

Агроекологія

УДК504.53:631.46:631.417.2:

О. Г. Ізюмова

к. б. н.

Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА НА СПРЯМОВАНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ҐРУНТУ

Наведено результати впливу цементної промисловості на біологічну активність чорнозему опідзоленого з визначенням ступеня розкладу клітковини та інтенсивності газообміну в ньому, досліджено розвиток основних таксономічних груп ґрунтових мікроорганізмів, спрямованість мікробіологічної трансформації органічної речовини та реакцію тестових культур на забруднення ґрунту продуктами техногенезу. Встановлено, що під впливом аеротехногенних емісій цементного виробництва на відстані до 0,6 км від джерела їх викиду пригнічується активність ґрунтових мікроорганізмів, в результаті чого знижуються процеси гуміфікації органічної речовини ґрунту, що супроводжується підвищенням фульватності гумусу; внаслідок підвищення токсичності ґрунту знижується біологічна продуктивність тест-культур. На відстані 4–10 км від джерела викидів відмічено зростання чисельності ґрунтового мікробного ценозу, активізацію мінералізаційно-іммобілізаційних процесів і газообміну ґрунту.

Ключові слова: цементне виробництво, викиди, чорнозем опідзолений, біологічна активність ґрунту, ґрунтові мікроорганізми, гумус, тест-культура.

Постановка проблеми

Мікроорганізми є невід’ємною ланкою в кругообігу біогенних елементів, вони беруть безпосередню участь у процесах ґрунтоутворення і підтримці родючості ґрунтів. Тому сучасні техногенні впливи на ґрунти повинні здійснюватися з врахуванням реакції і адаптивних можливостей мікроорганізмів ґрунту до антропогенного навантаження, з метою найбільш повного використання їх біологічного потенціалу. Формування ґрунтових мікробіологічних ценозів та інтенсивність діяльності мікроорганізмів залежать від багатьох чинників: гідротермічного режиму ґрунту, його реакції, кількісного та якісного складу органічної речовини, умов аерації та мінерального живлення. Оскільки мікроорганізми тісно асоційовані між собою і рослиною, за їх реакцією можна безпомилково судити як про екологічний стан ґрунтового покриву, так і про потребу (діагностику) сільськогосподарських культур в елементах живлення.

Цементне виробництво спричиняє значні обсяги викидів цементного пилу. Оскільки для виробництва цементу у якості сировини використовують місцеві карбонатні породи – домінуючим компонентом у хімічному складі твердих частинок викидів є кальцій. Вміст останнього у складі нелокалізованого цементного пилу може сягати понад 30–40%. Акумуляція в ґрунті кальцію,

подібно вапнуванню, змінюючи реакцію ґрунтового розчину, впливає на чисельність і характер розвитку ґрунтової мікрофауни. Саме тому ґрунтово-мікробіологічні дослідження могли б бути покладені в основу сучасних поглядів щодо використання земель у народному господарстві [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та постановка завдання

Одним з найбільш об'єктивних критеріїв оптимальності застосування засобів хімізації в агроландшафтах, на думку багатьох дослідників, є мікробіологічне тестування. Такий підхід пропонувався багатьма дослідниками. При цьому, визначальними критеріями оцінки виступали показники чисельності мікроорганізмів та активності ферментів [3, 4]. Однак, з огляду на тісну взаємодію окремих видів мікроорганізмів з культурними рослинами та можливість утворення ними тісних рослинно-бактеріальних асоціацій в ґрунті, на думку дослідників Інституту сільськогосподарської мікробіології НААН, тільки ризосферні (кореневі мікроорганізми) можуть відображати реакцію системи на певний чинник, найбільш наближену до реакції самої рослини [5, 6]. Автори ототожнюють фізіологічну оптимальність удобрення з екологічною оптимальністю. Оскільки ризосфера – це зона, де протікає адаптація ґрунтової мікробіоти до умов, що активно створюються рослинами, на їх думку, характер процесів у мікробному ценозі ризосфери є важливим показником ступеня і спрямованості змін ґрунтових умов і може слугувати основою для розробки методів діагностики оптимальності впливу на ґрунт екологічних чинників. Подібна проблематика висвітлюється в роботах багатьох авторів як кінця минулого століття, так і в більш сучасних розробках зарубіжних і вітчизняних науковців [7, 8].

