

УДК 87:87.37

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.63>

ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ЗА ЕФЕКТОМ БАКТЕРИЦИДНОГО ВПЛИВУ НА БАКТЕРІЇ *BACILLUS SUBTILIS*

Мадані М.М. – к.т.н.,

доцент кафедри екології та природоохоронних технологій,

Одеський національний технічний університет

У статті наведено результати щодо визначення сумарної токсичності ґрунтових проб (за тест-реакцією *Bacillus subtilis*). У всіх зразках було відзначено пригнічення зростання колоній бактеріального тест-об'єкта.

Проведено порівняльний аналіз даних мікробіоіндикаційних (за тест-реакцією *Bacillus subtilis*), хіміко-аналітичних та фітобіоіндикаційних методів оцінки якості ґрунту селищних територій. На підставі зіставлення картографічної інформації про хімічне забруднення ґрунтів м. Одеси та локалізації точок відбору ґрунтових проб, було встановлено, що проби ґрунтів, що мають підвищену токсичність.

Коефіцієнт кореляції індексу токсичності ґрунтів та коефіцієнт флюктуючої асиметрії для наступних видів рослин склав: для *Tussilago farfara* L. – 0,67 і для *Acer negundo* L. – 0,68; для *Tilia cordata* L., – 0,74. Позитивна кореляція індексу токсичності ґрунтів та показника фітотоксичності ґрунтів, визначеного за тест-реакцією проростків пшениці, доведена в експериментальних умовах (0,72 для однієї серії досліду).

Вивчено можливість оцінки стану ґрунту урбанізованих територій методом мікробіологічної індикації та визначено підходи до інтерпретації результатів визначення токсичності ґрунту при використанні як тест-об'єкта бактерій *Bacillus subtilis*. Розроблено оригінальну методику оцінки стану ґрунтів з використанням бактерій *Bacillus subtilis*, як тест-об'єкта.

Встановлено, що методика визначення стану ґрунтів за ефектом бактерицидного впливу, може використовуватися з метою отримання об'єктивної оцінки якості ґрунтів, при мікробіоіндикаційному дослідженні ґрунтів урбанізованих територій. Застосування цієї методики дозволить уникнути неоднозначності тлумачення токсичності досліджуваних об'єктів і внесе істотні корективи в екологічну оцінку ґрунтів урбанізованих територій.

Ключові слова: техногенне забруднення, урбоекологія, ґрунт, біоіндикація, бактеріальний тест-об'єкт.

Madani M.M. Assessment of the condition of the soil of urbanized areas by the effect of the bactericidal effect on *Bacillus subtilis* bacteria

A comparative analysis of the data of microbioindicative (according to the *Bacillus subtilis* test reaction), chemical-analytical and phytobioindicative methods of assessing the quality of the soil of the settlement areas was carried out. Based on the comparison of cartographic information on chemical soil pollution in Odesa and the localization of soil sampling points, it was established that soil samples with increased toxicity.

The correlation coefficient of the soil toxicity index and the coefficient of fluctuating asymmetry for the following plant species was: for *Tussilago farfara* L. – 0.67 and for *Acer negundo* L. – 0.68; for *Tilia cordata* L., – 0.74. A positive correlation of the soil toxicity index and soil phytotoxicity index, determined by the test reaction of wheat seedlings, was proven in experimental conditions (0.72 for one series of experiments).

The possibility of assessing the condition of the soil of residential areas by the method of microbiological indication was studied, and the approaches to the interpretation of the results of determining the toxicity of the soil when using *Bacillus subtilis* bacteria as a test object were determined. An original method of soil condition assessment has been developed using *Bacillus subtilis* bacteria as a test object.

It has been established that the method of determining the state of soils by the effect of bactericidal effect can be used to obtain an objective assessment of soil quality, during

microbioindicative research of soils in residential areas. The application of this technique will avoid ambiguity in the interpretation of the toxicity of the studied objects and will make significant corrections in the ecological assessment of soils in urbanized areas.

