

УДК 574-032.61(477.87)+504.054:665.7

## ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ НА МІКРОБІОЦЕНОЗ ҐРУНТУ ТА ФІТОТОКСИЧНИЙ ЕФЕКТ В УМОВАХ УЖГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ЗАКАРПАТТЯ

Боднарюк Р.М., Вакерич М.М., Петросова В.І., Ніколайчук В.І., Гасинець Я.С.

*Вплив забруднення нафтопродуктами на мікробіоценоз ґрунту та фітотоксичний ефект в умовах Ужгородського району Закарпаття - Боднарюк Р.М., Вакерич М.М., Петросова В.І., Ніколайчук В.І., Гасинець Я.С.* - В лабораторних умовах досліджено вплив нафтового забруднення на мікробіоценоз ґрунту та фітотоксичний ефект на прикладі тест-об'єктів *Raphanus sativus L.* та *Linum usitatissimum L.* Доведено поступове формування специфічної мікробіоти ґрунту під впливом нафтового забруднення. Речовини, що утворюються при розкладанні нафтопродуктів можуть бути утилізованими лише певними видами мікроорганізмів і їх специфічними білковими метаболітами. Встановлено, що досліджувані тест-культури можуть бути використаними для обґрунтування безпечного рівня вмісту нафтопродуктів у ґрунті, що дасть змогу застосовувати їх для оцінювання рівня забруднення ґрунтів і вибору методів подальшої рекультивациі територій.

**Ключові слова:** ґрунт, забруднення нафтопродуктами, мікробіоценоз, біоіндикація.

**Адреса:** ДВНЗ «Ужгородський національний університет», біологічний факультет, кафедра генетики, фізіології рослин і мікробіології, вул. волощина, 32, Ужгород, 88000 Україна, e-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

*Influence of oil pollution on microbiocenosis of soil and phytotoxic effect in conditions of Uzhhorod district of Zakarpattia.- Bodnariuk R.M., Vakerych M.M., Petrosova V.I., Nikolaichuk V.I., Hasynets Y.S.* - The influence of oil pollution on microbiocenosis of the soil and the phytotoxic effect on the example of test objects *Raphanus sativus L.* and *Linum usitatissimum L.* have been investigated in the laboratory. Gradual formation of specific microbiota of the soil under the influence of oil pollution has been proved. Substances produced during the decomposition of petroleum products can be utilized only by certain species of microorganisms, and by their specific protein metabolites. It has been established studied test-cultures could be used for substantiate of a safe level of oil content in the soil, which will allow to use them for assessing of the soil contamination level, and for choice of methods for further remediation of territories.

**Key words:** soil, oil pollution, microbiocenosis, bioindication.

**Address:** Uzhhorod National University, Faculty of Biology, Department of Genetics, Plant Physiology and Microbiology, 32, Voloshyna str., Uzhhorod, 88000 Ukraine, e-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

### Вступ

Посилений антропогенний вплив спричинив і продовжує призводити до погіршення стану природних екосистем. Проблема боротьби із забрудненням ґрунтів набула глобального характеру, актуальна вона і для Закарпаття. У зв'язку з високим навантаженням території області залізничним та автотранспортом, неконтрольованим використанням добрив, пестицидів, преміксів та інших забруднювачів постає необхідність постійних спостережень, оцінки і прогнозування екологічного стану ґрунтів (Ніколайчук та ін. 2003; Ніколайчук та ін. 2015).

У просочених нафтою ґрунтах, відбувається дисперсія структури, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються мікробіологічні та біохімічні процеси. Погіршується водний, повітряний режим, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток (Фесенко, Фесенко 2001; Cruz et al. 2013)

У західному регіоні України, як і в цілому в державі, проблема забруднення верхнього родючого шару ґрунту значно виявляється у районах добування, переробки і транспортування нафти та нафтопродуктів, а також на територіях гірничо-видобувних підприємств, де на поверхні

грунту акумулюються відходи промисловості: порода, нафта й нафтопродукти. Ці відходи характеризуються несприятливими хімічними та фізичними властивостями, що пригнічують ріст і розвиток рослин (Бабаджанова, Гринчишин 2010, Бешлей та ін. 2014, Захаров, Кларк 1993; Процько 2010; Терек 2007; Askerov et al. 2001; Banks, Schultz 2005; Cermak et al. 2010).