Дослідження показують, що збагачення ґрунтового вбирного комплексу на кальцій при його внесенні в ґрунт створює сприятливі умови для відтворення колоній корисних мікроорганізмів і підвищує їх загальну активність [9,10]. За результатами досліджень, проведених на Солікамській сільськогосподарській дослідній станції, застосування мінеральних добрив знижувало чисельність у ґрунті амоніфікаторів, нітрифікаторів і стрептоміцетів. Однак, після внесення кальцію, у формі молотого вапняку, чисельність бактерій і стрептоміцетів істотно зросла у ґрунтовому профілі до глибини 80 см [11]. В умовах Житомирського Полісся, окрім позитивного впливу внесеного кальцію на розвиток і чисельність нітрифікаторів, встановлена інгібуюча його дія на мікроміцети [12]. Застосування кальцію створює сприятливі умови для розмноження мікроорганізмів, задіяних на перетворенні форм азоту. Виявлено зростання (у 5–10 разів) чисельності амоніфікуючих та (у 2–5 разів) нітрифікуючих бактерій. Чисельність амоніфікаторів, при цьому, досягала 2 млрд в 1 ґрунті [10]. В умовах Київської області внесення кальцію у якості хімічного меліоранта сприяло зростанню кількості бактерій у 2,6–3,2 раза та мікроміцетів на 62,7 %. Окрім цього, зафіксовано підвищення нітрифікаційної здатності

грунту, активності протеази, дегідрогенази та інших ферментів, що в результаті, позитивно позначилося на загальній біологічній активності ґрунту, визначеній за кількістю виділеного CO_2 [13]. Позитивну дію кальцію на чисельність азотофіксуючих мікроорганізмів, загальну чисельність бактерій, стрептоміцетів та біологічну активність ґрунту встановлено й іншими дослідниками [14–16].

Враховуючи важливу роль мікробного компоненту у функціонуванні екосистем, визначення структури, чисельності та розвитку ґрунтових мікроорганізмів забрудненої екосистеми є найбільш перспективним із біологічних критеріїв оцінки токсичності промислових викидів у ґрунті. З огляду на це, метою наших досліджень було виявлення характеру впливу нелокализованого цементного пилу ПАТ «Волинь-цемент» на функціонування мікробного ценозу ґрунту та біологічну продуктивність тестових рослин. Виходячи із поставленої мети, у зоні впливу аеротехногенних емісій передбачалося: 1) встановити рівень біологічної активності ґрунту; 2) дослідити характер змін у співвідношенні таксономічних груп ґрунтових мікроорганізмів; 3) встановити рівень продуктивності тестових рослин залежно від віддаленості ґрунтового покриву щодо об'єкта досліджень.

Мета, завдання та методика досліджень

Результати вивчення обмінних властивостей та кислотного режиму ґрунту наводяться за підсумками наших досліджень, проведених на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому, розміщеному у територіальних межах Здолбунівського та Острозького районів Рівненської області, який перебуває під впливом аеротехногенних емісій цементного заводу, протягом 2010–2012 рр. Відбір зразків 0–10 см шару ґрунту здійснювали з урахуванням напрямку переважаючих вітрів у південно-східному забрудненому напрямку на відстанях 0,2; 0,6; 2,0; 4,0; 6,0, 10,0 км і 25,0 км (контроль). Об'єднані (із 5-ти проб) зразки ґрунту відбиралися на визначених площадках, розміщених на земельних масивах природних кормових угідь із багатоконпонентним травостоєм злакових трав. Біодіагностування ґрунту здійснювали за загальноприйнятими в мікробіології методами. Чисельність таксономічних груп мікроорганізмів здійснювали методом висіву ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища [17, 18]. Облік мікроміцетів проводили на середовищі Чапека з додаванням 1 % розчину молочної кислоти, стрептоміцетів – на крохмаль-аміачному агарі (КАА), бактерій – на м'ясо-пептонному агарі (МПА), азотобактера – методом обростання грудочок ґрунту за Виноградським на агаризованому безазотистому середовищі Ешбі. Для визначення спрямованості процесів трансформації органічної речовини розраховували показник напруженості мінералізаційних процесів – величину коефіцієнта мінералізації-іммобілізації азоту [19]. Біологічну продуктивність тестових культур визначали методом ґрунтових пластин з використанням рослинного біотесту – пшениці озимої за М. О. Красильниковим [20].