Key words: *technogenic pollution, urban ecology, soil, bioindication, bacterial test object.*

Постановка проблеми. Високий рівень техногенного навантаження на ґрунт особливо характерний для урбанізованих територій. В даний час у містах та їх околицях ґрунт суттєво відрізняється від ґрунту природних екосистем, що відіграють важливу роль у підтримці екологічної рівноваги. В результаті постійно зростаючих антропогенних навантажень, інтенсивність природних процесів самоочищення ґрунту знижується [1; 2].

Це, у свою чергу, може призвести до міграції накопичених у ньому токсикантів у харчові ланцюги, атмосферу, водоносні горизонти, створити умови для активізації у ґрунті патологічних, небезпечних в епідемічному відношенні мікроорганізмів, тобто, створювати пряму чи непряму загрозу здоров'ю та безпеці населення [3–5].

Таким чином, збільшений антропогенний пресинг стимулює розробку нових і модифікацію вже існуючих способів оцінки якості ґрунтів як одного з компонентів навколишнього середовища. Сучасна система контролю стану компонентів навколишнього середовища, оснований на хіміко-аналітичному визначенні окремих поллютантів та їх відповідності ДСТУ та ГДК, далеко не охоплює весь спектр токсичних поллютантів, загальна кількість яких, вже перевищила 50 000 [6; 7].

Крім того, деякі рекомендовані аналізи складні, дорогі, неефективні в оцінці синергетної дії факторів різної природи [8].

Можливим виходом із цієї ситуації може бути застосування біотестування як способу визначення ефекту сумарного впливу поллютантів.

Аналіз реакції у відповідь живих організмів – біотестів – на дію факторів середовища дозволяє отримати інтегральну оцінку якості середовища: виявити не окремі шкідливі речовини, а загальнобіологічний ефект їх впливу з урахуванням взаємопідсилення або ослаблення [6; 9; 10]. Крім того, оцінювання територій методами біоіндикації є експресним та недорогим, а тому може використовуватися як рекогносцирувальне для виявлення та локалізації тих зон, де необхідне точніше та детальніше дослідження класичними методами аналізу.

Оцінка якості ґрунтів за допомогою вищих організмів розроблена досить успішно [4; 11–15]. Однак, при визначенні допустимої міри антропогенного впливу на екосистеми, необхідно враховувати реакції не тільки вищих, а й нижчих організмів, специфічні особливості яких можуть дати цілий ряд переваг, в порівнянні з вищими організмами, при використанні їх з метою біоіндикації стану ґрунтового середовища [16–18].

У зв'язку з цим, закономірний інтерес викликають мікробні популяції. Завдяки малим розмірам, мікроорганізми мають велику відносну поверхню контакту з середовищем існування. Відповідні реакції мікроорганізмів на зовнішню дію наступають швидко, вони досить чутливі і стосуються різних сторін життєдіяльності – зростання, накопичення хімічних елементів, активності ланок метаболічних процесів, стану регуляторних процесів. Високі швидкості зростання та розмноження мікроорганізмів дають можливість у короткий термін простежити дію будь-якого екологічного фактору протягом десятків і навіть сотень поколінь [17].

Існує ряд причин, що ускладнюють використання бактеріальних біодатчиків у біоіндикаційній оцінці якості ґрунтів. Серед них: тривалість і складність

культивування біооб'єкта, складність реєстрації інгібуючої дії конкретного ксенобіотика, громіздкість методів та використання стаціонарної (лабораторної) апаратури для реєстрації інгібуючих ефектів [19].

У результаті, процес оцінки якості ґрунтового середовища шляхом використання мікробних тест-об'єктів поки не знайшов широкого застосування в екологічному моніторингу, незважаючи на ряд його переваг.

