

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра загальної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

САРГЕЛІС АНГЕЛІНА ВІКТОРІВНА

УДК 504:614.777:628.1.033

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ М. ЖИТОМИР ЗА
РОСТОВИМ ТЕСТОМ**

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:
Валерко Руслана Анатоліївна
ДОЦЕНТ, К.С.-Г.Н.

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Саргеліс А. В. Екологічна оцінка якості питної води м. Житомир за ростовим тестом. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Здійснено оцінку якості питної води міста Житомир з джерел водокористування за допомогою ростового тесту. Дослідження розпочиналось з визначення найбільш популярних джерел питної води, прокладання маршрутів, які дали можливість оцінити розташування та стан цих джерел. У кожному районі міста були відібрані проби питної води відповідно до місця їх розташування. Закладений дослід з використанням пшениці *Triticum L.*, на основі якої і було проведено оцінку за ростовим тестом. Відслідковано динаміку проростання насінин пшениці, проведені вимірювання висоти проростків та їх маси, а також маси пагонів рослини. Згідно отриманих були зроблені висновки про якість питної води в місті Житомир та проведена оцінка ступеню її токсичності. Встановлено, що рівень фітотоксичності зразків води є середнім або вище середнього за масою та морфометричними параметрами. Встановлено, що відбувалось пригнічення ростових процесів досліджуваних проростків у всіх зразках.

Ключові слова: ростовий тест, фітотоксичність, морфометричні параметри.

SUMMARY

Sargelis A. V. Ecological assessment of drinking water quality in Zhytomyr according to the growth test. – Manuscript qualification work.

Qualification work for a master's degree in specialty 101 – ecology. – Zhytomyr, 2020.

Qualification work with a high qualification of the master's degree of specialization 101 – ecology. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The quality of drinking water in the city of Zhytomyr from water use sources was assessed using a growth test. The study began with identifying the most popular sources of drinking water, laying routes that made it possible to assess the location and condition of these sources. In each district of the city, drinking water samples were taken according to their location. An experiment was performed using wheat *Triticum L.*, on the basis of which the growth test was performed. The dynamics of germination of wheat seeds was monitored, the height of seedlings and their mass, as well as the mass of plant shoots were measured. According to the results, conclusions were made about the quality of drinking water in the city of Zhytomyr and the degree of its toxicity was assessed. It was found that the level of phytotoxicity of water samples is average or above average in weight and morphometric parameters. It was found that there was inhibition of growth processes of the studied seedlings in all samples.

Key words: growth test, phytotoxicity, morphometric parameters.

ЗМІСТ

| | Стор. |
|--|--------------|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ТОКСИЧНІСТЬ ВОДИ ТА ОЦІНКА ЇЇ ЯКОСТІ | 9 |
| 1.1. Сучасні дані щодо оцінки токсичності та якості питної води | 9 |
| 1.2. Якість питної води в Житомирській області за даними державного лабораторного контролю | 13 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ | 16 |
| 2.1. Програма проведення досліджень | 16 |
| 2.2. Методика проведення досліджень | 17 |
| 2.2.1. Відбір проб води для біотестуванні | 17 |
| 2.2.2. Вибір культури для виконання досліду | 21 |
| 2.3. Методика визначення токсичності води за ростовим тестом | 22 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ МІСТА ЖИТОМИР ЗА РОСТОВИМ ТЕСТОМ | 24 |
| 3.1. Енергія проростання | 24 |
| 3.2. Оцінка якості води джерел нецентралізованого водопостачання | 29 |
| 3.3. Оцінка якості води системи централізованого водопостачання | 31 |
| ВИСНОВКИ | 33 |
| ПРОПОЗИЦІЇ | 34 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 35 |

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Проблемою XXI століття є проблема якості питної, яка є незамінним природним ресурсом для людства в усі часи.

Для України проблема якості питної води продовжує залишатися актуальною і надзвичайно гострою. В Україні досить мало власних запасів води, доступних для використання. З кожним роком ця проблема стає все гострішою, що тісно пов'язано з впливом людської діяльності та зміни клімату. Люди не раціонально використовують водні ресурси, забруднюють основні джерела питної води внаслідок господарської діяльності. Забруднення водних екосистем є досить небезпечним, адже потрапляючи у водойми, забруднювальні речовини спричиняють погіршення якості води необхідної для споживання. Питна вода не здатна сама очиститися, необхідний тривалий час, для розкладання тих чи інших предметів та речовин, що потрапили у воду.

Визначення якості питної води має важливе значення, оскільки від її якості значною мірою залежить здоров'я людини. При оцінці якості питної води крім хімічного аналізу необхідно проводять й токсикологічну оцінку, що базується на біоіндикації, як методі виявлення антропогенного навантаження на водні екосистеми.