У зв'язку з цим актуальним є пошук швидких методів оцінки придатності субстратів техногенно порушених ландшафтів для росту рослин. Перспективним є використання методів біотестування, які є достатньо універсальними, відносно швидкими і недорогими. Вони дозволяють отримати інтегральну токсикологічну характеристику природних середовищ незалежно від складу забруднюючих речовин.

Одним із провідних біологічних методів оцінки стану навколишнього природного середовища є фітоіндикація. В основі фітотестування лежить чутливість рослин до екзогенного хімічного впливу, що виявляється у зміні ростових і морфологічних характеристик. Основними вимогами до застосування методу фітотестування є: експресність, доступність і простота експериментів, відтворюваність і достовірність отриманих результатів, економічність.

Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту можна отримати, використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) і різноманітні тест-показники (динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, висота пагона тощо) (Горон та ін. 2012). Проведення експериментів з впливу різних техногенних субстратів на рослинні об'єкти в контрольованих умовах дозволяє вирішувати багато завдань: встановити причини різної стійкості рослин і тенденції пристосування до токсикантів, виявити вплив конкретного фактора середовища, виключити дію інших чинників, з'ясувати летальну дозу поллютанту і таке інше.

Перевагою біоіндикації стану довкілля є те, що вона дає змогу визначити сумісну біологічну активність впливу фізико-хімічних факторів едафотопу на природне середовище. Інтегральна оцінка, зроблена методами біоіндикації, є досить об'єктивною, оскільки враховує і вплив невідомих забруднювачів, які неможливо визначити фізико-хімічними методами (Issayeva et al. 2015).

Через територію Закарпаття проходить трансєвропейський транзитний нафтопровід «Дружба» (довжиною 60 км). Небезпечним для довкілля є можливий розлив нафтопродуктів. В природних умовах вони розкладаються протягом багатьох років, завдаючи значної шкоди

довкіллю. При потрапленні нафтопродуктів у водне та ґрунтове середовище порушуються процеси життєдіяльності живих організмів, пригнічується мікробне самоочищення ґрунту (Hentati et al. 2013). Тому метою нашого дослідження було встановлення зміни кількісного та якісного складу ґрунтових мікробіоценозів та фітотоксичний ефект забруднених нафтопродуктами ґрунтів, на прикладі ґрунтів с. Дубрівка Ужгородського району Закарпатської області (рис. 1).



Рис. 1. Місце відбору проб ґрунту в околицях с. Дубрівка (1 – проба відібрана з незабрудненого ґрунту; 2 – проба ґрунту відібрана в епіцентрі забруднення; 3 – проба ґрунту відібрана за 50 м від епіцентру забруднення).

Fig. 1. Place of sampling of soil in the suburbs of village Dubrivka (1 - sample is taken from unpolluted soil; 2 - soil sample is selected in the epicenter of pollution; 3 - a soil sample is taken 50 meters from the epicenter of pollution).

#### **Матеріали та методи дослідження**

Відбір проб ґрунту для мікробіологічного аналізу здійснювали за загальноприйнятою методикою (Петросова та ін. 2015).

Для визначення загального мікробного числа з різних ґрунтових розведень проводили посів на середовищі МПА. Посіви інкубували протягом 48 годин при температурі 28–30°C.

Для якісного аналізу бактерій, колонії насамперед групували за культуральними ознаками.

Висівання та облік колоній здійснювали за загальноприйнятими методиками (Петросова та ін. 2015).

Оцінку рівня фітотоксичного впливу ґрунту забрудненого нафтопродуктами проводили за методом Красильникова та Гродзинського (Гродзинський та ін. 2006; Джура та ін. 2006). В якості тест-об'єктів використовували редис (*Raphanus sativus* L.) та льон (*Linum usitatissimum* L.). В якості контролю насіння пророщували на фільтрувальному папері. В ході визначення фітотоксичного впливу ґрунту забрудненого нафтопродуктами використовували наступні ґрунтові проби: ґрунт незабруднений нафтопродуктами, ґрунт відібраний в епіцентрі забруднення, проба ґрунту на відстані 50 м від забруднення.

У чашки Петрі поміщали 20 г зволоженого ґрунту. Висівали по 30 насінин тест-культур. Облік результатів проводили на 7-ий день пророщування насіння. В разі необхідності, ґрунт

зволожували однаковою кількістю дистильованої води. Визначали такі параметри: схожість насіння, довжина кореня, висота пагона, кількість листків та фітотоксичний ефект (ФЕ) (Малиновська, Зінов'єва 2010).