У зв'язку з цим, актуальними є дослідження, спрямовані на виявлення таких мікробних тест-об'єктів, які можуть бути використані для екологічної оцінки стану ґрунту без особливих труднощів в їхньому культивуванні та інтерпретації отриманих даних, що характеризують їх реакцію у відповідь на забруднення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час використання природних мікробних популяцій для біоіндикаційної оцінки якості ґрунтів, відстежується динаміка численних показників, що об'єктивно характеризують стан мікробних популяцій. Незважаючи на це, даний методичний підхід все ж таки має деякі недоліки. Серед них слід зазначити:

- складність реєстрації постійно діючого фактору (ів) помірних чи слабких ступенів впливу [4];
- неспецифічність реакції мікроорганізмів у відповідь на забруднення ґрунтів продуктами техногенезу [16–18];
- високу природну варіабельність мікробіологічних показників, що утруднює відокремлення реакції у відповідь на антропогенний вплив [16; 17];
- складність ідентифікації мікроорганізмів під час прямих методів спостереження [22; 23].

Як тест-об'єкти в оцінці стану ґрунтів дослідниками пропонується використовувати такі мікрооб'єкти: *Tetrahymena pyriformis* штам GL [17]; *Escherichia coli* [24]; *Bacillus subtilis* [25]; *Saccharomyces cerevisiae* [26]; *Chlorella vulgaris* [27]; *Paramecium caudatum* [17].

Найбільш пильної уваги заслуговують методики визначення якості ґрунтів щодо зміни інтенсивності мікробної люмінесценції бактеріальних тест-систем, пріоритет яких належить зарубіжним дослідникам [28]. Процес мікробної люмінесценції, що використовується в основі цих методик, високочутливий, а екзогенно обумовлена зміна його інтенсивності може бути легко експериментально визначена. Крім того, подібні тестові методики прості у застосуванні, оперативні та недорогі, що зумовило їх широке застосування в екологічних дослідженнях ґрунтів [6; 10; 20–28].

Відзначаючи недоліки існуючих методів оцінки якості ґрунтів за допомогою мікробних тест-об'єктів, цілий ряд дослідників рекомендує проводити оцінку стану ґрунту за допомогою відразу кількох біологічних тест-об'єктів (що відносяться і до нижчих, і до вищих організмів), що має сприяти більшій об'єктивності дослідження [29; 30–32].

За результатами аналізу літератури для проведення біоіндикаційної оцінки якості ґрунту селітебних територій, були обрані бактерії *Bacillus subtilis* як мікробний тест-об'єкт.

Постановка завдання. Завданням досліджень є вивчення можливостей оцінки стану ґрунту деяких селітебних територій з використанням бактерій *Bacillus subtilis* як тест-об'єкта (на прикладі м. Одеси).

Матеріали та методи досліджень. Матеріалом для проведених досліджень послужили зразки ґрунту, відібрані на території м. Одеси та Одеської області у 2020 та 2022 рр. Всього відібрано, підготовлено до аналізу та проаналізовано

166 ґрунтових зразків. Ґрунтові проби відбирали з верхнього акумулятивного горизонту потужністю від 0 до 25 см методом конверту.

У дослідженні були використані такі методи:

- відбір проб ґрунту вівся за методикою згідно з ДСТУ 17.4.4.02:2019;
- вилучення водорозчинних форм хімічних сполук з проб ґрунту проводилося за методикою, що відповідає ДСТУ 8346:2015;
- регідрацію культури тест-бактерії *Bacillus subtilis* штаму ATCC 6633 проводили згідно з додатком до паспорта на еталонну культуру.

Сумарну токсичність ґрунтових зразків визначали за бактерицидним ефектом, що виражається у зменшенні чисельності колоній бактерій на м'ясо-пептонному агарі (МПА) під дією токсичних речовин, що містяться в аналізованих водних ґрунтових витяжках, порівняно з контролем [6].

Порівняльний аналіз даних про стан ґрунтів, отриманих методами мікробіоіндикації, фітобіоіндикації (визначення коефіцієнта флуктуючої асиметрії листових пластинок деяких видів рослин, визначення показника фітотоксичності ґрунту) та результатів хіміко-аналітичного дослідження проводився з використанням ГІС-технологій.

