m$; $n = 10$)

Варіанти	Вересень 2004 р.	Вересень 2005 р.
Контроль (ґрунт без нафти)	23,0 ± 0,5	48,4 ± 4,1
Забруднення ґрунту 48 г/кг	20,6 ± 0,6	35,0 ± 5,5
Забруднення ґрунту 96 г/кг	14,5 ± 0,8	23,2 ± 2,5

Наведені у таблиці дані свідчать, що висота наземної частини рослин зі збільшенням концентрації нафти в ґрунті знижується щодо контролю. Наші результати узгоджуються з даними літератури, зокрема, що фітотоксичність ґрунту і ступінь інгібування росту і розвитку рослин прямо залежать від інтенсивності та довготривалості забруднення, це зумовлено як токсичністю нафти, так і набутими гідрофобними властивостями ґрунту [2, 4].

Сьогодні значну увагу приділяють дослідженню процесів ПОЛ мембран рослинних організмів за умов різного рівня стресового впливу. Доведено, що цей процес є одним з універсальних індикаторів реакції клітини на дію низки абіотичних і біотичних чинників [3, 12]. Відомо, що у відповідь на різні стресові впливи в клітинах рослин збільшується вміст МДА, а це може слугувати показником активності окиснювальних процесів, зумовлених кисневими радикалами [10].

Ми визначали рівень пероксидації за інтенсивністю накопичення МДА. Дані відображено на рис. 1. З отриманих результатів видно, що вміст МДА у рослинах, які відросли з материнських особин на першому і другому році досліджень, вищий у листках порівняно з кореневищами в усіх варіантах, особливо за дії високого забруднення ґрунту (96 г/кг). Очевидно, хлоропласти суттєво впливають на розвиток ПОЛ, бо містять велику кількість ненасичених жирних кислот у мембранах тилакоїдів, а також є джерелом активних форм кисню [12, 16]. Така зміна ліпідного складу мембран є однією з важливих реакцій у відповідь на стрес, що дає змогу живим організмам швидко і без особливих енергетичних затрат пристосуватися до тих чи інших умов існування [7].

З рис. 1 видно, що вміст МДА у рослин другого року досліджень (червень 2005 р.) у разі забруднення ґрунту 96 г/кг є приблизно однаковий як у листках, так і в кореневищах порівняно з контролем, тоді як у випадку забруднення ґрунту 48 г/кг його вміст у кореневищах знижується. Це може свідчити про те, що рослини за рік адаптувалися до забруднення.

Відомо, що зміна активності процесів генерації активних форм кисню простежується в онтогенезі рослин за нормальних умов росту і розвитку та у відповідь на стресові

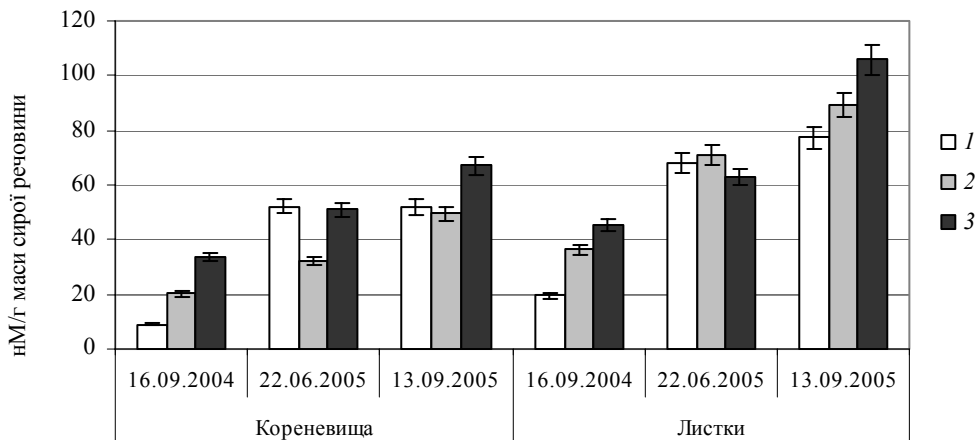


Рис. 1. Інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у *Carex hirta* за дії нафтового забруднення, нМ/г маси сирої речовини. Забруднення ґрунту, г/кг: 1 – контроль; 2 – 48; 3 – 96.

чинники (водний дефіцит, забруднення середовища тощо) [9]. Тому значне зростання вмісту МДА у рослин другого року досліджень (червень, вересень 2005 р.) порівняно з рослинами першого року (вересень 2004 р.) можна пояснити появою генеративних пагонів у *Carex hirta* (літо 2005 р.), посушливими кліматичними умовами року і старінням рослин (осінь 2005 р.).