Фітотоксичний ефект вираховували за формулою

$$\text{ФЕ} = \frac{L - L_x}{L} * 100, \%$$

де L – морфометричні характеристики рослин у контрольних зразках; L<sub>x</sub> – морфометричні характеристики рослин у досліджуваних зразках.

Отримані результати з визначення фітотоксичності зображені в таблиці (табл. 1).

Таблиця 1. Шкала оцінювання рівнів токсичності ґрунту  
Table 1. Scale for assessing levels of soil toxicity

Рівень пригнічення ростових процесів (ФЕ, %)	Рівень токсичності
0 – 20	Токсичність відсутня або її рівень слабкий
20,1 – 40	Середній
40,1 – 60	Вищий за середній
60,1 – 80	Високий
80,1 – 100	Максимальний

### Результати та обговорення

#### Культуральні властивості ґрунтових мікробіоценозів забруднених нафтопродуктами

Посів відібраних ґрунтів проводили на поживні середовища МПА, Сабуро та Ендо. Чашки інкубували в термостаті протягом 2-5 днів при t = 28°C. Підраховували кількість вирослих колоній, результат виражали кількістю

КУО/1 г ґр. Колонії описували за морфологічними ознаками (табл. 2).

В контрольному досліді переважали колонії бежевого або персикового кольору, круглої форми та опуклі, грам «-». В ґрунтах, забруднених нафтопродуктами переважали рожеві та жовті колонії, круглої форми, грам «+».

Таблиця 2. Культуральні властивості бактерій, виділених із ґрунтів забруднених нафтопродуктами  
Table 2. Cultural properties of bacteria isolated from soils contaminated with petroleum products

Вміст	Тип колонії	Фарбування за Грамом	Форма клітини	Кількість колоній	Середовище
Контроль	Бежеві з опуклим центром	Грам «+»	Круглі	10	МПА
	Молочні з фестончастими краями	Грам «-»	Палочки	25	
	Персикові	Грам «+»,	Видовжені	10	
	Жовті	Грам «+»	Круглі	7	
	Рожеві, із срібним ободком	Грам «+»	Круглі	10	Ендо
	Темно-рожеві	Грам «-»	Палички	20	Сабуро
	Білі	Грам «-»	Круглі	30	
ґрунт забруднений нафтопродуктами	Оранжеві	Грам «-»	Круглі	25	МПА
	Бежеві	Грам «-»	Круглі	30	
	Жовті	Грам «+»	Палички	40	Ендо
	Персикові	Грам «-»	Нитки	30	
	Оливкові	Грам «-»	Круглі	25	Сабуро
	Білі	Грам «+»	Видовжені	35	
Темно-рожеві	Грам «+»	Круглі	30		
	Рожеві	Грам «+»	Круглі	47	

При визначенні КУО забрудненого нафтопродуктами ґрунту на МПА в контрольному досліді (незабруднений ґрунт) було виявлено 4,8 млн. КУО/1 г сухого ґрунту бактерій. При посіві проби ґрунту, відібраної в епіцентрі забруднення нафтопродуктами, їх кількість збільшувалась до 12,5 млн. КУО/1 г сухого ґрунту. При віддаленні від забруднення на 50 м кількість бактерій 5,4

млн. КУО/1 г сух. гр. Кількість БГКП у ґрунті відібраному в зоні забруднення також перевищувала контрольне значення і становила 5,7 млн. КУО/1 г сух. гр (по відношенню до 1,5 млн. КУО/1 г сух. гр у контролі). При віддаленні від осередку забруднення кількість БГКП зменшується до 3,2 млн. КУО/1 г сух. гр. (рис. 2).