Обробка одержаної інформації проводилася з використанням методів математичної статистики та комп'ютерних засобів:

- комп'ютерної програми MS Excel 2019 (аналіз графіків трендів);
- комп'ютерної програми MapInfo Pro 15.0 (картографічний аналіз).

Виклад основного матеріалу дослідження

Методика оцінки сумарної токсичності зразків ґрунту з використанням тест-об'єкту бактерій *Bacillus subtilis*. Ґрунтуючись на аналізі літератури, було запропоновано використовувати як тест-об'єкт при оцінці якості ґрунтів бактерії *Bacillus subtilis*. В основу оцінки покладена бактерицидна дія, що чиниться на чисту бактеріальну культуру стерильними водними витяжками з досліджуваного ґрунту. Робоча культура бактерій тест-об'єкта велася на основі музейної лінії *Bacillus subtilis* штаму ATCC 6633 [33].

Розроблена методика передбачає такі етапи:

- 10-кратне упарювання водної ґрунтової витяжки з метою посилення ефекту токсичної дії;
- добове термостатування змішаної суспензії робочої культури бактерій та концентрованих стерильних ґрунтових витяжок;
- засів отриманого матеріалу на тверде живильне середовище (МПА) та наступне термостатування протягом 24 годин за 29,9°C;
- підрахунок колоній, що утворилися;
- визначення показника токсичності за відсотком виживання колоній тест-об'єкта.

Визначення сумарної токсичності ґрунтових проб (за тест-реакцією *Bacillus subtilis*). Апробування методики проводилося на 26 ґрунтових зразках, відібраних на території м. Одеси. У всіх зразках було відзначено пригнічення зростання колоній бактеріального тест-об'єкта. Усі точки відбору проб були приурочені до територій з підвищеним антропогенним пресингом, а найменший відсоток виживання колоній *Bacillus subtilis* (рис. 1, т. № 79) – 10,42% для горизонту 1 та 6,25% для горизонту 2, відповідно, припадали на зразки ґрунтів, відібраних на території старого міського звалища (вул. Хуторська), яке на момент досліджень офіційно не перебуває в експлуатації (рис. 1).

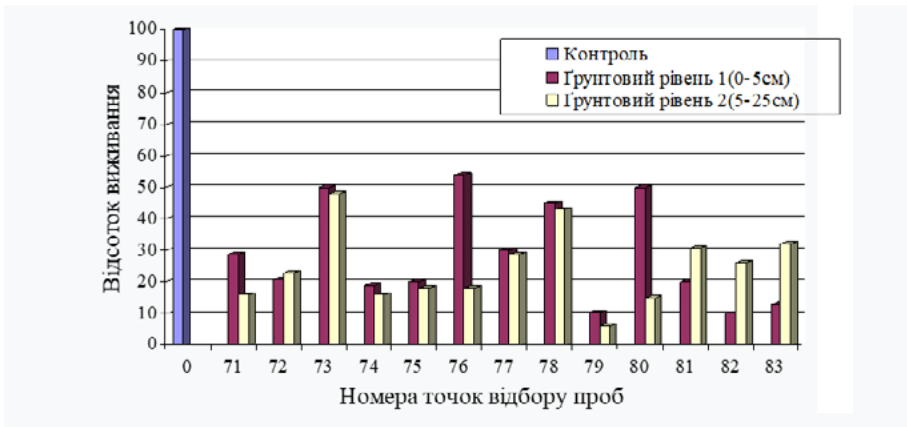


Рис. 1. Відсоток виживання бактерій *Bacillus subtilis* під дією водних ґрунтових витяжок на МПА порівняно з контролем

Порівняльний аналіз даних мікробіоіндикаційних (за тест-реакцією *Bacillus subtilis*), хіміко-аналітичних та фітобіоіндикаційних методів оцінки якості ґрунту селітебних територій. На підставі зіставлення картографічної інформації про хімічне забруднення ґрунтів м. Одеси та локалізації точок відбору ґрунтових проб, було встановлено, що проби ґрунтів, що мають підвищену токсичність, були відібрані на територіях з підвищеним сумарним забрудненням Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Cu, Mn, Sr, Sn.

