
ҐРУНТОВА МІКРОБІОЛОГІЯ

УДК 556.31+57:012.4+017.7+052+086.3+577.121+581.144.2

Н. М. Джура¹, О. М. Мороз¹, І. Б. Русин², О. Р. Кулачковський¹,
О. М. Цвілинюк¹, О. І. Терек¹

ВПЛИВ РОСЛИН БОБУ КОРМОВОГО (*VICIA FABA VAR. MINOR*) НА ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБНИХ АСОЦІАЦІЙ МЕТАБОЛІЗМУ АЗОТУ В ЗАБРУДНЕНОМУ НАФТОЮ ҐРУНТІ

¹Львівський національний університет ім. І. Франка

²Національний університет «Львівська політехніка»

Вивчали вплив вищих рослин на чисельність фізіологічних груп мікроорганізмів кругообігу азоту в умовах нафтового забруднення ґрунтів. Як об'єкт використовували однорічну рослину родини *Fabaceae* – біб кормовий (*Vicia faba var. minor*). Модельні експерименти проводили в лабораторних умовах. Нафту вносили із розрахунку 50 і 100 г/кг ґрунту. Через чотири тижні після внесення нафти в підготовлений ґрунт висаджували насіння *V. faba var. minor*. Зразки ґрунту без рослин з нафтою у вищенаведених концентраціях і без нафти, а також з рослинами без нафти були контрольними. Період деградації нафти в ґрунті тривав 80 днів, з них 42 дні – рекультивацийний період за участю рослин. Після зазначеного терміну вивчали чисельність фізіологічних груп мікроорганізмів кругообігу азоту.

Ключові слова: нафтове забруднення ґрунту, рослини бобу кормового (*Vicia faba var. minor*), амоніфікатори, актиноміцети.

Н. М. Джура¹, О. М. Мороз¹, І. Б. Русин², А. Р. Кулачковський¹, О. Н. Цвілинюк¹, О. І. Тэрэк¹

¹Львовский национальный университет им. И. Франко

²Национальный университет «Львовская политехника»

ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ БОБА КОРМОВОГО (*VICIA FABA VAR. MINOR*) НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ АССОЦИАЦИЙ МЕТАБОЛИЗМА АЗОТА В ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЬЮ ПОЧВЕ

Изучали влияние высших растений на численность физиологических групп микроорганизмов кругооборота азота в условиях нефтяного загрязнения почв. В качестве объекта использовали однолетнее растение семейства *Fabaceae* – боб кормовой (*Vicia faba var. minor*). Модельные опыты проводили в лабораторных условиях. Нефть вносили из расчета 50 и 100 г/кг почвы. Через четыре недели после внесения нефти в подготовленную почву высаживали семена *V. faba var. minor*. Образцы почвы без растений с нефтью в вышеуказанных концентрациях и без нефти, а также с растениями без нефти были контрольными. Период деградации нефти в почве длился 80 дней, из них 42 дня – рекультивационный период с участием растений. После указанного срока изучали численность физиологических групп микроорганизмов кругооборота азота.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение почвы, растения боба кормового (*Vicia faba var. minor*), амонификаторы, актиномицеты.

N. M. Dzhura¹, O. M. Moroz¹, I. B. Rusyn², O. R. Kulachkovsky¹, O. M. Tsvilynyuk¹, O. I. Terek¹

¹I. Franko Lviv National University

²National University «Lviv Polytechnika»

INFLUENCE OF THE FODDER BEANS (*VICIA FABA VAR. MINOR*) ON THE NITROGEN METABOLISM OF THE MICROBE ASSOCIATIONS IN THE OIL-POLLUTED SOIL

The present paper is dedicated to the problem of an extensive oil-pollution of territories and the necessity of the implementation of soil restoration process. The object is a group of annual *Fabaceae* plants – the fodder beans. The model tests were carried out in the laboratory environment. Oil was

applied according to the following ratio: 50 and 100 g/kg (oil/soil). After four weeks of oil adding to the prepared soil, the *Vicia faba* var. *minor* seeds were planted. The following soil samples were kept under observation: pure soil with and without oil, soil and plants without oil. The period of oil degradation in soil lasted for 80 days (the period of restoration with the plants presence took 42 days). After mentioned period of time a quantity of the physiological groups of the nitrogen cycle microorganisms taking part was studied.