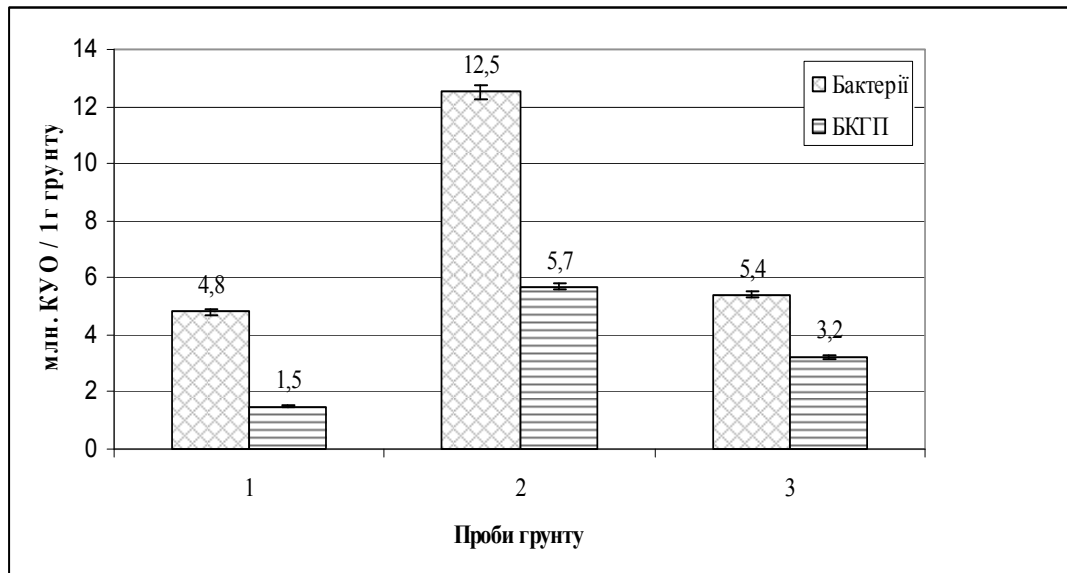


Рис. 2. КУО в ґрунті забрудненому нафтопродуктами (1 – контроль; 2 – ґрунт, забруднений нафтою; 3 – ґрунт, забруднений нафтою(50м).

Fig. 2. CFU (colony forming units) in the soil contaminated with petroleum products (1 - control; 2 - soil contaminated with oil; 3 - soil contaminated with oil (50m).

Для визначення співвідношення різних фізіологічних груп мікроорганізмів у ґрунті проводили посіви на елективні поживні середовища. На МПА вираховували відносну кількість амоніфікаторів. На середовищі Ешбі облік мікроорганізмів проводили на 5–6-й день інкубації (Петросова та ін. 2015). Із мікроорганізмів, що розвиваються на МПА і МПА + сусло-агар, виділяли такі групи: 1) бацили; 2) неспороні бактерії (переважно плескаті колонії жовтого, оранжевого, білого та інших кольорів); 3) флуоресцюючі бактерії (колонії зеленуватого кольору); 4) актиноміцети (Рис. 3-6).

#### **Фітотоксичний вплив нафтопродуктів за умови ґрунтового забруднення**

Забруднення ґрунту нафтопродуктами тісно пов'язане з посиленням негативного впливу шкідливих речовин на рослинність і тваринний світ (Берестецкий 1971). У процесі розробки та

експлуатації нафтогазових родовищ ґрунт забруднюється нафтою, нафтопродуктами, різними хімічними речовинами та високомінералізованими стічними водами. Внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами порушується його здатність до самоочищення. Забруднення нафтою призводить до значних змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Зокрема, внаслідок руйнування ґрунтових структур і диспергування ґрунтових часток знижується водопроникність ґрунтів, порушується фільтраційний режим ґрунтів. У забруднених ґрунтах різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти. Це погіршує азотний режим ґрунтів і порушує кореневе живлення рослин (Клімова 2006; Петрашин та ін. 1984).

Дослідження фітотоксичного впливу ґрунтів забруднених нафтопродуктами проводили за методом Красильникова та Гродзинського.

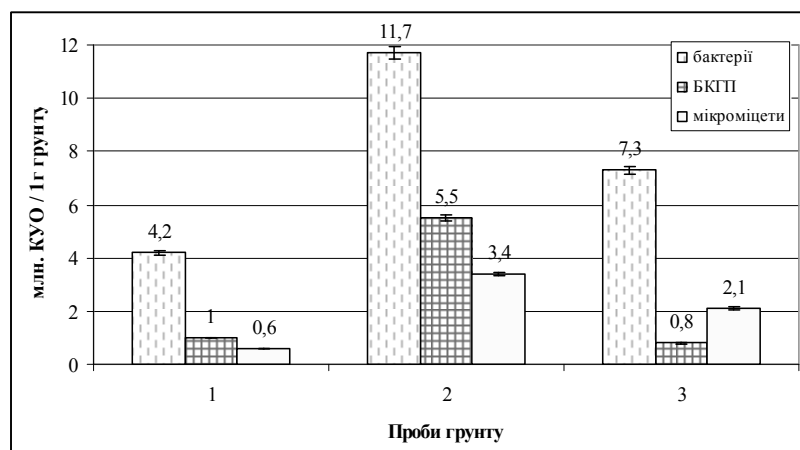


Рис. 3. Зміни кількісного складу ґрунтових мікробіоценозів під впливом забруднення нафтопродуктами (1 – контроль; 2 – ґрунт, забруднений нафтою; 3 – ґрунт, забруднений нафтою (50м).