Коефіцієнт кореляції індексу токсичності ґрунтів та коефіцієнт флюктуючої асиметрії для наступних видів рослин склав: для *Tussilago farfara* L. – 0,67 і для *Acer negundo* L. – 0,68 (заплава р. Ташбунар); для *Tilia cordata* L., – 0,74 (південний-схід

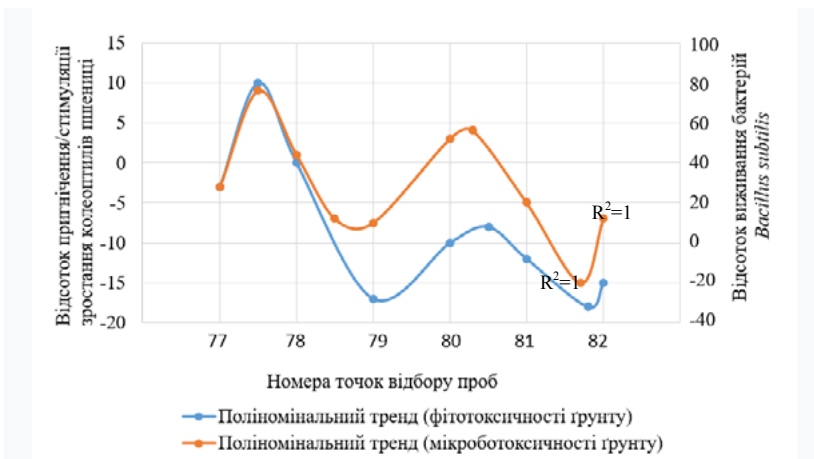


Рис. 2. Тренди розподілу показників мікробіотоксичності ґрунтів (за тест-реакцією *Bacillus subtilis*) та фітотоксичності ґрунтів (за тест-реакцією проростків пшениці)

м. Одеси, промислова зона). Позитивна кореляція індексу токсичності ґрунтів та показника фітотоксичності ґрунтів, визначеного за тест-реакцією проростків пшениці, доведена в експериментальних умовах (0,72 для однієї серії досліджу).

Проведений порівняльний аналіз графіків трендів розподілу мікробіоіндикаційних та фітобіоіндикаційних показників стану ґрунтів виявив подібність напряму їх зміни (рис. 2).

Перевагою розробленої методики є те, що показник токсичності реєструється як стійкий популяційний відгук на зовнішній вплив, і, як наслідок, він менш схильний до екзогенних флуктуацій. Немає причини вважати великим недоліком цієї методики деяке ускладнення у приготуванні робочої культури тест-об'єкта та більш тривалому часі аналізу (48 год).

Застосування цієї методики дозволить уникнути неоднозначності тлумачення токсичності досліджуваних об'єктів і внесе істотні корективи в екологічну оцінку ґрунтів урбанізованих територій.

Висновки і пропозиції

1. Вивчено можливість оцінки стану ґрунту урбанізованих територій методом мікробіологічної індикації та визначено підходи до інтерпретації результатів визначення токсичності ґрунту при використанні як тест-об'єкта бактерій *Bacillus subtilis*.

2. Розроблено оригінальну методику оцінки стану ґрунтів з використанням бактерій *Bacillus subtilis* штаму ATCC 6633, як тест-об'єкта.

3. Встановлено, що методика визначення стану ґрунтів за ефектом бактерицидного впливу (тест-об'єкт – *Bacillus subtilis*), може використовуватися з метою отримання об'єктивної оцінки якості ґрунтів, при мікробіоіндикаційному дослідженні ґрунтів селітебних територій.

