

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ
BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM – РОСЛИНИ СОЇ
У НАФТОЗАБРУДНеноМУ ҐРУНТІ**

О. Величко

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: oksvell@gmail.com*

Установлено можливість формування симбіозів *Bradyrhizobium japonicum* із рослинами сої у нафтозабрудненому ґрунті. Визначено інтенсивність фіксації азоту атмосфери сформованими бобово-ризобіальними симбіозами за умов забруднення ґрунту нафтою.

Ключові слова: нафтозабруднений ґрунт, *Glicine hispida* Maxim, *Bradyrhizobium japonicum*, азотфіксація.

Забруднення ґрунту нафтою є прикладом багатоконпонентної та різнобічної негативної атаки на всю ґрунтову екосистему. Насамперед, наявні у нафті метанові й ароматичні вуглеводні (легкі фракції нафти) чинять пряму токсичну дію [1]. Такі компоненти нафти, як смоли й асфальтени (важкі фракції), закупорюють пори ґрунту і цим перешкоджають проникненню у ґрунт кисню та води [20]. Нестача кисню негативно позначається на функціонуванні ґрунтової мікробіоти, а також на кількості аеробних мікроорганізмів у ґрунті [1]. Дефіцит вологи стає причиною порушення природних шляхів руху води, що зумовлює зменшення доступності мінеральних елементів живлення для рослин. Крім цього, результатом нафтовидобтку є надходження у ґрунт високомінералізованих вод (здебільшого з вмістом хлоридів, а також сульфатів та ін.), що є причиною супутнього засолення ґрунтів [22]. Засоленість ґрунту, як відомо, призводить до змін поглинання мінеральних елементів (особливо іонів K^+ та Ca^{2+}), спричинює акумуляцію токсичних іонів (особливо Na^+), викликає осмотичний і оксидативний стреси у рослинних організмів тощо.

Природне очищення забруднених нафтою продуктів відбувається упродовж дуже тривалого часу. Якщо легкі фракції нафти, навіть попри те, що вони всмоктуються у ґрунт на глибину до 1 метра, можуть випаровуватися, то важкі фракції, хоча і проникають у ґрунт не глибше 12 см, деградують дуже повільно [21]. Крім цього, внаслідок склеювання часток ґрунту асфальтенами інгібується дифузія уже розкладених фракцій. Це обмежує доступність їх як джерела живлення для мікроорганізмів [28], що у підсумку сповільнює сумарну біодеградацію нафти у ґрунті.

Для очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів залежно від умов регіону, характеру та рівня забруднення застосовують певні методи: механічні, фізико-хімічні, біологічні та комплексні. Механічні методи полягають у зборі нафти з поверхні ґрунту за допомогою механічних засобів. Фізико-хімічні методи базуються на використанні фізико-хімічних властивостей речовин, завдяки яким здійснюють екстракцію або сорбцію забруднювачів. Прикладами фізико-хімічних методів є реагентна нейтралізація нафтозабруднених ґрунтів; екстракція забруднення паром; промивання забрудненого ґрунту; очищення твердих поверхонь за допомогою гідрофобного органіномінерального нафтового сорбента, ініційованого гумінового сорбента, твердих сорбентів і сорбентів на

основі жирних кислот тощо) [10, 23, 16]. Суть існуючих біологічних методів очищення ґрунтів від нафти полягає в інтенсифікації процесів самоочищення ґрунту шляхом внесення спеціальних біологічних препаратів. До складу таких препаратів входять відповідні, адаптовані до забруднювача, активні штами мікроорганізмів-деструкторів, а також певні мінеральні компоненти, сорбенти тощо [6]. Використовуються також поверхнево-активні речовини мікробного походження (біоПАР, біосурфактанти) – продукти синтезу нафтоокиснювальних бактерій [31], механізм дії яких полягає в десорбції та солюбілізації вуглеводнів, а також – у стимуляції активності деструкторів нафти. Цей метод, очевидно, можна віднести як до фізико-хімічних, так і до біологічних. Комплексні методи являють собою сукупність засобів для поліпшення стану ґрунтів і усунення нафтового забруднення, що реалізуються шляхом застосування механічних, фізико-хімічних і біологічних методів очищення в комплексі з агротехнічними і (фіто)меліоративними роботами.

Принцип відновлення ґрунтів за допомогою вищих рослин полягає, здебільшого, в тому, що рослинні організми покращують фізико-хімічні властивості забрудненого ґрунту і таким чином сприяють деструкції нафти відповідними мікроорганізмами [5, 8].

У роботі вивчали перспективи поєднання методів фіто- та біоремедіації з метою очищення ґрунту від забруднення нафтою. Рослинами, які використовували для досліджень, були рослини сої щетинистої з родини бобових. Результатами наших попередніх досліджень встановлено толерантність рослин сої, а також люцерни, до умов ґрунту, забрудненого нафтою [4, 3, 2, 26]. Використано культуру бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum*, оскільки відомо про взаємодію сої з цим мікропартнером [14]. Досліджували можливість формування бобово-ризобіальних систем сої у нафтозабрудненому ґрунті, а також – їхню азотфіксувальну здатність.

Привабливість застосування рослин сої та культури *B. japonicum* для очищення ґрунту від забруднення нафтою вбачається у тому, що, по-перше, рослини сої, адаптуючись до умов нафтозабрудненого ґрунту, формують потужні кореневі системи з численними бічними коренями, що сприяє розпушенню забрудненого ґрунту. Можливість фіксації азоту атмосфери бобово-ризобіальними симбіозами сої є передумовою нагромадження (після мінералізації тканин коренів із бульбочками) у нафтозабрудненому ґрунті біологічного азоту. Це, з одного боку, слугуватиме чинником стимулювання росту рослин у забрудненому ґрунті, а з іншого – дасть змогу підвищити біохімічну активність ґрунту, адже відомо, що збагачення ґрунту азотом допомагає інтенсифікувати дихання, збільшити коефіцієнт мінералізації, підвищити активність ґрунтових ферментів тощо [9]. У свою чергу, зростання біохімічної активності ґрунту сприятиме деструкційній діяльності мікроорганізмів, тобто відбуватиметься інтенсифікація процесів самоочищення ґрунту. Також є підстави вважати, що кількість нафти у ґрунті буде зменшуватися за рахунок функціонування у ньому *B. japonicum*, оскільки є відомості, що вуглеводні слугують джерелом живлення для бульбочкових бактерій [27].

Матеріали та методи

Знезаражене 70% спиртом і відмите водопровідною водою насіння сої щетинистої (*Glicine hispida* Maxim) витримували упродовж 3-х діб у чашках Петрі на зволоженому фільтрувальному папері за температури $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ до моменту його наклеювання, після чого інокулювали культурою бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum*. Симбіонт сої *B. japonicum* отримали із колекції *Rhizobium* Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. Інокуляцію здійснювали упродовж 1 год перед посівом у ґрунт згідно з роботою С. Я. Коця зі співавторами [14]. Інокульоване насіння висівали у ґрунт, вміщений у пласт-

масові ящики. Ґрунт не піддавали стерилізації. У кожному ящику містилося по 6 кг ґрунту. Варіанти забруднення ґрунту нафтою становили або 5, або 8%, що умовно прирівнюється до середнього та високого рівня забруднення за впливом на ріст рослин. Контролем вважали ґрунт без нафти. Щільність висіяного у кожен ящик насіння становила 1,0–1,2 г/см³. Для аналізу нодуляційної здатності з ґрунту через кожних 3 доби відбирали по 5 рослин, обчислюючи кількість і визначаючи масу утворених бульбочок. Повторюваність аналізів була трикратною. Активність азотфіксації бобово-ризобіальних симбіозів визначали, використовуючи корені з бульбочками 30-добових рослин сої. Для аналізу відбирали по 5 рослин. Інтенсивність фіксації азоту визначали ацетиленовим способом [25] у відділі симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.

Результати і їхнє обговорення

У результаті проведених досліджень було встановлено, що схожість насіння сої у нафтозабрудненому ґрунті за дії 5% нафти становила 46% від контролю. Зі зростанням концентрації нафти у ґрунті рівень інгібування проростання насіння сої зростав (табл. 1).

Таблиця 1

Схожість насіння сої за умов забруднення ґрунту нафтою

Умови пророщування	Кількість пророслого насіння, %
Контроль, ґрунт без нафти	48,0±3,7
5% нафти у ґрунті	21,7±2,2
8% нафти у ґрунті	13,3±3,0
Ґрунт без нафти + <i>B. japonicum</i>	45,0±3,4
5% нафти у ґрунті + <i>B. japonicum</i>	37,0±5,1
8% нафти у ґрунті + <i>B. japonicum</i>	15,0±2,1