Fig. 3. Changes in the quantitative composition of soil microbiocenoses under the influence of oil pollution (1 - control; 2 - soil contaminated with oil; 3 - soil contaminated with oil (50m).

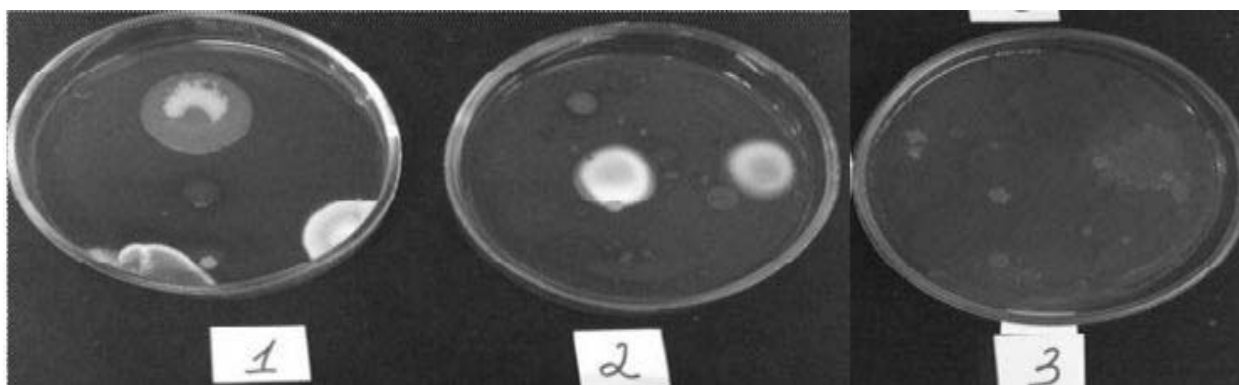


Рис. 4. Ріст БКГП на середовищі Ендо (1 – контроль, 2 – проба ґрунту з епіцентру забруднення, 3 – проба ґрунту на відстані 50 м від епіцентру забруднення)

Fig. 4. Growth of BECG (bacteria of the E. coli group) on the Endo medium (1 - control, 2 - soil sampling from the epicenter of pollution, 3 - soil test at a distance of 50 m from the pollution epicenter)

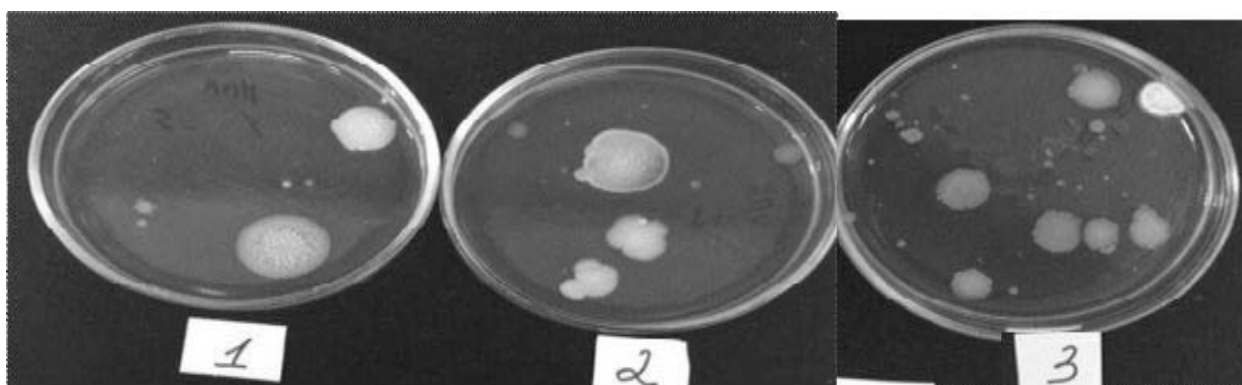


Рис. 5. Ріст бактерій на середовищі МПА (1 – контроль, 2 – проба ґрунту з епіцентру забруднення, 3 – проба ґрунту на відстані 50 м від епіцентру забруднення )