Отримані результати мікробіоіндикаційної оцінки ґрунтів можуть бути використані для вдосконалення підходів та методів моніторингу промислового забруднення міських територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аверченко В.І., Самойленко Н.М. Ґрунтознавство: навч. пос. Харків : Мачулін, 2018. 118 с.
2. Волощук М. Деградація ґрунтів – глобальна екологічна проблема. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2017. Вип. 51. С. 63–70.
3. Цикало А.Л., Космачова А.М., Смирнов В.М. Експериментальне дослідження накопичення важких металів рослинами та перспективи використання рослин для попередження забруднення довкілля урбанізованих територій. *Холодильна техніка і технології*. 2015. Вип. 51. С. 96–101.
4. Мадані М.М. Оцінка антиоксидантного потенціалу рослин урбоекосистем в умовах антропогенного забруднення ґрунту. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 50–59. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.11.7>
5. Бортник Л.М. Вплив антропогенного навантаження на вміст ВМ у системі ґрунт-рослина. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 78.
6. Журавель М.Ю., Найдюнова О.Є., Яременко В.В. Оцінка якості рекультивуваних ґрунтів у місцях розташування нафто- і газовидобувних свердловин за показниками стану мікробних угруповань. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2017. № 86. С. 107–115.
7. Romeh A.A., Khamis M.A., Metwally S.M. Potential of *Plantago major* L. for phytoremediation of lead-contaminated soil and water. *Water, Air and Soil Pollution*. 2016. V. 227. № 1. P. 9.

8. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ : Академія, 2006. 360 с.
9. Джура Н.М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічні Студії*. 2011. Том 5, № 3. С. 183–196.
10. Іутинська Г.О. Концепція організації і створення діючої системи мікробіологічного моніторингу ґрунтів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2006, № 5. С. 78–81.
11. Довгалюк А. Забруднення довкілля токсичними металами та їх індикація за допомогою рослинних тестових систем. *Біологічні Студії*. 2013. Том 7, № 1. С. 197–204.
12. Scandalios J.G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering anti-oxidant gene defenses. *Braz. J. Med. and Biol. Res.* 2005. V. 38. № 7. P. 995–1014.
13. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 2002. V. 7. № 9. P. 405–410.
14. Isbilir S.S., Sagiroglu A. Total phenolic content, anti-radical and antioxidant activities of wild and cultivated *Rumex acetosella* L. extracts. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2013. V. 29. № 4. P. 219–226.
15. Gong P., B.-M. Wilke, Strozzi E., Fleischmann S. Evaluation and refinement of a continuous seed germination and early seedling growth test for the use in the ecotoxicological assessment of soils. *Chemosphere*. 2001. V. 44. № 3. P. 491–500. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00280-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00280-0).
16. Selivanovskaya S. Yu. , Galitskaya P. Yu. Ecotoxicological assessment of soil using the *Bacillus pumilus* contact test. *European Journal of Soil Biology*. 2011. V. 47. №2. P. 165–168. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2010.12.001>
17. Zhen Teng, Fan, W., Wang, H. et al. Monitoring Soil Microorganisms with Community-Level Physiological Profiles Using Biolog EcoPlates in Chaohu Lakeside Wetland, East China. *Eurasian Soil Sc.* 2020. № 53. P. 1142–1153. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064229320080141>
18. Lăzăroaie M. M. Multiple responses of gram-positive and gram-negative bacteria to mixture of hydrocarbons. *Braz. J. Microbiol.* 2010. №41. P. 649–667. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000300016>
19. Stefano Girotti, Elida Nora Ferri, Maria Grazia Fumo, Elisabetta Maiolini. Monitoring of environmental pollutants by bioluminescent bacteria. *Analytica Chimica Acta*. 2008. V. 608. № 1. P. 2–29. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.12.008>.
20. Khan S., Cao Q., Hesham A.E.-L. et al. Soil enzymatic activities and microbial community structure with different application rates of Cd and Pb. *J. of Environmental Sciences*. 2007. V. 19. № 7. P. 834–840.
21. Han Y., Zhang L., Yang Y. et al. Pb uptake and toxicity to *Iris halophila* tested on Pb mine tailing materials. *Environmental Pollution*. 2016. V. 214. P. 510–516.
22. Найденова О.Є. Динаміка чисельності мікрофлори і біохімічної активності чорнозему типового за застосування комплексу пестицидів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 65–75.
23. Андрієнко В.О., Моклячук Л.І., Андрієнко Г.Г. Оцінка впливу забруднення стійкими пестицидами на формування мікробіоценозу ґрунту. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2006. Вип. 100. С. 281–287.
24. Hakkila K., Lappalainen J., Virta M. Toxicity detection from EILATox-Oregon Workshop samples by using kinetic photobacteria measurement: the flash method. *Journal of Applied Toxicology*. 2004. V. 24. №5. P. 349-353. <https://doi.org/10.1002/jat.1021>
25. Bitton G., Koopman B. Bacterial and enzymatic bioassays for toxicity testing in the environment. *Reviews on Environmental Contamination Toxicology*. 1992. V. 125. P. 1–22.