Key words: oil pollution of soil, fodder bean plants (*Vicia faba* var. *minor*), amonificators, actinomycetes, oligonitrophyles, nitrogen fixers, nitrificators, denitrificators.

На сьогоднішній день проблема деградації земель на Прикарпатті та й у цілому по Україні залишається надзвичайно гострою. Карпатський регіон України є регіоном, у межах якого видобувається значна кількість нафти і газу. Нафтові родовища міста Борислава, що на Львівщині, розглядаються як об'єкти підвищеного ризику екологічної небезпеки. Забруднені нафтою ґрунти є практично непридатними для життєдіяльності як ґрунтової біоти, так і вищих рослин. У попередніх дослідженнях встановлено толерантність до нафтозабруднених ґрунтів рослин осоки шорстковоловистої (*Carex hirta* L.). Експериментально показано, що ці рослини, розмножуючись кореневищами, захоплюють забруднені ділянки навіть за наявності сильного забруднення нафтою (100 г/кг), позитивно впливають на фізико-хімічні та мікробіологічні властивості ґрунту, призводять до зростання в ньому вмісту основних елементів мінерального живлення – фосфору, калію, магнію, а також сприяють біодеградації нафти в ґрунті (Джура, 2006, 2007; Мороз, 2006; Dzhura, 2007). Поряд із довгокореневищними видами стійкими до нафтового забруднення ґрунту є рослини родини Бобових (*Fabaceae*). Дослідники пояснюють стійкість бобових рослин їх здатністю фіксувати атмосферний азот і таким чином забезпечувати себе джерелом мінерального живлення у нафтозабрудненому ґрунті, де більшість необхідних рослинні елементів живлення знаходиться у недоступній для рослини формі через змінені фізико-хімічні властивості ґрунту. Серед інших чинників стійкості називають здатність азотфіксувальних бактерій роду *Rhizobium*, симбіотичних з рослинами бобових, розкладати вуглеводні нафти (Frassinetti, 1998; Crowley, 1996). В умовах нафтового забруднення в ґрунті підвищується чисельність і активність усіх фізіологічних груп мікрофлори. Разом з тим знижується видова різноманітність мікроорганізмів за рахунок виживання небагаточисельних видів з високою метаболічною активністю. Співвідношення чисельності мікроорганізмів, які беруть участь в окисно-відновній трансформації азоту, під впливом нафтового забруднення змінюється: збільшується кількість азотфіксаторів, амоніфікаторів, денітрифікаторів, знижується чисельність нітрифікаторів (Исмаилов, 1983; Мороз, 2006). Проблема фіксації мікроорганізмами молекулярного азоту привертає велику увагу дослідників. Важливість даного процесу полягає в поповненні запасів зв'язаного азоту ґрунтів, покращенні режиму азотного живлення рослин, підвищенні родючості ґрунту, а також відзначається значними екологічними і економічними перевагами утворення біологічного азоту у порівнянні з внесенням азоту мінеральних добрив (Мальцева, 2000). З метою пошуку оптимальних заходів фітормедіації нафтозабруднених територій насінневим способом важливим є вивчення впливу рослин бобу кормового (*Vicia faba* var. *minor*) на зміну чисельності мікрофлори кругообігу азоту в ґрунті за дії нафти, а також виникнення і функціонування азотфіксувальних симбіотичних систем мікроорганізмів і рослин бобу кормового.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліди закладали в лабораторних умовах. У посудини з ґрунтом вносили нафту (густиною 0,87 г/мл) у кількості 50 і 100 г нафти на 1 кг сухого ґрунту. Через 4 тижні після внесення нафти в ґрунт висаджували попередньо замочене у воді (15 год) насіння бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) (Карпин, 2008). Схожість насіння рослин у нафтозабрудненому ґрунті визначали за загальноприйнятою методикою (Карпин, 2008). Період деградації нафти у ґрунті тривав 80 діб, з них 42 доби – рекультиваційний період за участю рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*). Після зазначеного терміну визначали кількість фізіологічних груп мікроорганізмів кругообігу азоту.

Зразки ґрунту без рослин з нафтою у вищенаведених концентраціях і без нафти, а також з рослинами без нафти були контрольними.

Забір середньої проби ґрунту, підготовку зразка, виготовлення ґрунтової суспензії, висів на відповідні середовища, підрахунок колоній проводили, як описано у вказаних працях (Гудзь, 2003; Теппер, 1987). Уміст абсолютно сухого ґрунту визначали в 1 г аналізованого сирого ґрунту сушкою бюксів з наважками при 105 °С до постійної маси (Теппер, 1987).

Сапрофіти, або мікроорганізми, що використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікатори, виявляли на м'ясо-пептонному агарі; мікроорганізми, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцети, виявляли на крохмало-аміачному агарі, а також на середовищі Чапека; олігонітрофіли, у тому числі азотфіксатори і кластридії, виявляли на середовищі Ешбі для *Azotobacter*; нітрифікатори I та II фаз нітрифікації – на середовищах Виноградського для *Nitrosomonas* і *Nitrobacter* відповідно; денітрифікатори виявляли на середовищах Гільтая і Баалсруда для *Thiobacillus denitrificans* (Гудзь, 2003; Каравайко, 1972; Теппер, 1987). Підрахунок клітин мікроорганізмів (КУО – колонієтворних одиниць) у 1 г сухого ґрунту на твердих середовищах на поверхні і в товщі агару здійснювали безпосередньо на чашках, урахувавши розведення і відносну вологість ґрунту. Кількість клітин нітрифікаторів та денітрифікаторів визначали за ростом у відповідних рідких середовищах за методом граничних розведень, урахувавши розведення та відносну вологість ґрунту, згідно з таблицею Мак-Креді (Теппер, 1987). Результати опрацьовували статистично (Деркач, 1977).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проаналізовано вплив забруднення ґрунту нафтою на процес проростання насіння бобу кормового (рис. 1, 2). За дії середнього нафтового забруднення (50 г/кг) схожість насіння сягала контролю, тоді як за дії нафти 100 г/кг – знижувалася до 50 %, що також є високим показником, оскільки в природі за такого рівня забруднення розмноження рослин насінням неможливе. Таким чином, виявлено здатність насіння бобу кормового проростати у сильно забрудненому нафтою ґрунті. Рослини бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) можуть бути рекомендовані для заселення нафтозабруднених територій насінневим способом.