Fig. 5. Growth of bacteria on the medium of MPA (mizo-peptone agar) (1 - control, 2 - soil sampling from the epicenter of pollution, 3 - soil test at a distance of 50 m from the pollution epicenter)

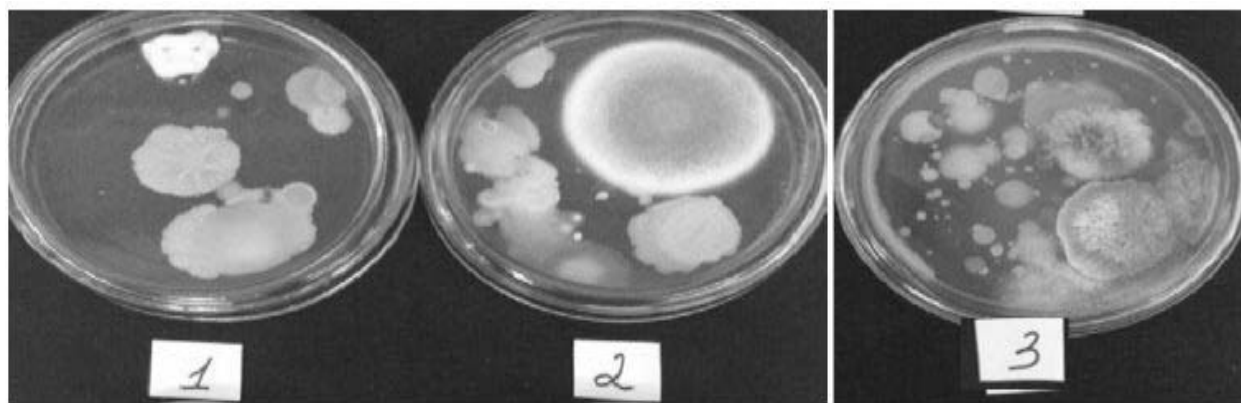


Рис. 6. Ріст мікроміцетів на середовищі Сабуро (1 – контроль, 2 – проба ґрунту з епіцентру забруднення, 3 – проба ґрунту на відстані 50 м від епіцентру забруднення )

Fig. 6. Growth of micromycetes on the Saburo environment (1 - control, 2 - soil sampling from the epicenter of pollution, 3 - soil test at a distance of 50 m from the pollution epicenter)

В якості тест-культур використовували редис (*Raphanus sativus*) та льон (*Linum usitatissimum*). Облік результатів проводили на 7-й день пророщування насіння. За потреби поверхню ґрунту в чашках Петрі зволожували дистильованою водою. В якості контрольного середовища пророщування насіння здійснювали також і на фільтрувальному папері. Визначали такі параметри: схожість насіння, довжина кореня, висота пагона, кількість листків та фітотоксичний ефект (за коренем). Результати фітотоксичного впливу нафтопродуктів за умови забруднення ґрунтів відображені в табл. 3 та 4. З результатів дослідження видно, що нафтове забруднення має значний фітотоксичний вплив як на схожість насіння *Raphanus sativus*, так і на основні ростові показники досліджуваної тест-культури. Схожість насіння, висіяного в пробі ґрунту з епіцентру забруднення була нижчою за

контрольний показник (фільтрувальний папір) на 36% і становила 40%. Схожість насіння висіяного в пробі ґрунту відібраного на 50 м від епіцентру забруднення була вищою і становила 70%. Показники схожості насіння *Raphanus sativus*, що пророщувалися на незабрудненому ґрунті та в контрольному досліді не відрізнялися і становили 76%. Аналогічний фітотоксичний вплив спостерігався також і на ростові показники досліджуваної тест-культури (довжина кореня, висота пагона, кількість листків). Позитивний фітотоксичний ефект спостерігався в обох варіантах проб ґрунту відібраних як в епіцентрі забруднення, так і на віддалі 50 м і становив 42,86 і 28,58% відповідно. Результатом пророщування *Raphanus sativus* на пробі ґрунту відібраному з незабрудненої території став негативний ФЕ, який становив -8,0% (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив забруднення нафтопродуктами на ростові показники та фітотоксичний ефект *Raphanus sativus*

Table 3. Influence of petroleum pollution on growth parameters and phytotoxic effect of *Raphanus sativus*

№п/п	Точка відбору проб	Схожість, %	Довжина кореня, см	Висота пагона, см	Кількість листків	Фітотоксичний ефект (ФЕ), % (за коренем)
1	Фільтрувальний папір (контроль)	76,0	2,8	3,3	2,7	–
2	Ґрунт, відібраний з незабрудненої території	76,0	3,0	2,7	2,8	–8,0
3	Ґрунт, відібраний в епіцентрі забруднення	40,0	1,6	2,3	1,4	42,86
4	Ґрунт, відібраний за 50 м від епіцентру забруднення	70,0	2,0	2,3	1,6	28,58

Провівши аналіз результатів пророщування насіння *Linum usitatissimum* на пробах ґрунту, відібраних в епіцентрі нафтового забруднення, на відстані 50 м від епіцентру забруднення та проби відібраної з незабрудненої території відмічаємо, що насіння, висіяне в ґрунтовій пробі з епіцентру забруднення не проросло взагалі, в пробі відібраній на відстані 50 м проросло 63% насіння. Аналогічна динаміка спостерігалася також і на досліджуваних

ростових процесах. Визначення фітотоксичного ефекту за коренем показало його 100% у епіцентрі забруднення та 61% у пробі ґрунту відібраної на відстані 50 м від епіцентру нафтового забруднення. Негативний фітотоксичний ефект спостерігався за результатами пророщування насіння в ґрунті відібраного з незабрудненої території і цей показник становив -6%.

Таблиця 4. Вплив забруднення нафтопродуктами на ростові показники та фітотоксичний ефект *Linum usitatissimum*

Table 4. Influence of petroleum pollution on growth parameters and phytotoxic effect *Linum usitatissimum*

№ п/п	Точка відбору проб	Схожість, %	Довжина кореня, см	Висота пагона, см	Кількість листків	Фітотоксичний ефект (ФЕ), % (за коренем)
1	Фільтрувальний папір (контроль)	74,0	3,8	1,7	0,2	–
2	Ґрунт, відібраний з незабрудненої території	77,0	4,0	2,0	0,4	-6,0
3	Ґрунт, відібраний в епіцентрі забруднення	0	0	0	0	100
4	Ґрунт, відібраний за 50 м від епіцентру забруднення	63,0	1,5	2,5	0,2	61,0

### Висновки

Таким чином, за результатами проведених досліджень доведено зміни природного співвідношення чисельності мікробіоти ґрунту. Спостерігається заміна грамнегативних бактерій на *Actinomyces*, які здатні інтенсивно утилізувати сполуки, що є токсичними для більшості автотрофної мікробіоти. Додатково пероксидази мікробного походження сприяють утворенню гумінових кислот, однак в епіцентрі нафтового забруднення спостерігалася гальмування процесів самоочищення ґрунту та накопичення нерозчинного гуміну. Показано, що

забруднення нафтопродуктами призводить до різкого порушення в мікробному біоценозі як якісних, так і кількісних показників.

Встановлено, що *Linum usitatissimum* є чутливішим тест-об'єктом порівняно з *Raphanus sativus* і його можна рекомендувати для оцінки нафтозабруднених ґрунтів. Встановлені показники фітотоксичності можуть бути використаними для обґрунтування безпечного рівня вмісту нафтопродуктів у ґрунті, що дасть змогу застосовувати їх для оцінювання рівня забруднення ґрунтів і вибору методів подальшої рекультивациі територій.

БЕРЕСТЕЦКИЙ, О. (1971). *Методы определения токсичности почв*. Урожай, Киев, 139–243.  
 БАБАДЖАНОВА, О.Ф., ГРИНЧИШИН, Н.М. (2010). Роль сорбентів у ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на поверхні ґрунту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 4, 75–81.  
 БЕШЛЕЙ, З.М., БЕШЛЕЙ, С.В., БАРАНОВ, В.І., ТЕРЕК, О.І. (2014). Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. *Вісник Харківського*

*національного аграрного університету. Серія Біологія*, 31(1), 97–102.  
 ГОРОН, М., ДЖУРА, Н., РОМАНЮК, О., ШЕВЧИК, Л., СЕНЕЧИН, Н., ТЕРЕК, О. (2012). Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*, 58, 185–192.  
 ГРОДЗИНСЬКИЙ, Д.М., ШИЛІНА, Ю.В., КУЦОКОНЬ, Н.К. МІХЕСВ, О.М., ГУЩА, М.І., КОЛОМІЄЦЬ, О.Д., ФАЛІНСЬКА, Т.П., ОВСЯННІКОВА, Л.Г., КУТЛАХМЕДОВ, Ю.О. (2006). *Застосування рослинних тест-систем для*

- оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Фітосоціоцентр, Київ, 60 с.
- ДЖУРА, Н.М., РОМАНЮК, О.І., ГОНСЬОР, Я., ЦВІЛИНЮК, О.М., ТЕРЕК, О.І. (2006). Використання рослин для рекультивациі ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами. *Екологія та ноосферологія*, 17(1–2), 55–60.
- ЗАХАРОВ, В.М., КЛАРК, Д.М. (1993). *Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов*. Биотест, Москва, 68 с.
- КЛІМОВА, Н.В. (2006). Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету ім. Івана Франка. Серія Географічна*, 3, 144–151.
- МАЛИНОВСЬКА, І.М., ЗІНОВ'ЄВА, Н.А. (2010). Спрямованість та інтенсивність мікробіологічних процесів у забрудненому нафтопродуктами темно-сірому опідзоленому ґрунті. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 4, 17–23.
- НІКОЛАЙЧУК, В., ЛИТВИН, В., БОЙКО, Н., КОЛЕСНИК, О. (2003). Природні екосистеми Карпат в умовах посиленого антропогенного впливу. *Інформаційний вісник Академії наук вищої школи України*, 3(36), 4–10.
- НІКОЛАЙЧУК, В.І., ВАКЕРИЧ, М.М., ШПОНТАК, Ю.М., КАРПЮК, М.К. (2015). Сучасний стан водних ресурсів Закарпаття. *Вісник Дніпропетровського університету, Серія: Біологія. Екологія*, 23(2), 116–123.
- ПЕТРОСОВА, В.І., КРИВЦОВА, М.В., СІКУРА, А.О., БОБРИК, Н.Ю. (2015). *Мікробіологія. Практикум*. Видавництво УжНУ "Говерла", Ужгород, 121–128.
- ПЕТРЯШИН, Л.Ф., ЛИСЯНИЙ, Г.Н., ТАРАСОВ, Б.Г. (1984). *Охрана докілья в нафтовій та газовій промисловості*. Вища школа, Львів, 188 с.
- ПРОЦЬКО, Я.І. (2010). Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив. *Вісник Полтавського державної аграрної академії*, 2, 189–191.
- ТЕРЕК, О.І. (2007). *Ріст рослин*. Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, Львів, 24 с.
- ФЕСЕНКО, І.М., ФЕСЕНКО, М.М. (2001). Оцінка та контроль впливу відходів буріння нафтогазових свердловин на ґрунти. *Екологія довкілля та безпеки життєдіяльності*, 3, 36–40.
- ASKEROV, F.A., ISMAILOV, N.M. (2001). Experiment of recultivation of oil polluted soils in Azerbaijan. *Energy, Ecology, Economy*, 1(8–9), 66–72.
- BANKS, M.K., SCHULTZ, K.E. (2005). Comparison of plants for germination toxicity tests in petroleum contaminated soil. *Water, Air and Soil Pollution*, 167, 211–219.
- CERMAK, J.H., STEPHENSON, G.L., BIRKHOLZ, D., WANG, Z., DIXON, D.G. (2010). Toxicity of petroleum hydrocarbon distillates to soil organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(12), 2685–2694.
- CRUZ, J.M., LOPES, P.R.M., MONTAGNOLLI, R.N., TAMADA, I.S., SILVA, N.M., BIDOIA, E.D. (2013). Toxicity assessment of contaminated soil using seeds as bioindicators. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 1, 1–10.
- HENTATI, O., LACHHAB, R., AYADI, M., KSIBI, M. (2013). Toxicity assessment for petroleum-contaminated soil using terrestrial invertebrates and plant bioassays. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 2989–2998.
- ISSAYEVA, A.U., BISHIMBAYEV, K.V., BISHIMBAYEV, V.K., ESHIBAEV, A.A., ISSAYEV, E.B. (2015). Phytoindication: Reaction of plants to the oil light fractions. *British Journal of Environmental Sciences*, 3(4), 14–19.

Отримано: 10 травня 2017 р.

Прийнято до друку: 21 грудня 2017 р.