Опосередкований вплив нафтового забруднення на рослинні організми внаслідок змін фізико-хімічних властивостей ґрунту зумовлює порушення кореневого живлення. Це призводить до пригнічення фотосинтетичної діяльності, що пов'язано з пігментним фондом рослин, серед яких важливу роль відіграють зелені та жовті пігменти [2, 6, 15]. Вміст хлорофілів у листках рослин є однією з найвиразніших характеристик адаптації фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих умов довкілля [11]. Каротиноїди – це поліфункціональні пігменти. Вони відіграють роль допоміжних пігментів під час фотосинтезу, мають захисну функцію, яка полягає у формуванні захисних механізмів фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих чинників довкілля [17]. Зокрема, каротиноїди функціонують як антиоксиданти, що виводять вільні радикали з обігу ланцюгових вільнорадикальних реакцій. Зазначимо, що каротиноїди розглядають як один з чинників, що забезпечує толерантність рослин до різних видів забруднення. Вони виконують захисну функцію в рослинах під час оксидативного стресу, спричиненого стресовими чинниками, у наших дослідженнях – нафтовим забрудненням. У цьому разі утворюються гідроксильні радикали та пероксид водню, активується антиоксидантна система. Пероксид водню є сигналом для активації захисних систем, активатором експресії генів і активатором процесів, що приводять до підвищення стійкості рослин [18].

Ми визначили вміст хлорофілів і каротинів у рослинах *Carex hirta* за дії нафтового забруднення. Отримані дані показано на рис. 2 і 3. З рис. 2 бачимо, що листки дослідних рослин порівняно з контролем містять менше хлорофілу *a*, тоді як у разі забруднення ґрунту 96 г/кг зростає вміст хлорофілу *b* у вересні 2004 р. У дослідних рослин другого року життя зафіксовано зменшення хлорофілу *b*, у тому числі й у контролі. Отже, хлорофіл *b* чутливіший до дії різних чинників навколишнього середовища. Цю реакцію можна назвати фізіологічною адаптацією рослин, яка включає внутрішні механізми захисту і протистоїть стресовим впливам, адаптуючись до них.

Як показано на рис. 3, у разі забруднення ґрунту 48 г/кг, у вересні 2004 та 2005 рр. збільшився вміст каротинів щодо контролю. Проте у дворічних рослин порівняно з однорічними зареєстровано зменшення каротинів, що, ймовірно, пов'язано з адаптацією рослин до забруднення.

Отже, виживання рослин осоки шершавої за постійної дії нафтового забруднення ґрунту можливе в разі адаптації метаболізму самої рослини, що досягається шляхом перебудови комплексу морфоанатомічних і фізіолого-біохімічних адаптаційних механізмів. Чим більше механізмів адаптації використовує рослина одночасно на різних рівнях, тим більша стійкість організму. Вивчення фізіолого-біохімічних шляхів адаптації стійких рослин до нафтового забруднення є важливим для наукового обґрунтування рекомендацій щодо способів фіторекультивациї територій, забруднених нафтою і нафтопродуктами.

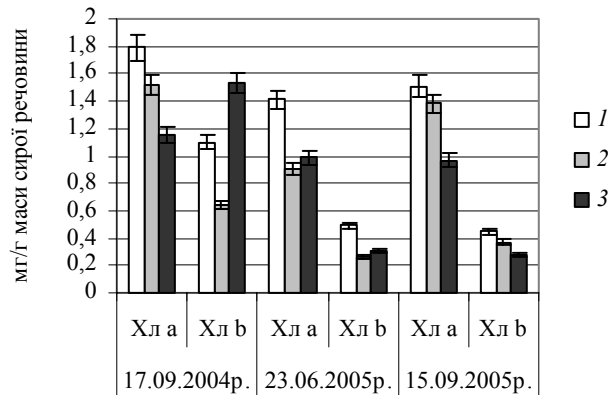


Рис. 2. Вплив нафтового забруднення на вміст хлорофілів у *Carex hirta*. Позначення ті ж, що й на рис. 1.

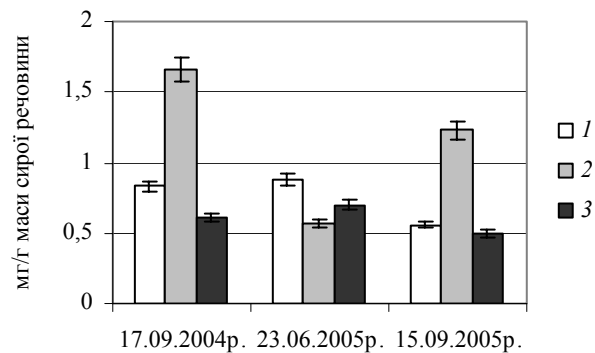


Рис. 3. Вплив нафтового забруднення на вміст каротинів у *Carex hirta*. Позначення ті ж, що й на рис. 1.