26. Хижняк С., Пліщук С., Довбиш О. Удосконалення методології еколого-токсикологічної оцінки пестицидів. *Аграрна наука та освіта Поділля: матеріали наук.-практ. конф., м. Кам'янець-Подільський, 14–16 берез. 2017. Кам'янець-Подільський, 2017. С. 47–48.*

27. Thierry J. Heger, François Straub, Edward A.D. Mitchell. Impact of farming practices on soil diatoms and testate amoebae: A pilot study in the DOK-trial at Therwil, Switzerland. *European Journal of Soil Biology*. 2012. V. 49. P. 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.08.007>.

28. Петриченко І.І. Застосування люмінесцентних бактерій в біотестуванні. *Перспективи розвитку науки, освіти та технології в контексті євроінтеграції*: тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, ЦФЕНД, 18 серп., 2022. Полтава. 2022. С. 57.

29. Bierkens J., Klein G., Corbisier P., Van Den Heuvel R., Verschaeve L., Weltens R., Schoeters G. Comparative sensitivity of 20 bioassays for soil quality. *Chemosphere*. 1998. V. 37. № 14–15. P. 2935–2947. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(98\)00334-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(98)00334-8)

30. Chen Yu., Guo Y., Liu Y., Xiang Yu., Liu G. et al. Advances in bacterial whole-cell biosensors for the detection of bioavailable mercury: A review. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 868. P. 1145–1156. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161709>.

31. Bulich A. A., Tung K.K., Scheibner G. The luminescent bacteria toxicity test: its potential as an in vitro alternative. *Bioluminescence & Chemiluminescence*. 1990. V. 5. № 2. P. 71–77. <https://doi.org/10.1002/bio.1170050202>

32. Romano S., Perrone M., Becagli S. et al. Ecotoxicity, genotoxicity, and oxidative potential tests of atmospheric PM10 particles. *Atmospheric Environment*. 2020. V. 221.117085. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117085>

33. Українська колекція мікроорганізмів: каталог культур/ під ред. Підгорського В. С. Київ : Наукова Думка, 2007. 270 с.

УДК 635.21: 631.95: 631.5

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.64>

АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ SOLANUM TUBEROSUM

Недільська У.І. – к.с.-г.н,

доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

У представленому матеріалі обґрунтовано сортовий потенціал картоплі різних груп стиглості за умовами росту, розвитку та формування продуктивності культури на збільшення урожайності за рахунок наявних сортів картоплі: ранньостиглих і середньоранніх у порівнянні з сортами стандартами в умовах Лісостепу західного. У системі агротехнічних та організаційних заходів щодо підвищення і забезпечення стабільності врожайів картоплі провідне місце належить сортовому матеріалу, через який реалізуються потенційні можливості сорту. В галузі картоплярства сорт є сукупністю рослин, які створені шляхом селекції, що мають певні спадкові морфологічні, біологічні та господарсько цінні ознаки і властивості. Складна екологічна й енергетична ситуація, яка складається в сільському господарстві, доводить, що отримувати високі і сталі врожайі картоплі можна лише за наявності у виробництві сортів, які адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов.