

УДК 631.46.631.445.41:631.84

© 2010

Малиновська І.М., доктор сільськогосподарських наук
Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»

*Зінов'єва Н.А., аспірант**
Національний авіаційний університет

СПРЯМОВАНІСТЬ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАБРУДНЕНОМУ НАФТОПРОДУКТАМИ ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор А.В. Калініченко

Забруднення нафтопродуктами темно-сірого лісового ґрунту призводить до зміни чисельності та фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів досліджених еколого-трофічних груп. У результаті забруднення нафтопродуктами змінюється інтенсивність і спрямованість мінералізаційних процесів, передусім, уповільнюється освоєння органічної речовини ґрунту, зменшується інтенсивність мінералізації сполук азоту, уповільнюється мінералізація гумусу: в екстенсивному агроземі – на 5,81%, в інтенсивному агроземі – на 11,1%, зростає фітотоксичність ґрунту: в екстенсивному агроземі на 11,0%, в інтенсивному – на 59,4%.

Ключові слова: мікробіоценоз, еколого-трофічні групи, мінералізація, гумус, токсичність, темно-сірий опідзолений ґрунт, забруднення нафтопродуктами.

Постановка проблеми. Одними з найнебезпечніших речовин, що забруднюють навколишнє природне середовище, є нафтопродукти, які використовуються в багатьох галузях промисловості й сільському господарстві. Нафта і нафтопродукти при потраплянні на ґрунтовий покрив істотно порушують рівновагу ґрунтових процесів, призводять до загибелі мікроорганізмів, найпростіших, водоростей, блокують водно-сольові обмінні процеси в корінні рослин [5, 8]. Зменшення кількісного та якісного складу мікробіоценозів, пригнічення ферментативної активності рослин та ґрунтової флори і фауни викликає різке зниження біопродуктивності й екологічної стійкості агроземів [1, 7].

Аналіз останніх публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Досліджений вплив нафтопродуктів на чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп: амоніфікаторів, нітрифікаторів, олігонітрофілів та азотфіксувальних мікроорганізмів [4, 6]. Дані, отримані дослідниками, мають досить суперечливий характер. Зокрема, за даними О.Н. Дуль-

герова та ін. [4], зниження загальної чисельності мікроорганізмів, чисельності азотобактера, нітрифікаторів і целюлозолітиків продовжується після внесення нафтопродуктів протягом трьох місяців, і навіть через рік чисельність мікроорганізмів у забрудненому ґрунті залишається нижчою, ніж у контрольному ґрунті. За результатами Н.М. Ісмаїлова [6], забруднення ґрунту нафтою підвищує чисельність амоніфікаторів, денітрифікаторів і вільноіснуючих азотфіксаторів.

Мета досліджень: оцінка впливу нафтопродуктів на спрямованість та інтенсивність мікробіологічних процесів у темно-сірому опідзоленому ґрунті.

Матеріали і методи досліджень. Модельний дослід проведений із використанням темно-сірого опідзоленого ґрунту стаціонарного досліді лабораторії інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи ННЦ «Інститут землеробства НААН» (дослідне господарство "Чабани", Києво-Святошинський район Київської області): екстенсивний агрозем – польова сівозміна без використання мінеральних і органічних добрив із 1987 р.; інтенсивний агрозем – польова сівозміна з насиченістю мінеральними добривами $N_{96}P_{108}K_{112,5}$ по фону заорювання побічної продукції рослинництва. У 0–20 см шарі ґрунту екстенсивного варіанта містилося: гумусу 1,31%, лужногідролізованого азоту 6,44 мг, нітратного азоту – 0,45, амонійного азоту – 0,18, рухомого фосфору 22,5 та обмінного калію 5,90 мг на 100 г сухого ґрунту; ступінь рухомості фосфору – 0,21 мг $P_2O_5/100$ г ґрунту, $pH_{(KCl)}$ – 5,7. У 0–20 см шарі ґрунту інтенсивного варіанта містилося: гумусу 1,75%, лужногідролізованого азоту 6,86 мг, нітратного азоту – 6,46, амонійного азоту – 0,20, рухомого фосфору 60,0 та обмінного калію 25,4 мг на 100 г сухого ґрунту; ступінь рухомості фосфору – 0,66 мг $P_2O_5/100$ г ґрунту, $pH_{(KCl)}$ – 4,9.

* Керівник – доктор сільськогосподарських наук І.М. Малиновська

Ґрунт відбирали восени і перед проведенням дослідів відновлювали його біологічну активність шляхом зволоження й термостатування за 25°C протягом 21 доби. Нафтопродукти вносили в концентрації 1% у вигляді водної емульсії. В якості нафтопродуктів використовували авіаційне паливо марки ТС-1. За 8 діб до внесення нафтопродуктів у частину судин висівали насіння злакової травосуміші.

Стан мікробіоценозу вивчали через одну добу після внесення нафтопродуктів. Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп оцінювали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні поживні середовища [16]. Показник інтенсивності процесів мінералізації сполук азоту розраховували за Є.Н. Мішустіним і Е.В. Руним [13], індекс педотрофності – за Д.І. Нікітіним та В.С. Нікітіною [14], активність мінералізації гумусу – за І.С. Демкіною та Б.Н. Золотарьовою [3]. Коефіцієнт питомої фосформобілізуючої активності (K_f) визначали на агаризованому середовищі Муромцева за розробленим нами методом [10]. Кількість колоній підраховували впродовж 21 доби в залежності від швидкості

росту і фізіологічних особливостей мікроорганізмів певної еколого-трофічної групи. Вірогідність формування бактеріальних колоній (ВФК) визначали за методом *S. Ishikuri and T. Hattori*, описаним П.А. Кожевіним та ін. [9]. Фітотоксичні властивості ґрунту визначали з використанням рослинних біотестів (пшениця озима) за Н.А. Красильниковим [12]. Стійкість ґрунту до антропогенного навантаження вивчали за інтенсивністю респірації ґрунту [18].

Результати дослідження. Забруднення ґрунту нафтопродуктами вже через добу призводить до зростання чисельності мікроорганізмів порівняно з незабрудненим ґрунтом (табл. 1). Зокрема, в екстенсивному агроземі зростає кількість: амоніфікаторів на 47,4%, імобілізаторів мінерального азоту – 14,2, олігонітрофілів – 20,3, денітрифікаторів – 211,5, педотрофів – 20,8, целюлозолітиків – 43,8, полісахаридсинтезувальних – 69,4, автохтонних – 14,1, мобілізаторів мінеральних і органічних фосфатів – на 53,5 і 75,2% відповідно. В інтенсивному агроземі кількість амоніфікаторів зростає на 58,3%, імобілізаторів мінерального азоту – 19,1, олігонітрофілів – 37,3,

1. Чисельність мікроорганізмів у темно-сірому опідзоленому ґрунті через добу після внесення нафтопродуктів, млн. КУО*/г абсолютно сухого ґрунту

Варіант		Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезуючі	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	K_f	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Мобілізатори органічних фосфатів
Екстенсивний агрозем	Контроль: обробка водою	55,5	97,3	78,7	100,0	51,3	2,48	98,9	84,4	6,08	27,0	15,6	0,29	0,27	11,4	4,56
	1% нафтопродуктів	81,8	111,1	94,7	100,0	159,8	2,98	119,5	121,4	10,3	30,8	16,4	0,27	0,34	17,5	7,99
	Фітоценоз (контроль)	352,2	391,1	124,6	100,0	166,6	3,55	449,8	476,0	62,3	98,7	15,9	0,25	1,48	37,7	18,6
	Фітоценоз + 1% нафтопродуктів	357,6	528,4	212,2	3,33	169,2	5,15	713,3	637,5	171,6	119,5	12,9	0,25	1,61	37,5	45,5
Інтенсивний агрозем	Контроль: обробка водою	48,2	87,0	51,8	23,3	28,2	2,65	95,1	63,9	4,13	18,9	7,51	0,45	0,43	9,02	4,13
	1% нафтопродуктів	76,3	103,6	71,1	13,3	130,4	2,64	115,8	90,5	5,14	20,8	14,2	0,45	0,55	10,7	11,1
	Фітоценоз (контроль)	209,0	381,8	103,6	99,3	153,2	3,44	437,3	434,4	68,9	59,0	17,5	0,28	2,57	46,0	16,4
	Фітоценоз + 1% нафтопродуктів	265,8	456,4	172,9	0,00	168,1	4,60	704,6	473,6	105,7	67,1	16,4	0,31	3,55	18,0	38,8
НІР ₀₅		11,0	8,45	12,3	5,69	6,58	0,56	3,02	6,00	4,32	3,05	3,00	0,04		2,00	3,05

Примітка: КУО* – колонієутворююча одиниця

денітрифікаторів – 360,8, педотрофів – 21,7, целюлозолітиків – 41,6, полісахаридсинтезуючих – 24,4, автохтонних – 10,1, стрептоміцетів – 89,1, мобілізаторів мінеральних і органічних фосфатів – на 18,6 і 168,8% відповідно. Отже, в інтенсивному агроземі забруднення нафтопродуктами призводить до суттєвішого зростання чисельності мікроорганізмів більшості досліджених еколого-трофічних груп, аніж в екстенсивному агроземі. Причиною цього можуть бути властивості самих ґрунтів: екстенсивний агрозем збіднений на вміст макро- і мікроелементів, гумусу та ін., оскільки в цьому варіанті дослід з 1987 р. не вносяться мінеральні й органічні добрива. Маючи джерело вуглецю (нафтопродукти), мікроорганізми не можуть рости за нестачі основних макроелементів. Забруднення нафтопродуктами, як відомо, призводить до зменшення вмісту рухомого фосфору, обмінного калію та азоту в ґрунті [2, 17].

Внесення нафтопродуктів також призводить до зростання фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів, а саме, в екстенсивному агроземі: амоніфікаторів на 15,7%, імобілізаторів мінерального азоту – 44,3, денітрифікаторів – 62,1, педотрофів – 24,3, автохтонних – 26,1, целюлозолітиків – 19,5, мікроміцетів – на 74,6%

(табл. 2). Зростання фізіолого-біохімічної активності частково пов'язане з токсичною дією нафтопродуктів, яку клітини намагаються подолати, витрачаючи на це додаткові субстрати, енергію й кисень. Одночасно починається процес споживання молекул нафтопродуктів як субстратів для росту мікроорганізмів багатьох груп, що також призводить до збільшення фізіолого-біохімічної активності та респірації на 26,2% (табл. 3). В інтенсивному агроземі зростання фізіолого-біохімічної активності спостерігається лише у мікроорганізмів окремих груп, зокрема, нітрифікаторів, мікроміцетів, мобілізаторів органічних фосфатів, однак, інтенсивність респірації в цьому варіанті дослід зростає на 87,5% (табл. 2, 3).

У результаті забруднення нафтопродуктами ґрунту змінюється інтенсивність мінералізаційних процесів, а саме, уповільнюється освоєння органічної речовини ґрунту: в екстенсивному агроземі на 21,9%, в інтенсивному – на 75,9%; зменшується інтенсивність процесу мінералізації-іммобілізації сполук азоту: в екстенсивному агроземі на 28,7%, в інтенсивному – на 32,4% (табл. 3). Коефіцієнт опідзоленості знижується в екстенсивному агроземі на 22,4%, в інтенсивному – на 15,1%. Нафтопродукти, виступаючи

2. Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у темно-сірому опідзоленому ґрунті через добу після внесення нафтопродуктів

Варіант		Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Нітрифікатори	Денітрифікатори	Педотрофи	Автохтонні	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Мобілізатори органічних фосфатів	Мобілізатори мінеральних фосфатів
Контроль: обробка водою	Екстенсивний агрозем	2,68	1,31	3,84	1,03	0,29	1,44	2,57	0,87	1,69	2,61	3,89
1% нафтопродуктів		3,10	1,89	3,75	1,12	0,47	1,79	3,24	1,04	2,95	2,38	3,69
Фітоценоз (контроль)		4,11	1,38	3,62	1,34	6,42	1,80	2,17	0,94	4,02	5,58	3,23
Фітоценоз + 1% нафтопродуктів		4,29	1,21	4,67	1,39	6,42	0,61	1,81	1,05	3,95	3,89	3,70
Контроль: обробка водою	Інтенсивний агрозем	3,56	1,61	3,34	1,03	0,26	2,76	4,24	2,17	3,25	1,81	1,92
1% нафтопродуктів		3,40	1,18	3,23	1,17	0,36	2,38	3,59	0,77	3,31	2,46	2,56
Фітоценоз (контроль)		5,84	1,04	3,80	1,21	1,62	2,15	1,49	1,67	4,22	3,08	3,06
Фітоценоз + 1% нафтопродуктів		3,51	1,29	3,54	1,46	6,42	1,39	1,08	1,40	3,71	5,82	3,17

3. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту через добу після внесення нафтопродуктів

Варіант		Індекс педотрофності	Коефіцієнт опідзоленості	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Інтенсивність респірації ґрунту	Маса 100 рослин тест-культури – пшениці озимої, г		
							стебло	коріння	загальна маса
Контроль: обробка водою	Екстенсивний агрозем	1,78	1,42	1,75	27,3	32,8	6,92	6,14	13,1
1% нафтопродуктів		1,46	1,16	1,36	25,8	41,4	7,77	4,04	11,8
Фітоценоз (контроль)		1,28	0,35	1,11	21,9	51,8	8,40	7,37	15,8
Фітоценоз + 1% нафтопродуктів		1,99	0,59	1,48	16,7	61,0	8,83	4,93	13,8
Контроль: обробка водою	Інтенсивний агрозем	1,97	1,07	1,80	19,9	17,4	6,86	7,33	14,2
1% нафтопродуктів		1,12	0,93	1,36	17,9	19,5	5,23	3,67	8,91
Фітоценоз (контроль)		2,09	0,50	1,83	13,5	39,2	7,38	6,70	14,1
Фітоценоз + 1% нафтопродуктів		2,65	0,65	1,72	9,5	47,6	7,00	5,54	12,5
НІР ₀₅							1,07	1,12	1,15

джерелом вуглецю, уповільнюють мінералізацію гумусу: в екстенсивному агроземі – на 5,81%, в інтенсивному – на 11,1%. Внесення нафтопродуктів призводить до зростання фітотоксичності: в екстенсивному варіанті на 11,0%, в інтенсивному – на 59,4% (табл. 3). Отримані закономірності співпадають з отриманими раніше для сірого лісового ґрунту [11].

Внесення нафтопродуктів у систему, що включає не тільки ґрунт, а й вегетуючий фітоценоз, також супроводжується зростанням чисельності мікроорганізмів, зокрема, в екстенсивному агроземі: іmobilізаторів мінерального азоту – на 35,1%, олігонітрофілів – 70,3, нітрифікаторів – 45,1, педотрофів – 58,6, целюлозолітиків – 33,9, полісахаридсинтезуючих – 175,4, автохтонних – 21,1, мобілізаторів органічних фосфатів – на 144,6% (табл. 1). Показники зростання чисельності мікроорганізмів в інтенсивному агроземі становлять: амоніфікаторів – 27,5%, іmobilізаторів мінерального азоту – 19,5, олігонітрофілів – 66,9, нітрифікаторів – 33,7, педотрофів – 61,1, полісахаридсинтезуючих – 53,4, автохтонних – 13,7, іmobilізаторів органічних фосфатів – 136,6%. Кількість денітрифікаторів у ризосфері фітоценозу під дією нафтопродуктів практично не зростає в обох типах агроземів, на відміну від ґрунтів без фітоценозу, де спостерігається зрос-

тання чисельності мікроорганізмів цієї групи в 3,12 і 4,61 рази (табл. 1). Протилежна тенденція спостерігається стосовно чисельності нітрифікаторів: у ризосфері фітоценозу їхня чисельність зростає під дією нафтопродуктів на 45,1-35,3%, на відміну від ґрунту без рослинного покриву, де зростання чисельності нітрифікаторів не спостерігається чи то спостерігається незначне підвищення. Можна припустити, що в ґрунті без рослин нітрифікатори внаслідок внесення гідрофобних нафтопродуктів починають відчувати нестачу кисню, тоді як у ризосферному ґрунті коріння рослин усе ще (через добу) виконує функцію забезпечення ґрунту киснем. Фізіолого-біохімічна активність нітрифікаторів у більшій мірі зростає в інтенсивному агроземі, – як за вирощування рослин, так і за їх відсутності.

Однією з найчутливіших груп мікроорганізмів до дії нафтопродуктів є мобілізатори органофосфатів; їхня чисельність у результаті внесення нафтопродуктів зростає і в ґрунті без рослин, і в ризосфері фітоценозу на 136,6-168,8%. Причиною цього, на нашу думку, може бути схожість структури ароматичних кілець субстратів – нуклеїнових кислот і нафти, а також той факт, що в забруднених ґрунтах знижується концентрація фосфору [17] та активізація діяльності мікроорганізмів, які вивільняють фосфор із органічних

сполук, стає актуальною. ВФК мобілізаторів ор-ганофосфатів зростає у всіх варіантах досліду за внесення нафтопродуктів.

Вивчення закономірностей зміни чисельності полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів у забруднених ґрунтах досить важливе, оскільки полісахариди утворюють із бактеріальними білками суфруктантні комплекси, які володіють властивостями емульгаторів щодо гідрофобних молекул нафти [19-21]. Раніше на прикладі сірого лісового ґрунту багаторічного перелогу було показано [11], що внесення 5% нафтопродуктів призводить протягом доби до зниження чисельності полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів як у ґрунті без рослин, так і в ризосферному ґрунті в 1,7-3,1 рази. Протягом наступного інкубування забрудненого ґрунту чисельність полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів у варіантах із нафтопродуктами зростала і через 23 доби перевищила показники незабрудненого ґрунту в 9,0-34,3 рази. У представлених дослідженнях внесення нафтопродуктів призводить до збільшення чисельності полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів на 24,4-175,4% уже через добу (табл. 1). Максимальне зростання чисельності полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів спостерігається у ризосферному ґрунті. Можливим поясненням цих розбіжностей може бути проведення модельних дослідів із використанням ґрунтів різного типу: раніше – з сірим лісовим (перелоговий стан), у даному випадку – з темно-сірим опідзоленим (агроземи).

Згідно з літературними даними [15], в перший місяць після забруднення чорнозему опідзоленого нітрифікація та амоніфікація знижуються до мінімальних значень. Протягом року кількість амонійного азоту підвищується відносно контролю на 160-300%. Наші спостереження суперечать даним дослідників щодо зниження активності амоніфікації на перших етапах після забруднення. На прикладі перелогового ґрунту [11] і на агроземах нами відстежувалася тенденція підвищення чисельності та активності амоніфікуювальних мікроорганізмів одразу після внесення нафтопродуктів. Через добу інгібувальною концентрацією нафтопродуктів для амоніфікаторів є 10-20%, через 23 доби інкубування забрудненого ґрунту інгібувальні властивості нафтопродукти демонструють лише у концентрації 20%. Нітрифікатори відчують токсичну дію за всіх вивчених концентрацій нафтопродуктів при дослідженнях, проведених із використанням перелогового ґрунту [11]. Однак, при дослідженнях агроземів і використанні нафтопродуктів у конче-

нтрації 1% інгібувального ефекту не спостерігається, – чисельність нітрифікаторів або не змінюється, або зростає на 20,2-45,1%. Отже, не можна однозначно оцінювати внесок забруднення нафтопродуктами на протікання амоніфікуювальних і нітрифікуювальних процесів у ґрунтах, оскільки характер впливу залежить від рівня забруднення, типу нафтопродуктів (легкі, важкі, леткі та ін.), типу ґрунту, наявності рослинності на його поверхні і т.п.

Внесення нафтопродуктів призводить до підвищення фітотоксичності ґрунту екстенсивного варіанта без фітоценозу – на 11,0%, із фітоценозом – на 14,5%, інтенсивного варіанта без фітоценозу – на 59,4%, із фітоценозом – на 12,8% (табл. 3). Вирощування рослин дає змогу знизити токсичний ефект нафтопродуктів у екстенсивному агроземі на 16,9%, у інтенсивному – на 40,3%. Рослини злакової травосумішки після внесення нафтопродуктів гинуть протягом двох-чотирьох діб, однак мікробний ценоз, який сформувався у ризосфері рослин в процесі вегетації, залишається життєздатним і міцним протягом тривалого часу.

Спрямованість мінералізаційних процесів у ризосферному ґрунті протилежна тій, що спостерігається в ґрунті без рослин. Так, внесення нафтопродуктів в екстенсивний агрозем без рослин призводить до зниження індексу педотрофності, коефіцієнта опідзоленості, коефіцієнта мінералізації азоту та активності мінералізації гумусу (табл. 3). Внесення нафтопродуктів у ризосферний ґрунт (екстенсивний агрозем) призводить до підвищення індексу педотрофності на 55,5%, коефіцієнта опідзоленості – 68,6, коефіцієнта мінералізації азоту – на 33,3% і зниженню активності мінералізації гумусу на 31,1%. Аналогічну закономірність спостерігаємо й для інтенсивного агрозему, в ґрунті без рослин внесення нафтопродуктів призводить до зниження інтенсивності мінералізаційних процесів, а в ризосферному ґрунті – до підвищення інтенсивності освоєння органічної речовини на 26,87%, процесу опідзолення – на 30,0%, уповільнення мінералізації гумусу на 42,1%. Отже, внесення нафтопродуктів по-різному впливає на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунтах без рослин і в ґрунтах з вегетуючим фітоценозом. У ризосферному ґрунті, де легкодоступні субстрати для росту мікроорганізмів продукуються рослинами у вигляді кореневих ексудатів, внесені нафтопродукти одразу включаються в метаболізм аборигенних мікроорганізмів. Очевидно, має місце ефект „кометаболізму”, коли легкодоступні суб-

страсти використовуються для початкової деградації молекул нафтопродуктів. Тип агрозему не впливає на спрямованість мінералізаційних процесів, а лише на їхню інтенсивність.

Висновки: 1. У результаті забруднення нафтопродуктами темно-сірого опідзоленого ґрунту змінюється інтенсивність мінералізаційних процесів: уповільнюється освоєння органічної речовини ґрунту в екстенсивному агроземі на 21,9%, в інтенсивному – на 75,9%; зменшується інтенсивність процесу мінералізації–іммобілізації сполук азоту в екстенсивному агроземі на 28,7%, в інтенсивному – на 32,4%; уповільнюється мінералізація гумусу в екстенсивному агроземі – на 5,81%, в інтенсивному агроземі – на 11,1%.

2. Забруднення нафтопродуктами темно-сірого опідзоленого ґрунту впродовж доби призводить до збільшення чисельності полісахаридсинтезуючих мікроорганізмів на 24,4–175,4%.

3. Внесення нафтопродуктів призводить до

підвищення фітотоксичності ґрунту екстенсивного варіанта без фітоценозу – на 11,0%, із фітоценозом – на 14,5%, інтенсивного варіанту без фітоценозу – на 59,4%, із фітоценозом – на 12,8%. Вирощування рослин дає змогу знизити токсичний ефект нафтопродуктів в екстенсивному агроземі на 16,9%, в інтенсивному – на 40,3%.

4. Спрямованість мінералізаційних процесів у ризосферному ґрунті протилежна тій, що спостерігається в ґрунті без рослин. Внесення нафтопродуктів в екстенсивний агрозем без фітоценозу призводить до зниження індексу педотрофності, коефіцієнта опідзоленості та мінералізації азоту і гумусу. Внесення нафтопродуктів у ризосферний ґрунт призводить до підвищення індексу педотрофності на 55,5%, коефіцієнта опідзоленості – 68,6, коефіцієнта мінералізації азоту – на 33,3% і зниження активності мінералізації гумусу на 31,1%.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Вільданова-Марцишин Р.І. Скринінг мікроорганізмів-деструкторів вуглеводнів із забруднених нафтопродуктами об'єктів Західної України / Р.І. Вільданова-Марцишин, Т.Я. Покинсьброд, О.Я. Карпенко [та ін.] // Вісник НУ "Львівська політехніка". Сер.: хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2008. – С. 117-119.
2. Гилязов М.Ю. Изменение некоторых агрохимических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении нефтью / М.Ю. Гилязов // Агрохимия. – 1980, № 12. – С. 72-75.
3. Демкина Т.С. Микробиологические процессы в почвах при различных уровнях интенсификации земледелия / Т.С. Демкина, Б.Н. Золотарева // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур. – Вильнюс. – 1986. – С. 101-103.
4. Дульгеров А.Н. Углеаммонийные соли и бактериальный препарат «Десна» – важнейшие факторы рекультивации почв, загрязненных углеводородами нефти / А.Н. Дульгеров, А.Ю. Нудьга // Элементы регуляции в растениеводстве / Зб. наук. праць. – К.: ВВП „Компас”, 1998. – С. 256-259.
5. Зеленько Ю.В. Изучение процессов проникновения тяжелых нефтепродуктов через ґрунты при транспортных авариях с целью прогнозирования их экологических последствий / Ю.В. Зеленько, В.Н. Плахотник // Межрегиональные проблемы экологической безопасности: Сб. тр. симпозиума (17-20 сентября 2003 г.). – Сумы: СНАУ. – 2003. – С. 507-510.
6. Исмаилов Н.М. Влияние нефтезагрязнения на

- круговорот азота в почве / Н.М. Исмаилов // Микробиология. – 1983. – Т. 52. – Вып. 6. – С. 1003-1007.
7. Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв / Н.М. Исмаилов // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 42-56.
8. Ковда В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – 446 с.
9. Кожевин П.А., Кожевина Л.С., Болотина И.Н. Определение состояния бактерий в почве // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 297, №5. – С. 183-214.
10. Малиновская И.М. Определение фосфатрастворяющей активности микроорганизмов на жидкой и агаризованных средах / И.М. Малиновская // Агроэкологический журнал. – 2002, №3. – С. 68-71.
11. Малиновська І.М. Вплив забруднення сірого лісового ґрунту нафтопродуктами на його фітотоксичні властивості та стан мікробіоценозу / І.М. Малиновська, Н.А. Зінов'єва // Зб. наук. праць Ін-ту землеробства. – К.: Ексмо. – 2010. – Вип. 1-2. – С.61-69.
12. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Под ред. Н.А. Красильникова. – М.: МГУ, 1966. – 162 с.
13. Мишустин Е.Н. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв / Е.Н. Мишустин, Е.В. Рунов // Успехи современной биологии. – М.: АН СССР, 1957. – Т. 44. – С. 256-267.

14. Никитин Д.И. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты растений / Д.И. Никитин, В.С. Никитина. – М.: Наука. – 1978. – 205 с.
15. Панасенко Є.В. Вплив деяких нафтопродуктів на зміну агрохімічних властивостей чорноземного ґрунту / Є.В. Панасенко // Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство. – 2009, №3. – С. 99-104.
16. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
17. Хазиев Ф.Х. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы / Ф.Х. Хазиев, Е.И. Тишкина, Н.А. Киреева [и др.] // Агрохимия. – 1988. – №2. – 89 с.
18. Штатнов В.И. К методике определения биологической активности почвы / В.И. Штатнов // Докл. ВАСХНИЛ. – 1952. – Вып. 6. – С. 27-33.
19. Noordman W.H. Rhamnolipid stimulates uptake of hydrophobic compounds by *Pseudomonas aeruginosa* / W.H. Noordman, D.B. Janssen. // Appl. Environ. Microbiol. Rev. – 2002. – 68, № 9. – P. 4502-4508.
20. Rosenberg M. High- and low molecular mass microbial surfactants / M. Rosenberg, E.Z. Ron // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 1999. 52, № 2. – P. 154-162.
21. Walzer G. The *Acinetobacter* outer membrane protein A (OmpA) is a secreted emulsifier / G. Walzer, M. Rosenberg, E.Z. Ron // Environ. Microbiol. – 2006. – 8, № 6. – P. 1026-1032.