Із даних літератури відомо, що у більшості випадків пригнічення процесу проростання насіння та подальшого росту рослин починається, коли кількість нафтових вуглеводнів у ґрунті стає вищою 2%. Наприклад, за концентрації нафти 6 і 8% узагалі не проростало насіння пшениці [12]. Проте такі концентрації нафти, хоча й були інгібуючими, але не мали критичного значення для проростання насіння люцерни [4, 11]. Летальною щодо проростання насіння й росту проростків люцерни була концентрація полютанта, яка дорівнювала 10% і більше [11]. **Дослідження дії 20% нафти у ґрунті на проростання насіння** таких стійких до антропогенних впливів і, зокрема, до нафтового забруднення ґрунту, рослин-бур'янів, як мокриця, пирій повзучий, куряче просо та ін., показали, що за такої концентрації нафти їхнє насіння взагалі не проростало [13].

Аналіз нодуляційної здатності сої у нафтозабрудненому ґрунті показав, що формування кореневих бульбочок розпочиналося на 21–26-ту добу росту рослин. Встановлено, що забруднення нафтою, у кількості як 8%, так і 5%, повністю інгібувало процеси формування симбіотичних систем між клітинами коренів сої й аборигенними бульбочковими бактеріями (табл. 2). Відомо, що симбіотичне партнерство між ризобіями та бобовими рослинами формується шляхом серії скоординованих етапів: хемотаксис; індукція експресії бактерійних *nod*-генів і виділення *Nod*-факторів; закручування корневих волосків; утворення інфекційної нитки; поділ клітин кори; морфогенез бульбочки; проникнення бактерії у клітини рослини з подальшим їх розселенням і перетворенням у бактероїди [14]. Порушення бодай котрогось із перелічених етапів інгібує формування симбіозу бобових рослин із ризобіями. У літературі знайдено багато відомостей про пригнічення процесу формування бобово-ризобіальних симбіозів під дією екстремальних умов середовища. Зокрема показано, що на процеси формування симбіотичного азотфіксувального апарату негативну

дію чинять умови посухи [17], засолення [30], кислої реакції ґрунту [17], наявність у ґрунті токсичних елементів і сполук [24], гербіцидів, інсектицидів [19, 29] тощо. У випадку ж забруднення нафтою ґрунт одночасно є гідрофобним, засоленим, погано аерованим і містить токсичні елементи. Проте можливість утворення бульбочок на коренях сої за даних умов спостерігали, якщо у нафтозабруднений ґрунт вносили насіння сої, попередньо інокульоване культурою *B. japonicum* (табл. 2).

Таблиця 2

Формування бобово-ризобіального симбіозу 26-добовими рослинами сої з *B. japonicum* у ґрунті, забрудненому нафтою

Умови вирощування	Кількість бульбочок, штук / рослину	Маса 10 штук бульбочок, мг
Контроль, ґрунт без нафти	4,0±1,3	35,7±2,1
5% нафти у ґрунті	–	–
8% нафти у ґрунті	–	–
ґрунт без нафти + <i>B. japonicum</i>	8,0±1,4	96,4±7,5
5% нафти у ґрунті + <i>B. japonicum</i>	4,0±1,1	53,2±7,1
8% нафти у ґрунті + <i>B. japonicum</i>	1,0±0,1	10,5±11,2

Таким чином, отримані результати засвідчили, що бактеризація насіння сої культурою *B. japonicum* забезпечувала формування симбіотичних систем у нафтозабрудненому ґрунті. Проте навіть за умови інокуляції рослин сої культурою *B. japonicum* наявність 8% нафти у ґрунті призводила до того, що бульбочок утворювалося мало і вони були дрібними.

Аналіз функціональної здатності сформованих симбіозів у нафтозабрудненому ґрунті продемонстрував наявність їхньої азотфіксувальної активності (табл. 3).

Таблиця 3

Активність фіксації азоту симбіозом сої з *B. japonicum* у ґрунті, забрудненому нафтою

Варіант досліджу	Кількість бульбочок	Активність азотфіксації, мкмоль C_2H_4 /рослину·год
Контроль, ґрунт без нафти	3,3±1,2	0,62±0,04
5% нафти у ґрунті	3,0±1,0	1,82±0,3
8% нафти у ґрунті	1,0±0,1	0,3±0,05