Вміст загального гумусу в ґрунті визначали за Тюріним-Сімаковим у модифікації Нікітіна, груповий склад гумусу – за методом М. М. Кононової і І. П. Бельчикової.

В польових умовах визначали біологічну активність ґрунту за показниками:

- біологічна активність ґрунту за газообміном за методом Штатнова;
- біологічна активність ґрунту за ступенем розкладу клітковини (метод аплікації) шляхом закопування льняних полотен із експозицією 32 доби.

Результати досліджень

Здійснено оцінку біологічної активності ґрунту за результатами визначення ступеня розкладу клітковини (льняних полотен) та інтенсивності газообміну в ґрунті. Встановлено, що активність розкладання клітковини за 32 доби її експозиції та інтенсивність виділення CO_2 у ґрунті на відстанях 0,2 і 0,6 км від джерела викидів були значно уповільнені і відповідно на 34–48 та 37–43 % виявилися нижчими від контрольних показників (рис. 1). Найбільш виражену біологічну активність ґрунту, за досліджуваними показниками, встановлено на відстанях 4,0–6,0 км. За межею цієї зони впливу показники інтенсивності виділення CO_2 та ступеня розкладу клітковини уповільнювалися і наближалися до контрольних значень.

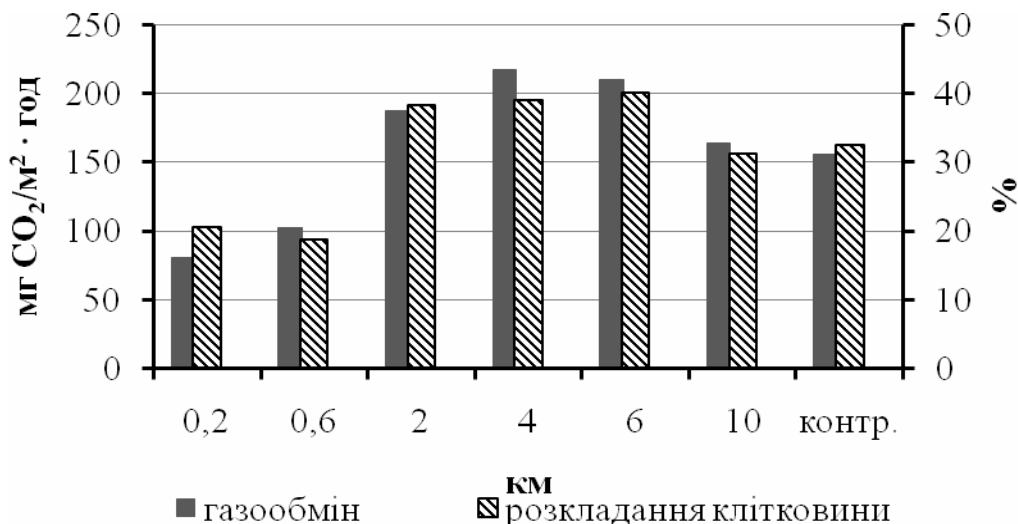


Рис. 1. Показники біологічної активності ґрунту у зоні техногенного впливу

За результатами біодіагностичного оцінювання наведено результати впливу кальцієвмісного пилу на розвиток основних таксономічних груп мікроорганізмів у ґрунті. На основі кореляційного аналізу встановлено тісний ($\eta_{yx}=0,86$) зв'язок між загальною їх чисельністю (млн КУО/г ґрунту) і відстанню (x) від джерела впливу, який виражається рівнянням:

$$y = 3,837 + 3,272x - 0,708x^2 + 0,0412x^3; \eta_{yx} = 0,86 \pm 0,25$$

Встановлено помітне зниження чисельності мікроорганізмів на відстані 0,2–0,6 км. На відстані 2–4 км сформувалися мікробні угруповання із найбільш стабільним розвитком ґрунтової мікрофлори – споруутворювальної, целюлозоруйнівної, утилізаційної форми азоту із загальною чисельністю 7,68–8,71 млн КУО/г ґрунту, що на 40,5–59,5 % вище від контрольних показників.

Кількісні характеристики певних груп мікробного ценозу змінюються з віддаленням від джерела емісії (табл. 1).

У зоні максимального техногенного навантаження пригнічується активність ґрунтової мікробіоти, що позначається на зниженні чисельності стрептоміцетів на 55,5 % та мікроміцетів на 48,2 %. Найсприятливіші умови для їх розвитку утворюються на відстані 4–6 км: чисельність бактерій зростає на 107,2 %, стрептоміцетів – на 29,9 і мікроміцетів – на 30,4 %. На межі десятикілометрової зони впливу функціональні характеристики мікробних угруповань у ґрунті наближаються до рівня регіонального природного мікробіологічного фону.

Таблиця 1. Відхилення чисельності ґрунтових мікроорганізмів від контролю, %

Угруповання	Контроль, млн КУО/г	Відстань, км					
		0,2	0,6	2,0	4,0	6,0	10,0
Бактерії	2,09	+8,1	+47,4	+75,1	+107,2	+42,1	+4,8
Стрептоміцети	2,81	-55,5	-1,4	+23,8	+29,9	+1,8	-2,1
Мікроміцети	0,56	-48,2	-42,9	-3,6	+30,4	+14,3	+10,7

Встановлено, що аномально високий ступінь локалізації цементного пилу в ґрунті інтенсивно (удвічі) стимулює розвиток азотобактера (рис. 2).

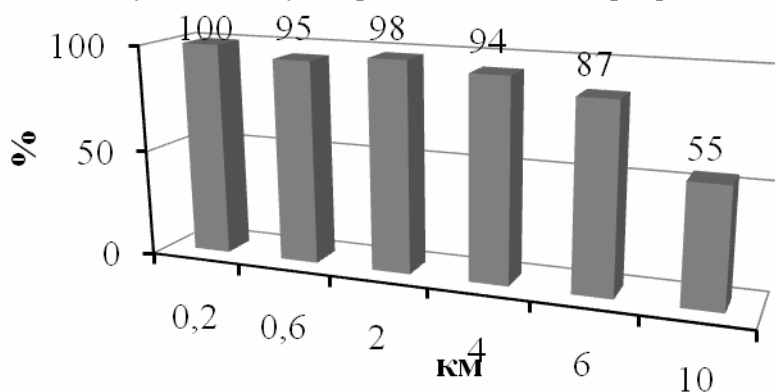


Рис. 2. Ступінь обростання грудочок ґрунту азотобактером у зоні впливу джерела емісії, % (контроль – 48 %)

Викиди кальцієвмісного пилу сприяють активізації ґрунтових мобілізаційних процесів, що підтверджується розрахованими за співвідношенням кількості мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний і органічний азот, коефіцієнтами

мінералізації-іммобілізації азоту (K_{M-i}) (рис. 3). Коефіцієнти відображають загальну напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті. Встановлено, що у десятикілометровій зоні впливу джерела емісії ці показники змінюються в межах 1,6–2,4 при показнику 2,0 на контролі. Високі темпи спрямованості мінералізаційних процесів, характерних для ґрунту у межах чотирьох-шестикілометрової зони впливу (K_{M-i} відповідно 2,4 і 2,3), свідчить про сприяння кальцієвмісного пилу збагаченню ґрунту доступними для рослин і мікроорганізмів елементами мінерального живлення.

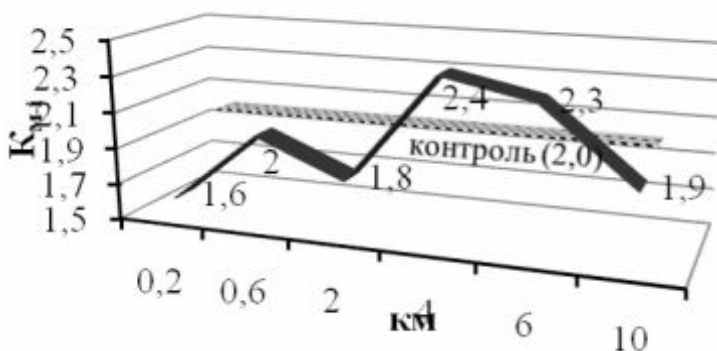


Рис. 3. Напруженість мінералізаційних процесів (K_{M-i}) у зоні впливу джерела емісії

В умовах максимальної локалізації в ґрунті продуктів техногенезу (0,2–0,6 км) через пригнічення мікробіологічної активності уповільнюються процеси у його функціональній частині, що не сприяє конденсації і полімеризації продуктів розпаду органічної речовини (табл. 2). Деградаційний характер гумусоутворення на вказаній відстані супроводжується ослабленням (на 0,47 %) процесу гуміфікації. В складі гумусу на 5,2 % зменшується вміст гумусових кислот, в структурі яких на 3,0 % знижується вміст їх гумінових форм. За таких умов вільні гумінові кислоти трансформуються у нерозчинні форми гуматів, внаслідок чого фракція зв'язаних з кальцієм гумінових кислот зростає до 96 %.

Таблиця 2. Вміст і груповий склад гумусу 0–20 см шару ґрунту у зоні техногенного впливу

Відстань, км	С _{орг.} * заг., %	Гумусові кислоти, % до С _{заг.}			С _{Гк} /С _{Фк}	С нерозч. залишку, %	% від заг. к-ті гумінових кислот	
		С _{заг.} **	С _{Гк} ***	С _{Фк} ****			рухомі	зв'язані із Са
0,2	1,51	57,7	30,5	27,2	1,12	42,3	4,1	95,9
0,6	1,52	58,2	30,8	27,4	1,12	41,8	3,8	96,2
2,0	1,61	58,4	31,5	26,9	1,17	41,6	8,9	91,1
4,0	1,83	62,8	34,4	28,4	1,21	37,2	12,0	88,0
6,0	1,95	64,5	36,8	27,7	1,33	35,3	11,4	88,6
10,0	2,00	65,7	36,6	29,1	1,26	34,3	13,6	86,4
15,0	1,82	61,6	34,1	27,5	1,24	38,4	13,3	86,7
Контр.	1,78	63,2	33,6	29,6	1,13	36,8	15,8	84,2

Примітка: * – загальний вуглець органічної речовини; ** – загальний вуглець гумусових кислот; *** – вуглець гумінових кислот; **** – вуглець фульвокислот.

Внаслідок оптимізації ґрунтових режимів та активізації ґрунтової мікрофлори на відстані 4–10 км спостерігаються позитивні процеси в гумусоутворенні ґрунту. На 65,7 % зростає активність процесів гуміфікації органічної речовини в складі гумусу, на 2,5 % підвищується вміст гумінових кислот, а їх відношення до фульвокислот розширюється до 1,33. Крім того, уповільнюються темпи утворення рухомих гумінових кислот (на 2,2 %), а їх частка, зв'язаних у вигляді гуматів кальцію, зростає на 4,4 %.

Дослідження реакції тестових культур на забруднення ґрунту викидами цементного виробництва нами проведено у лабораторних умовах методом ґрунтових пластин з використанням рослинного біотесту – пшениці озимої за М. О. Красильниковим. За результатами досліджень виявлено стимулюючий ефект цементного пилу на ріст і розвиток рослинного біотесту у межах 2–6-кілометрової зони впливу (рис. 4).

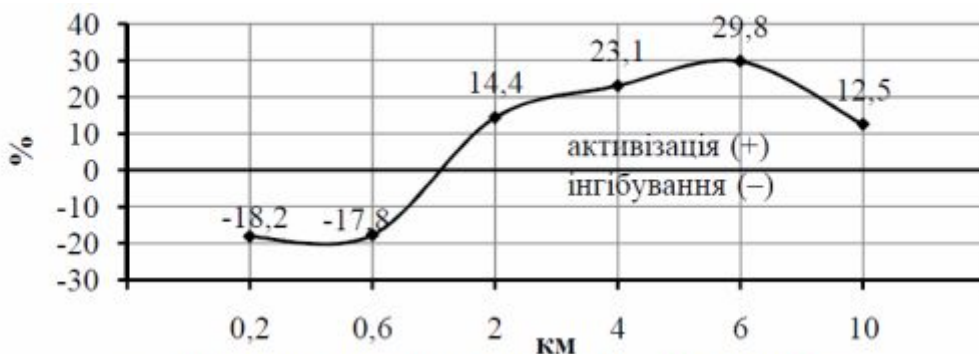


Рис. 4. Вплив викидів цементного виробництва на формування загальної біомаси тест-культури

У межах вказаної зони маса 100 рослин тест-культури становила 11,9–13,5 г. На відстані 0,2 та 0,6 км – продукти техногенезу спричиняли інгібуючий ефект на її розвиток. В умовах максимального техногенного навантаження загальна маса тест-культури на 17,8–18,2 % виявилася нижчою від контрольного варіанта. Максимальний стимулюючий ефект цементного пилу (29,8 %) зафіксовано на відстані 6 км. За результатами обліку маси певних структурних елементів пшениці озимої (рис. 5) встановлено, що інгібуючий ефект для кореневої системи та надземної маси відрізнявся не істотно і практично був на однаковому рівні (15,4–23,1 %). Проте, в умовах помірного техногенного навантаження (4–6 км) едафічні умови для розвитку кореневої системи пшениці озимої виявилися найсприятливішими.

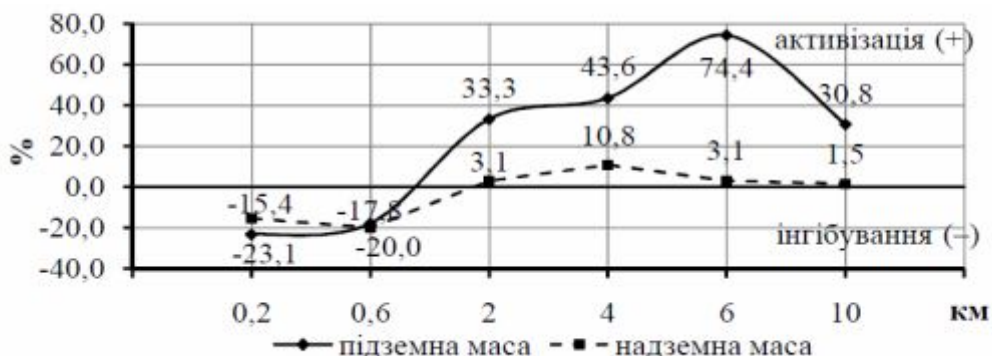


Рис. 5. Вплив викидів цементного виробництва на формування маси структурних органів тест-культури

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Цементний пил у межах 0,2 км зони впливу інтенсивно стимулює розвиток азотобактера, але пригнічує загальну активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів на 30,4 %, стрептоміцетів – на 55,5 та мікроміцетів на 48,2 %. На відстані 4–6 км функціональні характеристики мікробіологічного фону поліпшуються завдяки зростанню чисельності бактерій на 107,2 %, стрептоміцетів – на 29,9 і міксоміцетів – на 30,4 %. На 40 % активізуються ґрунтові мінералізаційно-іммобілізаційні процеси та на 40,6 % процеси газообміну.

2. На відстані 0,2–0,6 км від джерела емісії знижується вміст гумусу (на 0,47 %), в його складі на 5,2 % зменшується вміст гумусових кислот та зростає негідролізований залишок, на 3,0 % зменшується вміст гумінових кислот і до 4–х разів – вміст їх рухомих форм, а зв'язані із кальцієм гумінові кислоти зростають від 84 до 96 %. Зниження ступеня гуміфікації органічної речовини за таких умов не спричиняє зміни фульватно-гуматного типу гумусу. На відстані 4–10 км забезпечуються найвищі темпи відтворення гумусових запасів у ґрунті, посилюються процеси гуміфікації органічної речовини, в складі гумусу на 2,5 % зменшується частка негідролізованого залишку, на 3,2 % підвищується вміст гумінових кислот, а їх відношення до фульвокислот розширюється від 1,13 до 1,33. Уповільнюються темпи трансформації органічної речовини ґрунту у рухомі гумінові кислоти, їх вміст знижується на 2,2 %, а частка, що зв'язана з ґрунтовим комплексом у вигляді гуматів кальцію, зростає на 4,4 %.

3. Цементний пил на відстані 2–6 км від джерела викиду стимулює розвиток рослин, що проявляється в активізації розвитку кореневої системи тест-культури пшениці озимої (до 75 %) та підвищенні її біопродуктивності (до 30 %). На відстані 0,2–0,6 км проявляється інгібуючий ефект техногенних викидів на розвиток культур. Унаслідок їх токсичної дії в середньому на 18 %

уповільнюються темпи накопичення структурних компонентів та загальної біологічної маси тест-культури.

У перспективі подальші дослідження доцільно спрямувати на встановлення особливостей розповсюдження видового складу представників роду азотобактер в умовах техногенезу.

Література

1. *Волкогон В. В.* Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур: Монографія / *В. В. Волкогон*. – К. : Аграр. наука, 2007. – 144 с.

2. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе / *И. А. Тихонович, А. Ю. Борисов, А. О. Овцына [и др.]* // Успехи современной биологии. – 2005. – № 3. – С. 227–238.

3. *Каутская Л. Б.* Некоторые микробиологические показатели чернозема мощного слобощелочного при длительном применении удобрений / *Л. Б. Каутская* // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. – Алма-Ата, 1982. – С. 115–116.

4. *Шустерук Т. З.* Оцінка стану ґрунтів за показниками їх біологічної активності при застосуванні різних агротехнологій / *Т. З. Шустерук, О. В. Шерстобоева, О. С. Дем'янюк* // Агроекологічний журнал. – 2006. – № 3. – С. 23–28.

5. *Волкогон В. В.* Влияние минерального азота на активность ассоциативной азотфиксации / *В. В. Волкогон* // Почвоведение. – 1997. – № 12. – С. 1486–1490.

6. *Волкогон В. В.* Роль мінерального азоту в регулюванні активності асоціативної азотфіксації / *В. В. Волкогон, О. В. Гусев* // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К., 2001. – Т. 1. – С. 241–245.

7. *Емцев В. Т.* Несимбиотическая азотфиксация и закономерности ее функционирования в почве / *В. Т. Емцев, Л. К. Ницце, Н. П. Покровский* // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М. : Наука, 1985. – С. 213–217.

8. Incorporation of “biological” nitrogen by nonleguminous plants during associative N₂ – Fixation / *M. Umarov, V. Shabaev, V. Smolin, O. Aseeva* // IX Int. Symp. Soil Biol. And conservatuion of the Biosphere. – Pap. Sorpon. – 1985. – P. 65.

9. *Альшевский Н. Г.* Зависимость микробиологической активности почвы, урожая и качества картофеля от применения извести и магния / *Н. Г. Альшевский, Н. Я. Кривич* // Науч. тр. УСХА. – К., 1979. – Вып. 226. – С. 19–22.

10. *Стрельников В. Н.* Действие извести и высоких доз минеральных удобрений на агрохимические свойства и микробиологическую активность дерново-подзолистой супесчаной кислой почвы / *В. Н. Стрельников, Г. С. Бабаян, П. П. Соловьев* // Агрохимия. – 1981. – № 9. – С. 87–93.

11. *Прокошев В. Н.* Влияние известкования и применения магниевых удобрений на легкие почвы Предуралья / *В. Н. Прокошев, Г. Н. Беляев,*

Л. В. Васильева // Пермская гос. с.-х. оп. станция: сб. науч. тр. – 1976. – Т. 4. – С. 56–79.

12. *Агеец В. Ю.* Влияние известкования на урожай и качество сельскохозяйственных культур, вымывание основных элементов и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.04 – «агрохімія» / *В. Ю. Агеец*. – Рига, 1980. – 22 с.

13. Эффективность известкования кислых почв на Украине / *А. А. Плишко, Н. В. Козлов, Г. А. Мазур, Г. И. Ярмолюк* // Агрохимия. – 1981. – № 2. – С. 87–93.

14. *Кнашиц В.* Эффективность и продолжительность действия известняковой муки в зависимости от тонины ее помола / *В. Кнашиц, Э. Ленкшайте, В. Эжеринкас* // Вопросы известкования кислых почв. – Пермь, 1976. – Вып. 3. – С. 54–58.

15. *Новожилова М. В.* Влияние известкования на плодородие дерново-подзолистых почв и урожая льна-долгунца / *М. В. Новожилова* // Тр. ВНИИ льна. – 1978. – Вып. 15. – С. 56–61.

16. *Welch L. F.* Effect of Lime on Fertilizer Efficiency / *L. F. Welch, F. Adams* // Proceedings of TVA Fertilizer Conference. – Cincinnati, Ohio, 1976. – P. 59–66.

17. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почв / под ред. *Ю. М. Возняковской*. – Л. : ВНИИСХМ, 1987. – 42 с.

18. *Теннер Е. З.* Практикум по микробиологии / *Е. З. Теннер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева*. – М. : Агропромиздат, 1987. – 239 с.

19. *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.

20. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / под ред. *Н. А. Красильникова*. – М. : МГУ, 1966. – 162 с.