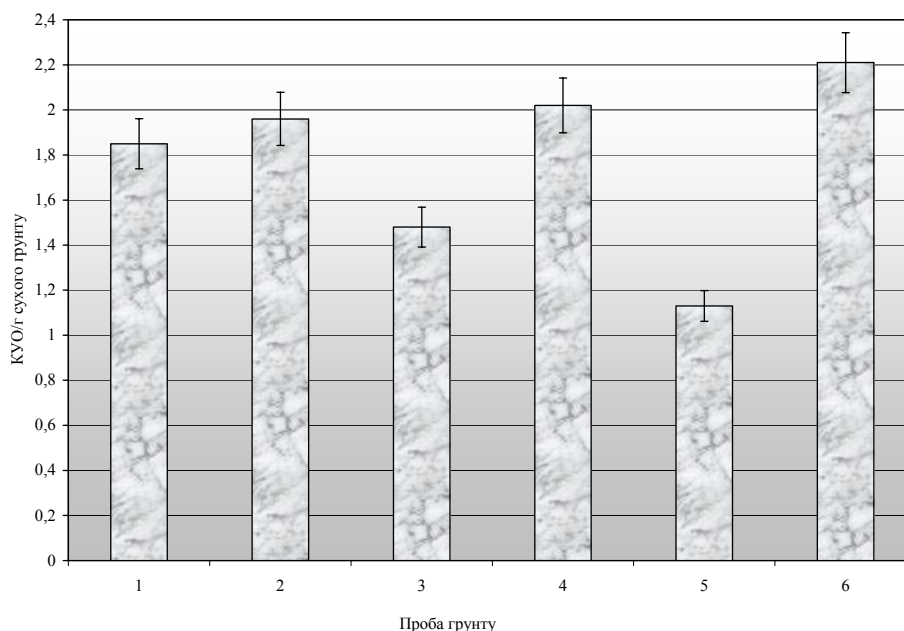


Рис. 1. Схожість насіння бобу кормового в ґрунті, забрудненому нафтою, на 7-й день проростання

У процесі формування і функціонування біогеоценозів у ґрунті формується мікробна асоціація певного складу, чисельності й активності. Мікробна асоціація, розвиваючись у строго визначених умовах температури, вологості та окисно-відновного потенціалу ґрунту, має специфічні функціональні особливості. У виникненні азотфіксувальних симбіотичних систем мікроорганізмів і вищих рослин велику роль відіграє вуглецевий обмін симбіонтів. На засвоєння мікроорганізмами молекулярного азоту атмосфери впливає ряд екологічних факторів: вологість і тип ґрунту, ступінь аерації, температура, реакція середовища, рівень доступних макро- і мікроелементів, фаза росту і розвитку рослин (Андреюк, 1998; Вилесов, 1997; Мальцева, 2000). Бульбочкові бактерії постачають рослину азотними сполуками, а як джерело енергії використовують сполуки вуглецю, які синтезуються рослинами. Ризобіальний симбіоз бобових і бульбочкових бактерій значно залежить від нагромадження вуглеводів (моносахаридів) у тканинах рослин (Родынюк, 1979). Виявлено, що нафтове забруднення ґрунту практично не впливає на швидкість утворення і кількість бульбочок на коренях рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) (рис. 3). Розвиваючись в умовах нафтового забруднення ґрунту, рослини бобу кормового здійснюють його фіторекультивацию, оскільки беруть участь у біодеградації компонентів нафти, подібно до осоки шорстковолосої (*Carex hirta* L.) (Мороз, 2006). Інтенсивне нагромадження вуглеводів у тканинах *V. faba* var. *minor* сприяє симбіотичній взаємодії азотфіксувальних бактерій і рослин, що виявляється у відсутності відмінностей в утворенні бульбочок рослинами, вирощеними в ґрунті як з нафтою, так і без неї.



Рис. 2. Дванадцятиденні рослини бобу кормового в умовах росту в нафтозабрудненому ґрунті

Вивчено вплив нафтозабрудненого ґрунту і рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) на зміну чисельності фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів кругообігу азоту (таблиця).

Чисельність сапрофітних мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікаторів (*Proteus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichotecium* і ін.), у ґрунті з нафтою без рослин значно знизилася (див. таблицю). Така зміна, очевидно, є адаптивною відповіддю мікробного угруповання на токсичний вплив нафти, яка проявляється виживанням лише видів, метаболічно активних у даних стресових умовах. Тобто можна припускати зниження видової різноманітності мікробіоценозу. Кількість мікроорганізмів цієї групи в ґрунті з нафтою, але в присутності рослин, навпаки, зросла, хоча й незначно. Це можна пояснити позитивним впливом рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) на сапрофітну мікрофлору, які покращують структуру ґрунту, його водно-повітряні і сорбційні характеристики, збагачують мінеральними речовинами.



Контроль



Нафтове забруднення ґрунту

Рис. 3. Ризобіальний симбіоз бобу кормового і бульбочкових бактерій

Кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцетів (*Bacillus*, *Aspergillus*, *Achromobacter*, *Streptomyces* і ін.), у ґрунті з нафтою (100 г/кг сухого ґрунту) без рослин значно зросла, тоді як у ґрунті з нафтою і рослинами збільшилася несуттєво (див. *таблицю*). Представники цієї групи переважно аероби, більшість – сапрофіти. Очевидно, на зростання чисельності цих мікроорганізмів у присутності нафти більший вплив має доступність збільшеної кількості джерел вуглецевого живлення, ніж змінений кисневий режим й інші екологічні фактори.

Чисельність олігонітрофілів, у тому числі азотфіксаторів і кластродій (*Achromobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Frankia*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Azotomonas*, *Beijerinckia*, *Derxia* і ін.), у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без них суттєво не змінилася (див. *таблицю*), але із збільшенням концентрації нафти в ґрунті (100 г/кг) спостерігається тенденція до зростання кількості цих мікроорганізмів (майже вдвічі) у присутності рослин бобу кормового (*V. faba* var. *minor*) (варіант 6 щодо варіанту 5) (рис. 4). Азотфіксатори використовують продукти метаболізму нафтоокиснюючих мікроорганізмів. Їх нітрогеназна система різко інгібується киснем. Чисельність азотфіксаторів у нафтозабрудненому ґрунті незначно змінюється, можливо, завдяки погіршенню доступу кисню в ґрунт та інтенсивному споживанню кисню збільшеною кількістю аеробних нафтоокиснюючих бактерій (Исмаилов, 1983). Зростання чисельності мікроорганізмів цієї фізіологічної групи в нафтозабрудненому ґрунті у присутності рослин бобу кормового сприяє покращення рослинами фізико-хімічних характеристик ґрунту та виникнення вуглецевого обміну між ними.

Кількість нітрифікаторів I та II фаз нітрифікації (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*; *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* і ін.) у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без них суттєво знизилася (див. *таблицю*). Найменшу кількість цієї групи мікроорганізмів виявлено в ґрунті з нафтою (100 г/кг) без рослин. У присутності рослин у цьому ж ґрунті мікроорганізмів виявилася хоча і значно менше, ніж у контрольному зразку, але на два порядки більше, ніж у ґрунті без рослин. Оскільки інтенсивність нітрифікації визначає концентрація вуглецевого субстрату і розчиненого кисню, зменшення чисельності цієї фізіологічної групи мікроорганізмів можна пояснити чутливістю їх до низької концентрації кисню і великої кількості органічних речовин, які інгібують розвиток цих мікроорганізмів.

Значно зростає чисельність денітрифікаторів (*Pseudomonas*, *Paracoccus*, *Bacillus*, *Thiobacillus* і ін.) у нафтозабрудненому ґрунті як з рослинами, так і без, причому майже вдвічі більше в присутності рослин бобу кормового, ніж без них. Більшість денітрифікаторів – факультативно-анаеробні хемоорганотрофи. При дисимільційній денітрифікації нітрати є окиснювачами органічної речовини, що забезпечує

мікроорганізми енергією. Очевидно, у присутності нафти ґрунт збагачується легкодоступними органічними сполуками. Під дією нафтоокиснюючих мікроорганізмів, активність яких зростає в присутності рослин, утворюється велика кількість продуктів неповного окиснення парафінів нафти. Крім цього, у нафтозабрудненому ґрунті створюється сприятливий для денітрифікаторів кисневий режим (погіршується доступ кисню). Можливо, нафтове забруднення понижує активність нітратредуктази, що компенсується збільшенням чисельності денітрифікуючих мікроорганізмів (Исмаилов, 1983).

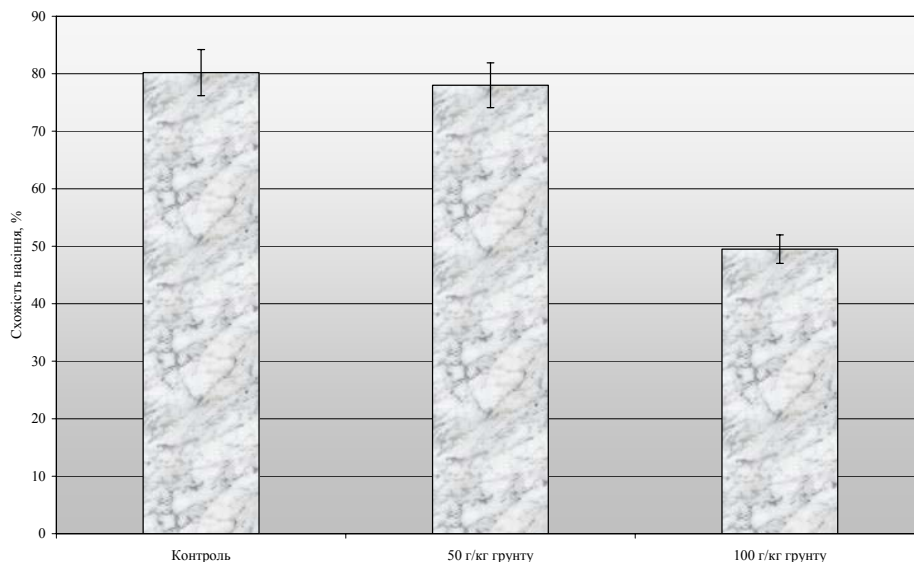


Рис. 4. Чисельність олігонітрофілів у нафтозабрудненому ґрунті за впливу рослин бобу кормового (*Vicia faba var. minor*):

1 – ґрунт без нафти без рослин; 2 – ґрунт без нафти з рослинами; 3 – нафта, 50 г/кг ґрунту без рослин; 4 – нафта, 50 г/кг ґрунту з рослинами; 5 – нафта, 100 г/кг ґрунту без рослин; 6 – нафта, 100 г/кг ґрунту з рослинами

ВИСНОВКИ

1. Чисельність мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, у тому числі амоніфікаторів, у ґрунті з нафтою без рослин бобу кормового значно знизилася, у присутності рослин – незначно зроста.

2. Кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, у тому числі актиноміцетів, у ґрунті з нафтою без рослин значно зроста, тоді як у ґрунті з нафтою і рослинами збільшилася несуттєво.

3. Чисельність олігонітрофілів, у тому числі азотфіксаторів і клостридій, у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без суттєво не змінилася, але із збільшенням концентрації нафти в ґрунті у присутності рослин їх кількість незначно зростала.

4. Кількість нітрифікаторів у нафтозабрудненому ґрунті з рослинами і без них суттєво знизилася. У присутності рослин у цьому ж ґрунті цих мікроорганізмів виявилася на два порядки більше, ніж без рослин.

5. Значно зроста чисельність денітрифікаторів у нафтозабрудненому ґрунті як з рослинами, так і без, причому майже вдвічі більше у присутності рослин, ніж без них.

6. Рослини бобу кормового (*Vicia faba var. minor*), насіння яких виявилася здатним проростати у сильно забрудненому нафтою ґрунті і які в цих умовах здійснюють позитивний вплив на функціонування мікробних асоціацій метаболізму азоту, можуть бути рекомендовані для заселення нафтозабруднених територій насіннєвим способом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Андреюк Е. И.** Влияние углеаммонийных солей и тримана-1 на формирование и интенсивность симбиоза гороха с клубеньковыми бактериями / Е. И. Андреюк, А. Ф. Антипчук, В. Н. Рангелова, Е. В. Танцюренко // Элементы регуляции в растениеводстве: Зб. наук. праць НАН України; Ін-т біоорган. хімії та нафтохімії; НІЦ «АКСО». – К.: ВВП «Компас», 1998. – С. 157-165.
- Вилесов Г. И.** Биологическая фиксация молекулярного азота при использовании аммонийно-карбонатных соединений / Г. И. Вилесов, О. Е. Давыдова, Н. Н. Мальцева и др. // Микробиологический журн. – 1997. – Т. 59, № 4. – С. 51-59.
- Гудзь С.** Практикум з мікробіології / С. Гудзь, С. Гнатюш, І. Білінська. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – 80 с.
- Деркач М. П.** Курс варіаційної статистики / М. П. Деркач, Р. Я. Гумецький, М. Є. Чабан. – К.: Вища шк., 1977. – 208 с.
- Джура Н.** Використання рослин для рекультивації ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами / Н. Джура, О. Романюк, Я. Гонсьор, О. Цвілинюк, О. Терек // Екологія та ноосферологія. – 2006. – Т. 17, № 1-2. – С. 55-60.
- Джура Н. М.** Вплив нафтового забруднення на вміст макро- та мікроелементів у рослинах *Carex hirta* L. / Н. М. Джура, О. М. Цвілинюк, О. І. Терек // Український ботанічний журнал. – 2007. – Т. 64, № 1. – С. 122-131.
- Исмаилов Н. М.** Влияние нефтяного загрязнения на круговорот азота в почве / Н. М. Исмаилов // Микробиология. – 1983. – Т. 52, вып. 6. – С. 1003-1007.
- Каравайко Г. И.** Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд / Г. И. Каравайко, С. И. Кузнецов, А. И. Голомзик. – М.: Наука, 1972. – С. 190-221.
- Карпин О.** Вплив нафтового забруднення ґрунту на ростові показники, вміст пероксиду водню та активність пероксидази рослин бобу (*Vicia faba* L.) / О. Карпин, Н. Джура, О. Цвілинюк, О. Терек // Вісник Львів. нац. ун-ту. Серія біологічна. – 2008. – Вип. 47. – С. 160-165.
- Мальцева Н. Н.** Интенсификация биологической азотфиксации при использовании аммонийно-карбонатных соединений и пути их воздействия на микроорганизмы и растения / Н. Н. Мальцева, Г. И. Вилесов, О. Е. Давыдова // Микробиологічний журнал. – 2000. – Т. 62, № 3. – С. 56-65.
- Мороз О. М.** Вплив рослин *Carex hirta* на мікрофлору нафтозабруднених ґрунтів / О. М. Мороз, Н. М. Джура, Г. Я. Безноска, Т. Б. Перетятко, І. Б. Русин, О. М. Цвілинюк, О. Р. Кулачковський, О. І. Терек, С. П. Гудзь // Науковий вісник Ужгород. ун-ту. Серія «Біологія». – 2006. – Вип. 19. – С. 149-154.
- Родынюк И. С.** Азотфиксирующая способность клубеньков бобовых и небобовых растений в зависимости от источника углерода / И. С. Родынюк // Микробные ассоциации и их функционирование в почвах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 236-243.
- Теппер Е. З.** Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Перверзева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.
- Dzhura N.** Using plants for recultivation of oil polluted soils / N. Dzhura, O. Romanyuk, I. Oshchapovsky, O. Tsvilynyuk, O. Terek, A. Turovsky, G. Zaikov // Handbook of Polymer Research: Monomers, Oligomers, Polymers and Composites. – New York: Nova Science Publishers, Inc. – 2007. – P. 125-129.
- Frassinetti S.** Biodegradation of dibenzothiophene by a nodulating isolate of *Rhizobium meliloti* / S. Frassinetti, L. Setti, A. Corti, P. Farrinelli, P. Montevecchi and G. Vallini // Can. J Microbiol. – 1998. – Vol. 44. – P. 289-297.
- Crowley D. E.** Rhizosphere effects on biodegradation 2,5-dichlorobenzoate by a bioluminescent strain of root colonizing *Pseudomonas fluorescens* / D. E. Crowley, M. V. Brennerova, C. Irwin, V. Brenner and D. D. Focht // Microbiol. Ecol. – 1996. – Vol. 20. – P. 79-89.

Надійшла до редколегії 07.07.09