Інтенсивність азотфіксації симбіозом сої з *B. japonicum* за наявності 5% нафти у ґрунті була вищою, ніж у ґрунті без нафти. Випадок високої азотфіксувальної активності симбіотичного апарату за впливу 5% нафти можна пояснити, зокрема, доступністю нафти для *B. japonicum* як додаткового джерела живлення, оскільки відомо, що вуглеводні можуть використовуватися бульбочковими бактеріями як поживні елементи [27]. Проте у попередніх дослідженнях показано, що за такого рівня забруднення спостерігалось пригнічення росту рослин сої, зменшувався вміст фотосинтетичних пігментів у тканинах листків, знижувалася інтенсивність фотосинтезу та ін. [26]. Однією з причин інгібування ростових процесів рослин сої є дефіцит вологи у нафтозабрудненому ґрунті. Встановлено, що забруднений ґрунт (5% нафти) здатний утримувати капілярної вологи у кількості 34,94 г/100 г абсолютно сухого ґрунту [2]. Проте для формування кореневих бульбочок такий рівень ґрунтової вологи, хоча й є далеким від оптимального (оптимальний перебуває у межах 60–70% від повної вологоємності ПВ), але не є критичним, оскільки мінімальна вологість, за якої ще можливе утворення симбіотичних систем, становить близько 16% від ПВ [17]. Крім цього, адаптація рослин сої до дефіциту вологи у забрудненому ґрунті відбувалася за рахунок утворення значної кількості тонких бічних коренів, здатних у пошуку вологи сягати глибоких ґрунтових горизонтів. Саме на бічних коренях, що лежали у глибоких шарах ґрунту, утворювалися кореневі бульбочки, особливо якщо ґрунт було забруд-

нено нафтою у кількості 8%. Таким чином, отримані результати дають підстави зробити висновок, що формуванню симбіотичних систем бульбочкових бактерій із рослинами сої в нафтозабрудненому ґрунті сприяли адаптивні перебудови кореневої системи.

Пригнічення як формування, так і азотфіксувальної діяльності бобово-ризобіального симбіозу сої з *B. japonicum* у випадку забруднення ґрунту нафтою в кількості 8% свідчить про потужний токсичний вплив компонентів нафти, а також про значну негативну дію низького рівня аерованості забрудненого ґрунту, зумовленого як наявністю сформованої у результаті забруднення ґрунту нафтою щільної бітумної кірки на поверхні, так і розподілом бульбочок у глибоких шарах ґрунту.

Експериментально встановлено, що соя зі сформованим симбіотичним апаратом з *B. japonicum* у нафтозабрудненому ґрунті проходить усі стадії онтогенезу аж до формування плодів. Після завершення вегетації соя залишає у забрудненому ґрунті добре розвинуту кореневу систему з бульбочками, що, хоча й через певний час (потрібний на мінералізацію цих коренів і бульбочок, а також – надземної частини рослин і їхнього насіння), є передумовою гарантованого та стабільного накопичення у забрудненому ґрунті азоту. Відомо, що внаслідок мінералізації рослинних решток бобових (без насіння) у 1 га ґрунту відбувається нагромадження близько 60–80 кг азоту.

Можливість акумуляції азоту в нафтозабрудненому ґрунті є важливим чинником його відновлення, оскільки відомо про погіршення азотного режиму ґрунту внаслідок забруднення нафтою. Вивчення кількості у ґрунті мікроорганізмів-азотфіксаторів під впливом нафтового забруднення показало, що їхня чисельність практично не змінюється. Це може бути наслідком погіршеного доступу кисню в ґрунт і результатом інтенсивного споживання кисню збільшеною кількістю аеробних нафтоокиснювальних бактерій [7]. Встановлено, що у результаті забруднення ґрунту нафтою змінюється співвідношення чисельності мікроорганізмів, які беруть участь в окисно-відновній трансформації азоту [18]. Чисельність найменш стійких до вуглеводневого забруднення ґрунту мікроорганізмів зменшується уже за присутності 2 л/м² нафти. Такими є, наприклад, бактерії, що засвоюють азот органічних сполук. Кількості ж тих, що мають ширшу зону стійкості, а зокрема бактерій, що утилізують мінеральний азот, а також мікроскопічних грибів, збільшуються навіть за наявності нафти у кількості 20 і 40 л/м² відповідно [15]. У іншій роботі показано зростання кількості сапрофітних мікроорганізмів, які використовують органічні форми азоту, в тому числі амоніфікаторів, якщо рівень забруднення ґрунту нафтою становив 100 г/кг сухого ґрунту [7]. Інтенсивне зростання чисельності цих мікроорганізмів остаточно збіднюватиме ґрунт сполуками азоту й фосфору.

Вирощування рослин сої з функціональним бобово-ризобіальним симбіозом у нафтозабрудненому ґрунті дає змогу прогнозувати можливість збагачення забрудненого ґрунту азотом. При цьому збагачення азотом здійснюється біологічним шляхом, без внесення мінеральних добрив, що допомагає уникнути потрапляння у ґрунт будь-яких сторонніх баластних речовин, які вносяться разом із мінеральними добривами. Можливість оптимізації азотного режиму забрудненого ґрунту, у свою чергу, означає отримати перспективи інтенсифікації його біохімічної активності – передумови активації мікробіологічної деструкції вуглеводнів нафти у ґрунті.

Отже, отримані результати показали можливість формування симбіотичного партнерства рослин сої з ризобіями у нафтозабрудненому ґрунті, проте лише за умови інокуляції насіння культурою *B. japonicum*. Визначено азотфіксувальну здатність симбіотичного апарату сої з *B. japonicum* у нафтозабрудненому ґрунті.

*Автор висловлює подяку завідувачу відділом симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України д.б.н. С. Я. Коцю за надання культури *V. jaropiscit* і за отриману можливість здійснити експериментальні визначення у лабораторії відділу.*

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вальков В. Ф., Казеев К.Ш., Колесников С. И. Экология почв: учеб. пособие. Ч. 3. Загрязнение почв. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. 54 с.
2. Величко О. І., Сокол О. В., Терек О. І. Всисна сила клітин коренів рослин сої за екстремальних водних умов нафтозабрудненого ґрунту // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2009. Вип. 49. С. 203–207.
3. Величко О., Терек О. Вплив нафтового забруднення ґрунту на вміст аскорбінової кислоти та активність аскорбатоксидази в органах рослин люцерни округлої // Наук. вісн. ЛНАВМ ім. С. З. Гжицького. 2008. Т. 10. № 3. Ч. 2. С. 144–148.
4. Величко О. І., Яворська Н. Й., Терек О. І. Ріст та розвиток рослин люцерни в умовах забруднення нафтою ґрунту // Наукове забезпечення інноваційного розвитку аграрного виробництва в Карпатському регіоні: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Оброшино, 2007. С. 81–85.
5. Деклараційний патент на винахід 16345 Україна, МПК (2006) A01B 79/00 A01B 79/02 (2006.01) A01C 21/00. Спосіб очищення ґрунтів, забруднених нафтою / Джура Н.М., Цвілинюк О.М., Терек О.І. Опубл. 15.08.06; Бюл. №8.
6. Деклараційний патент на винахід 34894A Україна, C02F3/34. Препарат для біологічного очищення ґрунту і води від забруднень нафтою та нафтопродуктами "Родойл" / Дульгеров О.М., Ногіна Т.М., Підгорський В.С., Думанська Т.У., Гавриленко М.М. Опубл. 15.03.2001. Бюл. № 2.
7. Джура Н. М., Мороз О. М., Русин І. Б. та ін. Вплив рослин бобу кормового (*Vicifaba* Var. *Minor*) на функціонування мікробних асоціацій метаболізму азоту в нафтозабрудненому ґрунті // Ґрунтознавство. 2010. Т. 11. № 3–4. С. 105–112.
8. Джура Н., Романюк О., Гонсьор Я. та ін. Використання рослин для рекультивациі ґрунтів, забруднених нафтою і нафтопродуктами // Екологія та ноосферологія. 2006. Т. 17. № 1–2. С. 55–60.
9. Екологічні проблеми землеробства. І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей, В. А. Мазур, В. І. Горщар, О. В. Конопльов, С. П. Паламарчук, О. І. Примак / За ред. І.Д. Примака. К.: ЦУЛ, 2010. С. 336–341.
10. Касаревич І. В., Шелестов В. Ю., Гончаренко А. П. Екологія буріння. Мінськ, 1994. 120 с.
11. Киреева Н. А., Тарасенко Е. М., Бакаева М. Д. Детоксикация нефтезагрязненных почв под посевами люцерны (*Medicago sativa* L.) // Агрехимия. 2004. № 10. С. 68–72.
12. Киреева Н. А., Мифтахова А. М., Салахова Г. М. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации // Агрехимия. 2006. № 1. С. 85–90.
13. Киреева Н. А., Мифтахова А. М., Кузяхметов Г. Г. Ріст і розвиток бур'янів в умовах техногенного забруднення ґрунту // Вісн. Башкирського ун-ту. 2001. № 1. С. 32–34.
14. Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко Е. В., Мельникова Н. Н. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов. К.: Наукова думка, 2007. С. 107–108.
15. Мірошниченко М. М. Стійкість ґрунту як основа педоекологічного нормування забруднення: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.18. Х., 2005. 37 с.

16. *Мирицхулава Ц. Е.* Деградации почв и стратегия экологического менеджмента // Инженерная экология. 2003. № 5. С. 39–55.
17. *Мишустин Е. Н., Шильникова В. К.* Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1973. 240 с.
18. *Мороз О. М., Джура Н. М., Безноско Г. Я.* та ін. Вплив рослин *Carex hirta* на мікрофлору нафтозабруднених ґрунтів // Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. біол. 2006. Вип. 19. С. 149–154.
19. *Моцук П. А., Артемчук Е. Г., Бебега О. И.* Применение гербицидов в посевах люцерны // Биол. ритмы: материалы междунар. науч.-практ. конф. Беловежская пуша, 26–28 апр., 1999. Брест, 1999. С. 202–203.
20. *Пиковский Ю. И.* Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 7–22.
21. *Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Чернянский С. С., Сахаров Г. Н.* Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1132–1140.
22. *Рихимова Э. Р., Гарусов А. В., Заринова С. К.* Биологическая активность нефтезагрязненной почвы при засолении // Почвоведение. 2005. № 4. С. 481–485.
23. *Ручкинова О. И., Вайсман Я. И.* Экологическая безопасность предприятий управления нефтеотходами // Инженерная экология. 2003. № 2. С. 15–27.
24. *Самохвалова В. Л.* Симбіотична азотфіксація у рослин *Vicia villosa* за умов забруднення ґрунту важкими металами // Наук. вісн. Волин. ун-ту. Розділ III. Ботаніка. 2010. С. 131–138.
25. *Старченков Е. П., Белима Н. И., Желюк В. М.* Связывание молекулярного азота клубеньковыми в симбиотических и культуральных условиях. К.: Наук. думка, 1984. 224 с.
26. *Терек О. І., Величко О. І., Джура Н. М.* Фізіологічні аспекти адаптації рослин до нафтозабрудненого ґрунту // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. пр. К.: Логос, 2009. Т. 1. С. 217–225.
27. *Frassinetti S., Setti L., Corti A.* et al. Biodegradation of dibenzothiophene by a nodulating isolate of *Rhizobium meliloti* // Can. J. Microbiol. 1998. N 44. P. 289–297.
28. *Kuyukina M. S., Ivshina I. B., Makarov S. O.* et al. Effect of biosurfactants on crude oil desorption and mobilisation in a soil system // Environment International. 2005. 31(2).P. 155–161.
29. *Seidel S., O'Connor G.E., Watt J., Sutherland M.* Using omethoate insecticide and legume inoculant on seed // Austral. J. Exp. Agric. 1991. 31. N 1. P. 71–76.
30. *Semaj R., Drevon J.* Effects of salinity and nitrogen source on growth and nitrogen fixation in alfalfa // J. Plant Nutr. 1998. Vol. 21. N 9. Pt. 1805–1818.
31. *Wei Q. F., Mather R. R., Fotheringham A. F.* Oil removal from used sorbents using a biosurfactant // Bioresource Technol. 2005. Vol. 96. P. 331–334.

Стаття: надійшла до редакції 10.01.12

доопрацьована 13.02.12

прийнята до друку 14.02.12

EFFECTIVENESS OF SYMBIOTIC SYSTEM *BRADYRHISOBIUM JAPONICUM*–SOY PLANTS IN THE OIL POLLUTED SOIL

O. Velychko

*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: oksvell@gmail.com*

It was set the possibility of formation of symbiosis *Bradyrhizobium japonicum* with soy plants in oil polluted soils. Investigated intensity of nitrogen fixation generated pulses-rhysobium symbiosis under condition of soil contamination.

Keywords: oil polluted soil, *Glicine hispida* Maxim, *Bradyrhizobium japonicum*, nitrogen fixation.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
СИМБИОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ *BRADYRHISOBIUM JAPONICUM* –
РАСТЕНИЯ СОИ В НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ**

O. Величко

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина
e-mail: oksvell@gmail.com*

Установлена возможность формирования симбиозов *Bradyrhizobium japonicum* с растениями сои в нефтезагрязненной почве. Определена интенсивность азотфиксации сформированных симбиозов в условиях загрязнения почвы нефтью.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва, *Glicine hispida* Maxim, *Bradyrhizobium japonicum*, азотфиксация.