1. Гасанов Р. А. Нефтяное и промышленное загрязнение. Фотосинтез фитопланктона // Человек и биосфера. 1982. Вып. 7. С. 163–167.
2. Гашева М. Н., Гашев С. Н., Соромотин А. В. Состояние растительности как критерий нарушенности лесных биоценозов при нефтяном загрязнении // Экология. 1990. № 2. С. 77–78.
3. Гришко В. Визначення вмісту продуктів пероксидного окислення ліпідів проростків за дії фтору // Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти. Тези доп. II міжнар. конф. Львів: Сполом, 2004. С. 227.
4. Грищенко О. М. Ботанические аномалии как поисково-разведочный критерий нефтегазоносности // Экология. 1982. № 1. С. 18–22.
5. Джура Н, Цвілинюк О., Терек О. Вплив нафтового забруднення ґрунту на морфофізіологічні особливості осоки шершаволистої (*Carex hirta*) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2005. Вип. 40. С. 51–58.
6. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Киев: Наук. думка, 1996. 240 с.

7. *Котлова Е. Р., Шадрин Н. В.* Участие мембранных липидов в адаптации *Cladophora (Chlorophyta)* к обитанию в мелководных озерах с различной соленостью // Ботан. журн. 2003. Т. 88. № 5. С. 38–44.
8. *Медведев Е. И.* Динамика восстановления нефтезагрязненных почв в условиях среднего Поволжья // Биология – наука XXI века: 6-я Пущинская школа – конф. молодых ученых. Тула, 2002. Т. 3. С. 131–132.
9. *Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П.* Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.
10. *Мусієнко М. М., Паришкова Т. В., Славний П. С.* Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.
11. *Таран Н. Ю.* Каротиноїди фотосинтетичних тканин в умовах посухи // Физиология и биохимия культ. растений. 1999. Т. 31. № 6. С. 414–422.
12. *Терек О., Решетило С., Величко О., Яворська Н.* Інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у паростках сої під дією емістиму С в умовах токсичного впливу іонів свинцю та кадмію // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біолог. 2004. Вип. 37. С. 218–221.
13. *Цайтлер М. Й.* Відновлення рослинного покриву і зміни структури ценопопуляцій трав'яних рослин на нафтозабруднених територіях Бориславського нафтового родовища. Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Дніпропетровськ, 2001. 16 с.
14. *Цайтлер М. Й.* Зміни структури ценопопуляцій *Carex hirta* в умовах нафтового забруднення екотопів на Бориславському нафтовому родовищі // Екологія та ноосферологія. 2000. Т. 9. № 1-2. С. 127–132.
15. *Цуцаева В. В.* Влияние нефтедобывающей промышленности на некоторые компоненты природы Томской области // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Пущино, 1984. С. 208–209.
16. *Чиркова Т. В., Новицкая Л. О., Блохина О. Б.* Перекисное окисление липидов и активность антиоксидантных систем при аноксии у растений с разной устойчивостью к недостатку кислорода // Физиология растений. 1998. Т. 45. № 1. С. 65–73.
17. *Asada K.* Radical production and scavenging in the chloroplasts // Photosynthesis and the Environment. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1996. P. 123–150.
18. *Krinsky N. I.* Non-photosynthetic function of carotenoid // Phil. Trans. Roy. Soc. London D. 1978. Vol. 284. N 1002. P. 581–590.

REACTIONS OF *CAREX HIRTA* L. UNDER SOILS OIL POLLUTION

N. Dzhura, O. Tsvilynyuk, O. Terek

*Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskogo Str., 4, L'viv, 79005, Ukraine
e-mail: biofr@franko.lviv.ua, Gjurana@ukr.net*

Investigated physiological reaction of *Carex hirta* plants one and two years old, under soils oil pollution. It was shown decreasing of growth and development, concentration of chlorophylls *a* and *b*, increasing activity of POL in roots and shoots, and carotenoid concentration under strong pollution of soils by oil. These data suggested about physiological adaptation of plant to oil pollution.

Key words: oil pollution, morphological and physiological reaction, POL, carotenoid, chlorophyll *a* and *b*, adaptation of plant.

Стаття надійшла до редколегії 29.12.05

Прийнята до друку 5.04.06