Переваги методу біоіндикації перед приладами: не дорогий метод, рослини швидко ростуть, мають досить нормальну реакцію на вплив зовнішніх факторів. У біотестуванні основним критерієм оцінки забруднення виступає реакція живого організму на вплив забруднювача.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень є оцінка якості питної води джерел централізованого і нецентралізованого водопостачання в місті Житомир за допомогою ростового тесту.

Для досягнення мети поставлено такі основні **завдання**:

- 1) відбір проб питної води з водопровідної мережі та колодязів і каптажів джерел міста Житомир;
- 2) виявлення рослинних тест-об'єктів, чутливих до забрудненої води, та проведення оцінки якості води за ростовим тестом за допомогою тест-культури *Triticum L.*;
- 3) визначення якості питної води серед відібраних проб з водопровідної мережі та колодязів і каптажів джерел міста Житомир;

Об'єкт дослідження – оцінка якості питної води в місті Житомир.

Предмет дослідження – фітотоксичність води при використанні ростового тесту.

Методи дослідження. Дослідження проводилось методами спостереження, експерименту та порівняння. Було відібрано 10 зразків питної води в місті Житомир з різних куточків міста. Дослідження проводилось за допомогою ростового тесту з використанням злакової рослини *Triticum L.* (пшениці).

Наукова новизна роботи. Вперше були досліджені проби питної води за ростовим тестом, відібрані з різних джерел міста Житомира.

Практичне значення одержаних результатів зумовлюється тим, що отримані результати дослідження дозволяють зробити висновки щодо якості питної води відібраних проб з джерел водопостачання м. Житомир і є загальнодоступними. Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані для проведення практичних та факультативних занять з окремих дисциплін екологічного спрямування.

Апробація результатів дослідження. Основні положення і результати досліджень у 2020 році апробовані на наукових семінарах і представлені на конференціях, зокрема:

1) III Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій»: (19 листопада 2020 року, м. Житомир, Поліський національний університет);

2) II Міжнародна науково-практична конференція «Пріоритетні шляхи розвитку науки» (30 – 31 серпня 2020 року, м. Київ, МЦНІД);

3) Магістерські читання – 2020 (4 грудня 2020 р., Житомир, Поліський національний університет).

Структура роботи: Кваліфікаційна робота складається із змісту, вступу, 3 розділів, висновків, пропозицій, списку використаних джерел (41 найменування). Основний текст містить 14 рисунків та 1 таблицю. Текст роботи викладений на 38 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТОКСИЧНІСТЬ ВОДИ ТА ОЦІНКА ЇЇ ЯКОСТІ

1.1. Сучасні дані щодо оцінки токсичності та якості питної води

З'ясовано, що в навколишньому середовищі, у тому числі й гідросфері міститься приблизно 60000 різних речовин і сполук, які постійно перетворюються біологічно та хімічно, тісно взаємодіють між собою, які при токсичній дії на водні екосистеми або пригнічують дію одне одного або ж підсилюють її [4,7]. Антропогенна дія на довкілля є настільки значною, що процеси самоочищення гідросфери в деяких куточках світу є неможливими для нейтралізації токсичного впливу господарської діяльності людського населення.

Однією з найголовніших проблем людства на сучасному етапі життя є якість питної води, адже вона на пряму пов'язана зі станом здоров'я людей, якістю їх життя, екологічною чистотою продуктів харчування [25]. Жодна людина не зможе прожити без води, оскільки відомо, що людський організм на 60 % складається з води, а людський мозок містить близько 80 % води, людська кров складається на 80 % з води, більш як 70 % води містять у собі м'язи людського організму, навіть кістки скелета містять у собі 20 % води. За допомогою води в людському організмі відбувається безліч біохімічних реакцій, без яких неможливе життя людини [5]. Немає в людському організмі жодного процесу, що пов'язаний з обміном речовин, який би відбувався без участі води.

Вода має важливе значення для людей, вона може бути як корисною для вживання, так і шкідливою, залежно від її якості. За даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) – близько 80% всіх захворювань передаються водою [11]. Щорічно мільйони людей помирають від цих

захворювань. Найбільшою проблемою є те, що на Землі стрімко знижуються запаси чистої, придатної для вживання питної води, а обсяги використання цієї води для потреб людства стрімко збільшуються [17,25].

В Україні для питного водопостачання використовуються підземні та поверхневі прісні води. Централізоване водопостачання відбувається за рахунок поверхневих вод, які мають значне антропогенне забруднення. В нашій країні основним джерелом водопостачання є вода річки Дніпро [15]. Якість питної води з поверхневих джерел значною мірою погіршена і через неефективну роботу водопровідних очисних споруд (невідповідність технологічних схем очистки, застаріле обладнання розподільчої мережі) ці чинники створюють проблему отримання якісної питної води [39].

Якщо ж говорити про підземні води та джерела, то вони є більш захищеними від дії зовнішніх факторів, а тому мають більш стабільний хімічний склад порівняно з поверхневими водами. Підземні джерела в різних регіонах під дією природних та антропогенних факторів впливу відрізняються переважно за такими показниками, як жорсткість, загальна мінералізація, вміст сульфатів, сполук заліза, хлоридів та марганцю. Централізованим водопостачанням в Україні забезпечено 450 міст, серед яких є Житомир, 783 селища міського типу та 6490 сільських населених пунктів, що охоплює близько 70% населення країни [6,36].

До централізованого питного водопостачання долучені і підземні джерела. Вони є важливим джерелом водопостачання та інколи єдиним джерелом, особливо для сільських жителів [11,15]. Більша половина обсягів питної води з підземних джерел, що подаються комунальними водопроводами для населення не відповідають нормам стандартів якості питної води. Це спричинено незадовільним станом водопровідних мереж, нерегулярністю їх експлуатації, а також відсутністю водоохоронних зон, комплексу водоочисних споруд, знезаражувальних установок. У Житомирській області частка відсутності на водопроводах зон санітарної охорони становить 85,5%, а частка відсутності знезаражувальних установок

становить 41,9% [39]. 2/3 українців споживають воду з озер, річок, відкритих водоймищ, а 1/3 отримують воду з підземних джерел.

У зв'язку з інтенсивним збільшенням чисельності населення та його господарської діяльності, що потребує великих витрат водних ресурсів, потреба у воді стрімко зростає [17]. Основними токсичними речовинами, що потрапляють у водойми і значно погіршують якість води є нафта та нафтопродукти, аміачні сполуки, фенол, важкі метали, пестициди. Більшість цих сполук можуть легко проникати в підземні горизонти та зберігатись там десятиліттями [27,29]. З господарсько-побутовими стічними водами до джерел питної води можуть потрапити і збудники інфекційних захворювань [36].

Концентрація різних хімічних елементів у питній воді на пряму залежить від природних та антропогенних факторів. Якщо концентрація того чи іншого хімічного елемента перевищує фоновий рівень, це говорить про антропогенний вплив, а не природний [6].

До шкідливих речовин, що забруднюють джерела водопостачання та питну воду, відносять пестициди. Це хімічні речовини, які використовують для захисту рослин, деревини, виробів з натуральних тканин [35]. Вміст пестицидів у поверхневих та підземних водах залежить від пори року, найвища їх концентрація у водах виявляється навесні та спочатку літа після дощів [17].

Значну небезпеку для населення становлять випадки скидів шкідливих речовин техногенного походження, при техногенних аваріях та екологічних катастрофах, які характеризуються значними викидами токсичних речовин у довкілля. Значний внесок в такі забруднення вносять підприємства паливної промисловості та ядерні технології. Вода та ґрунт після таких забруднень насичується важкими металами та радіоактивними речовинами.

У результаті аварії на Чорнобильській АЕС в Україні була уражена значна територія, яка повністю є виключеною з господарського використання. Побічним результатом для Житомирської області після цієї

катастрофи стало забруднення водних джерел і, як наслідок питної води радіонуклідами, для розпаду яких потрібно приблизно 130 років [23,28].

Одним із шляхів вирішення проблеми забезпечення населення якісною питною водою є використання прісних підземних вод з джерел [21].

Якість питної води залежить від таких основних чинників: регіональної особливості ґрунтових порід і мінералів, природи джерела, ступеня антропогенного навантаження, ефективності методів знезараження води. Вживання питної води забезпечує добову потребу організму в макро - та мікро елементах. З питною водою людина отримує від 8 до 25% добової потреби мінеральних речовин [24].

Визначення екологічно значимих антропогенних навантажень на якість питної води тісно пов'язане з біоіндикацією. Біоіндикація – моніторинг навколишнього середовища на основі якого відбувається спостереження за станом та поведінкою біологічних об'єктів [32].

Важливу роль при оцінці якості питної води відіграють біологічні тести. У порівнянні з хімічними аналізами, біотести дозволяють оцінити справжню небезпечність впливу різних забруднювачів на стан води, можуть прогнозувати наслідки такого впливу для живих організмів [22].

Оперативну інформацію про фітотоксичність води можна отримати використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) та тест-показники (динаміка проростання насіння, відсоток схожості між проростками насіння, довжина кореню, висота пагона). Значимість ростового тесту як індикатора якості води проявляється в тому, що він проявляє надзвичайно чутливу реакцію на зміну екологічних факторів (при чому реакцію можна побачити) [1,38].

Можливості вивчення токсичності різних речовин на тест-об'єктах за останні роки значно розширилися. Постійно ведеться пошук найбільш чутливих тест-об'єктів і показників, застосовуються різноманітні способи оцінки якості водного середовища, зміни параметрів фізіологічних систем і біохімічного статусу тест-організмів [30].

Використання біотестів рослинних організмів є важливим для комплексного та об'єктивного контролю за кількістю ксенобіотиків (чужорідні для організмів хімічні сполуки), що забруднюють водне середовище. Більшість ксенобіотиків не нормуються існуючими стандартами, але вони мають здатність викликати токсичні, генотоксичні та мутагенні ефекти [21]. Універсальність клітинної організації відкриває широкі можливості для токсикологічних досліджень із застосуванням найбільш придатних для цього груп рослин і подальшим направленням отриманих результатів на організм людини [16].

1.2. Якість питної води в Житомирській області за даними державного лабораторного контролю

За даними МОЗ України однією з країн найменш забезпеченими власними водними ресурсами є Україна, вона відноситься до територій з великим антропогенним навантаженням на джерела питної води і відзначається досить мізерною кількістю запасів прісної питної води.

Спостереження за станом водойм, вказує на те, що їх екологічний стан погіршується з кожним роком. Питна вода та її показники (санітарно-хімічні, мікробіологічні) з кожним роком погіршуються. Житомирська область відноситься до міст з найбільшим відсотком відхилень по мікробіологічним показникам [40].

Були досліджені джерела питної води з нецентралізованого постачання (колодязі, каптажі) за 2019 рік, які є індивідуальними та громадськими. При дослідженні проб води з джерел громадського використання за санітарно – хімічними показниками не відповідали нормам 46,5%, при дослідженні цих же проб на вміст нітратів, перевищення вмісту нітратів спостерігалось у 39%, за мікробіологічними показниками не відповідали нормі 38,8% [40].

При дослідженні води з індивідуальних джерел питного використання за тими ж показниками, були отримані такі результати: за санітарно – хімічними показниками не відповідали нормам – 33,3%, за вмістом нітратів – 30,5%, за мікробіологічними показниками – 30,3%.

При дослідженні води каптажів джерел 19,4% не відповідали нормі за санітарно-хімічними показниками, 12,2% - за вмістом нітратів, 27,2% - за мікробіологічними показниками. Можна зробити висновок, що вода з каптажних джерел є найбільш придатною для вживання, джерела індивідуального користування є на другому місці, а джерела громадського користування за якістю води є на третьому місці. Погана якість питної води, яка не відповідає нормам є причиною різних захворювань людей, від інфекційних хвороб до хвороб серцево-судинної та ендокринної систем, неякісна вода також негативно впливає на систему травлення, також, через неякісну питну воду поширюються такі хвороби як жовчнокам'яна хвороба та виразка шлунку [32,40].

На Поліссі у питній воді відзначається недостатня кількість мікроелементів, таких як купрум, ферум, йод. Також значним є забруднення підземних вод нітратами, що може призвести до метгемоглобіномію у дітей, що сприяє погіршенню загального стану та підвищує ризик онкологічних та інфекційних захворювань [39]. Перевищення нітратів у воді спричинене використанням органічних та мінеральних добрив, особливо у сільському господарстві та колективних господарствах, а також у приватних секторах. У 2019 році в Житомирській області зареєстровано 2 випадки неінфекційного захворювання на водно – нітратну метгемоглобінемію у селі Жеребилівка Новоград – Волинського району та у селі Копанівка Хорошівського району, ці випадки спричинені неякісною питною водою, не відповідністю цієї води нормам [40].

Основними причинами неякісної питної води є неякісна робота водоочисних споруд, неналежний нагляд за колодязями та каптажами, відсутність контролю за дотриманням вимог щодо якості питної води. У

Ружинському, Баранівському, Народицькому, Любарському, Попільнянському, Ємільчинському районах є найбільші відхилення у системах водопостачання [15].

Також за даними лабораторних досліджень якості питної води по Житомирській області є порушення гігієнічних вимог за мікробіологічними показниками (наявність загальних колі-форм), за санітарно - гігієнічними показниками (перевищення вмісту заліза, нітратів, показника кольоровості).

Найгірші показники якості питної води централізованого водопостачання за мікробіологічними показниками відзначаються в Любарському, Ружинському та Черняхівському районах, перевищення за санітарно-хімічними показниками в Коростишівському, Романівському та Черняхівському районах [40].

Відмітимо, що фізико-хімічні методи визначають лише наявність і кількість хімічних елементів в тестованих водних зразках, але не можуть визначити як себе поведуть антропогенні сполуки і природну вразливість водних екосистем до комплексних ефектів їх забруднення [22].

Біотестування – це метод біологічного контролю, який передбачає цілеспрямоване використання стандартних тест-організмів і методів для визначення ступеня токсичності водного середовища, який заснований на вимірюванні тест-реакції організму на вплив тих чи інших компонентів. Тест-організми завжди реагують на небезпечні чинники, незалежно від того на скільки сильно ці чинники впливають на зміни життєво важливих функцій цих організмів [1, 38].

Вибір тест-організмів визначається їх поширеністю, простотою культивування в лабораторних умовах, доступними методиками проведення експерименту та швидкістю отримання результатів [20]. У даній кваліфікаційній роботі для оцінки якості питної води був вибраний ростовий тест з використанням злакової рослини пшениці *Triticum L.*

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Дослідження стосовно оцінки якості води джерел централізованого та нецентралізованого вододопостачання, що розташовані на території міста Житомир, за ростовим тестом, проводили протягом 2019 – 2020 років.

У програму досліджень увійшли такі питання:

- проведення огляду літературних джерел з теми кваліфікаційної роботи;
- вивчення методики проведення оцінки якості води за допомогою ростового тесту;
- виявлення рослинних тест-об'єктів, чутливих до забрудненої води;
- вибір колодязів та каптажів джерел для оцінки якості води;
- відбір проб води з водопровідної мережі міста (до та після фільтру, очистки);
- відбір проб води з колодязів та каптажів джерел, що розташовані на території міста Житомир і активно використовуються його мешканцями;
- проведення оцінки токсичності води за допомогою ростового тесту з використання рослини *Triticum L.*;
- порівняння отриманих результатів ростового тесту щодо оцінки якості води серед відібраних проб з водопровідної мережі та джерел нецентралізованого вододопостачання на території м. Житомир;
- обробка отриманих даних та їх представлення;
- формування висновків та пропозицій.

2.2. Методика проведення досліджень

2.2.1. Відбір проб води для біотестування

Дослідження було спрямоване на оцінку якості питної води з джерел громадського користування та водопровідної мережі в місті Житомир, які користуються найбільшою популярністю у населення. Було відібрано 10 зразків питної води, які охопили всі райони міста.

Зразок води №1 – м. Житомир, район Корбутівки, вода з джерела громадського користування, яке знаходиться в яру навпроти водоканалу, вул. І. Богуна, 4 (рис. 2.1).



Рис 2.1. Джерело питної води, Корбутівка, м. Житомир

Зразок води № 2 – м. Житомир, район Автовокзалу, вода з колонки загального користування (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Колонка громадського користування, Автовокзал, Житомир

Зразок води № 3 – м. Житомир, район Польової, вода з крану після проходження через систему фільтрів (потрійна колба: дві з поліпропіленовою ниткою для очищення холодної води від механічних домішок та одна з пресованим активованим вугіллям (рис. 2.3)).



Рис. 2.3. Система потрійних фільтрів-колб для очищення води

Зразок води № 4 – м. Житомир, район Польової, не фільтрована вода з крану.

Зразок води № 5 – дистильована вода.

Зразок води № 6 – м. Житомир, Богунський район, проспект Миру, 22 за територією військового інституту імені С.П. Корольова, вода з джерела громадського користування (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Джерело питної води, Богунія, Житомир

Зразок води № 7 – вода з крану відстояна після кип'ятіння.

Зразок води № 8 – м. Житомир, провулок Мічуринський, вода з колодязю загального користування (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Джерело питної води, Польова, Житомир

Зразок води № 9 – м. Житомир, район Крошні, криниця загального користування неподалік Житомирського агроєкологічного коледжу (рис. 2.6).

Зразок води № 10 – м. Житомир, район Мальованки, криниця загального користування, що знаходиться неподалік СТО, біля моста, що прокладений через річку Кам'янку (рис. 2.7).



Рис. 2.6. Джерело питної води, Крошня, Житомир



Рис. 2.7. Джерело питної води, Мальованка, Житомир

Відбір проб води був здійснений в літній період протягом доби згідно діючих стандартів для відбору проб з джерел зазначених у ДСТУ ISO 5667-6:2009 «Якість води. Відбирання проб». Проби води відбиралися у чисті пластикові пляшки (з водопровідної мережі - після 5-тихвилинного зливу води). Було відібрано по 500 мл води для кожного зразку. Контрольним зразком води був зразок № 7 – вода відстояна після кип'ятіння.

У ході дослідження був визначений фітотоксичний ефект за масою рослин для кожного із досліджуваних зразків. Фітотоксичний ефект визначається у відсотках та розраховується за формулою:

$$FE = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100\%$$

де M_0 – значення біопараметра рослин (маса рослини, висота паростків, довжина коренів) у посуді з контрольним зразком; M_x – значення цього ж біопараметра у посуді з досліджуваним зразком. Контрольним зразком виступає зразок води № 7 (вода після кип'ятіння), так як цей зразок має найбільші показники маси та висоти проростків [19].

2.2.2. Вибір культури для виконання досліду

Використання рослин як чутливих тест-організмів до забруднення навколишнього середовища бере початок ще з давніх часів [33]. Перші спостереження зробили ще античні вчені, саме вони звернули увагу на зв'язок зовнішнього вигляду рослин за умовами їх зростання [13]. Наприкінці 1970-х років, в рамках програми Gene-Tox, яка виконувалася Управлінням по Захисту Навколишнього Середовища (EPA) Генетичної токсикології США було показано, що рослинні системи можуть широко застосовуватись для виявлення мутагенів, кластогенів і канцерогенів [8].

Переваги рослин для біомоніторингу [2, 3, 5, 9, 10, 12, 14, 26, 31]:

- доступність методу;
- не дорога вартість досліджень;
- не потребує спеціального лабораторного обладнання;
- простота методу;
- здатні характеризувати стан середовища, в якому вони ростуть;
- на початкових стадіях онтогенезу не вибагливі до поживного середовища;
- швидкий ріст;
- висока чутливість до забруднення;

- різна реакція на досліджувані фактори середовища.

Був зроблений висновок, що необхідно використовувати в якості тест-об'єкту невибагливу рослину.

У кваліфікаційній роботі для досліджень для біотестування за ростовим тестом використовувалась така культура як пшениця *Triticum L.*, оскільки вона за аналізом літературних джерел показала себе одним з найкращих тест-об'єктів для визначення ступеня токсичності води, вона є однією з найпоширеніших тест-культур, вона швидко проростає та є характерною для Житомирського регіону. Саме пшениця найкраще підходить для екологічної оцінки якості питної води.



Рис. 2.8. Пшениця (Triticum L.)

2.3. Методика визначення токсичності води за ростовим тестом

Метод біотестування на рослинах – простий і чутливий спосіб для визначення інтегральної токсичності води, викликаній різними чинниками.

Нами визначалася якість води з водопровідної мережі та джерел нецентралізованого водопостачання м. Житомир за показником токсичності – пригнічення або стимулювання росту пагонів та корінців під впливом токсичних речовин у зразках води порівняно з контрольним зразком.

Нами враховувалися зміни схожості пшениці, вирощеної на досліджуваних зразках води.

Використовувався метод пророщування тестової культури у чашках Петрі. Для оцінки токсичності 10 водних зразків в чашки Петрі були покладені аркуші фільтрувального паперу, зволожені 5-7 мл водної проби та було висаджено по 30 насінин пшениці у кожену чашку [18].

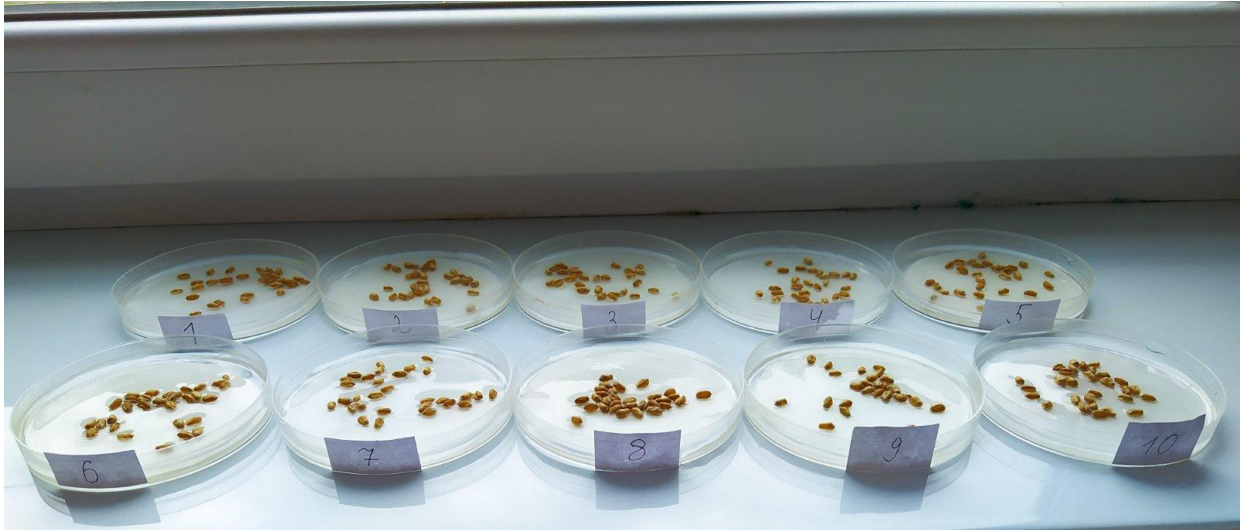


Рис. 2.9. «Ростовий тест» в чашках Петрі з насінням пшениці

Насіння проростало за однакових умов температурного режиму та за достатньої кількості світла, необхідних для проростання насінин. Кожного дня проводилось провітрювання чашок шляхом відкривання на декілька хвилин.

Дослід тривав протягом 7 днів. Кожного дня фіксувалася кількість пророслих насінин, вимірювалася та фіксувалася довжина стеблової частини паростків, вкінці досліду – вага пагонів та коренів.

Для визначення токсичності зразків води за ростовим тестом біоіндикатора *Triticum L.* використовувалася наступна шкала рівнів токсичності [41]: якщо фітотоксичний ефект не досягав 20% приймалося, що рівень токсичності є слабким, від 20,1 до 40% та від 40,1 до 60% - середнім та вище середнього відповідно, від 60,1 до 80% - високим, більше 80,1% - максимальним.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ МІСТА ЖИТОМИР ЗА РОСТОВИМ ТЕСТОМ

3.1. Енергія проростання

Для оцінки якості води спочатку було визначено енергію проростання. Проростання пагонів пшениці було відмічено на 2-й день досліду (у перший день фіксувалося лише проростання коренів) (рис. 3.1).

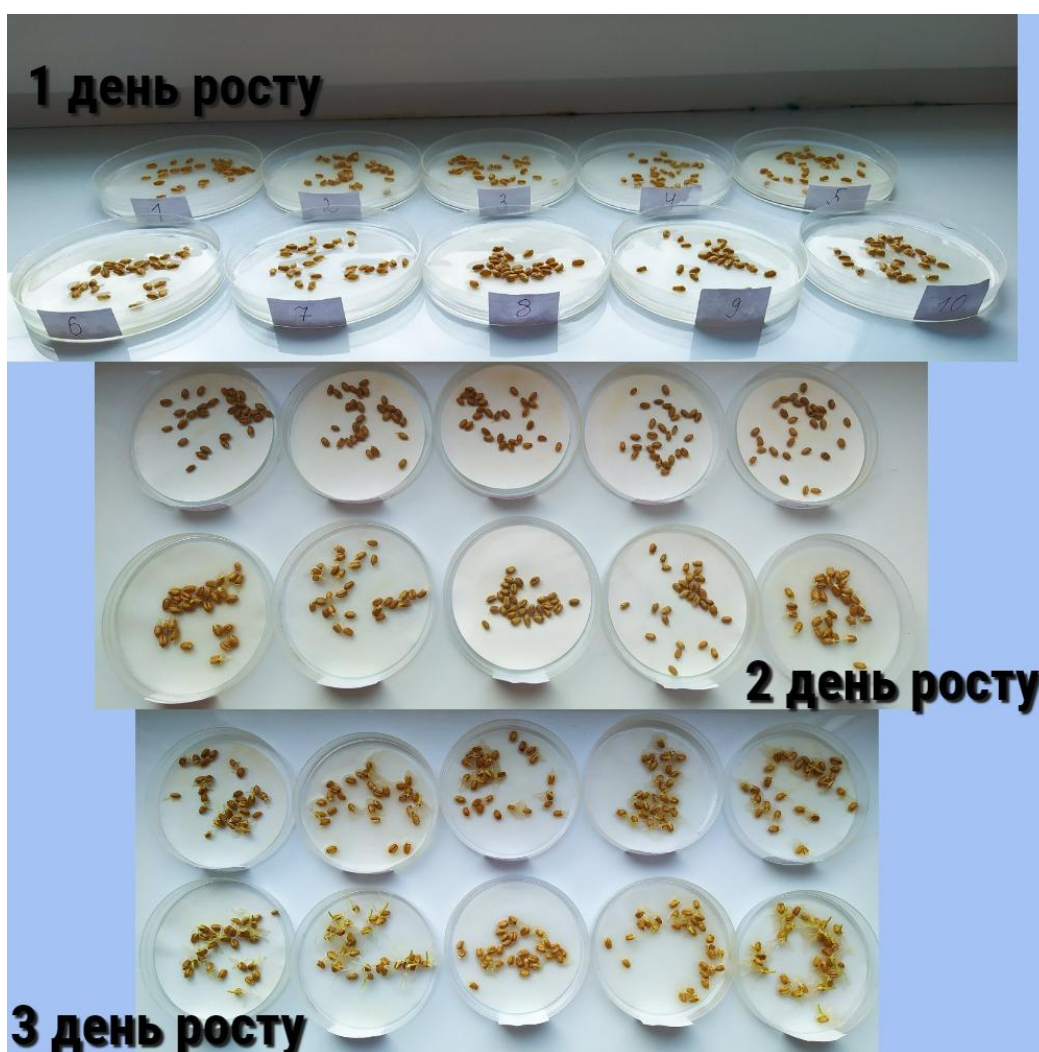


Рис. 3.1. Проростання пшениці протягом перших трьох днів досліду

Протягом перших трьох днів досліду за методикою «Ростовий тест» була відзначена така кількість пророслих насінин на третій день: зразок № 1 (16 пророслих насінин пшениці); зразок № 2 (12 пророслих насінин

пшениці); зразок № 3 (16 пророслих насінин пшениці); зразок № 4 (22 пророслі насінини пшениці); зразок № 5 (22 пророслих насінин пшениці); зразок № 6 (12 пророслих насінин пшениці); зразок № 7 (26 пророслих насінин пшениці); зразок № 8 (9 пророслих насінин пшениці); зразок № 9 (12 пророслих насінин пшениці); зразок № 10 (24 пророслих насінин пшениці) (рис. 3.1).

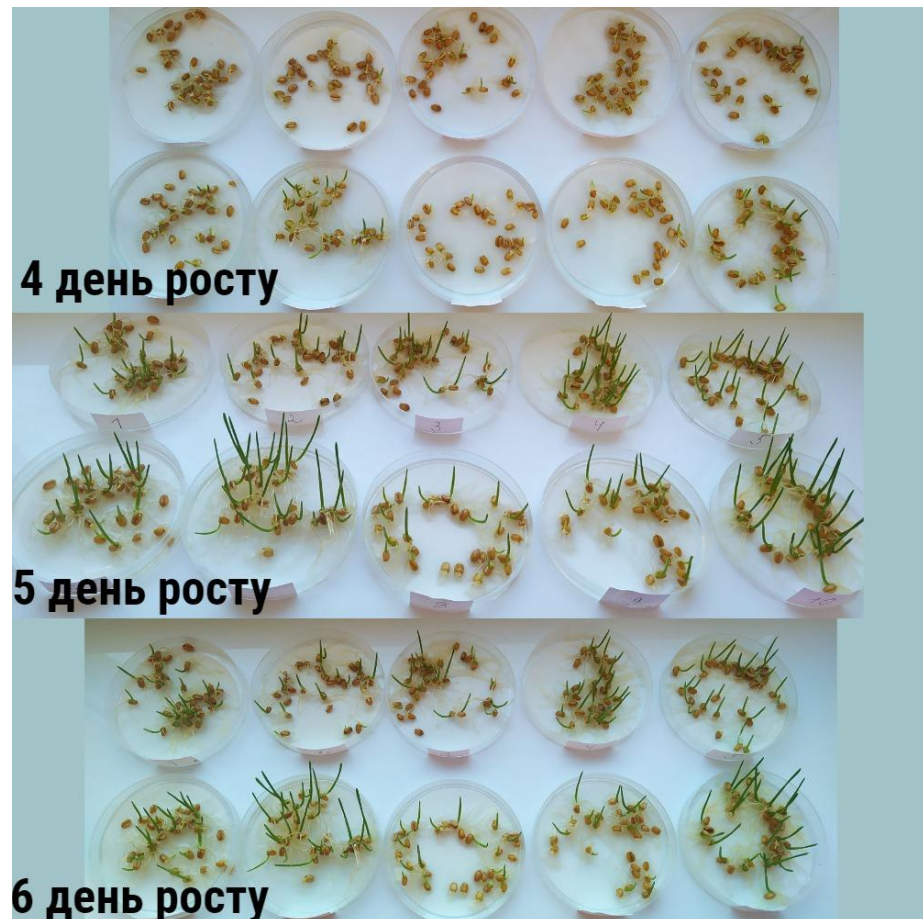


Рис. 3.2. Проростання пшениці протягом 4-6 днів дослідю

Протягом 4-6 днів дослідю за методикою «Ростовий тест» була відзначена така кількість пророслих насінин на шостий день: зразок № 1 (22 пророслих насінин пшениці); зразок № 2 (18 пророслих насінин пшениці); зразок № 3 (23 пророслих насінин пшениці); зразок № 4 (26 пророслих насінин пшениці); зразок № 5 (25 пророслих насінин пшениці); зразок № 6 (24 пророслих насінин пшениці); зразок № 7 (27 пророслих насінин пшениці); зразок № 8 (20 пророслих насінин пшениці); зразок № 9 (21

пророслих насінин пшениці); зразок № 10 (26 пророслих насінин пшениці) (рис. 3.2).

На останній день (7 день) дослідів за методикою «Ростовий тест» була відзначена така кількість пророслих насінин: зразок № 1 (24 пророслих насінин пшениці); зразок № 2 (25 пророслих насінин пшениці); зразок № 3 (26 пророслих насінин пшениці); зразок № 4 (28 пророслих насінин пшениці); зразок № 5 (26 пророслих насінин пшениці); зразок № 6 (25 пророслих насінин пшениці); зразок № 7 (27 пророслих насінин пшениці); зразок № 8 (24 пророслих насінин пшениці); зразок № 9 (25 пророслих насінин пшениці); зразок № 10 (26 пророслих насінин пшениці) (рис. 3.3). Можна зробити висновок, що серед закладених 30 насінин пшениці у чашки Петрі, у жодному зразку не проросли всі 30 насінин. Причиною цього може бути зіпсоване насіння пшениці, адже насіння проростало в однакових умовах, в достатній кількості води, світла та тепла.

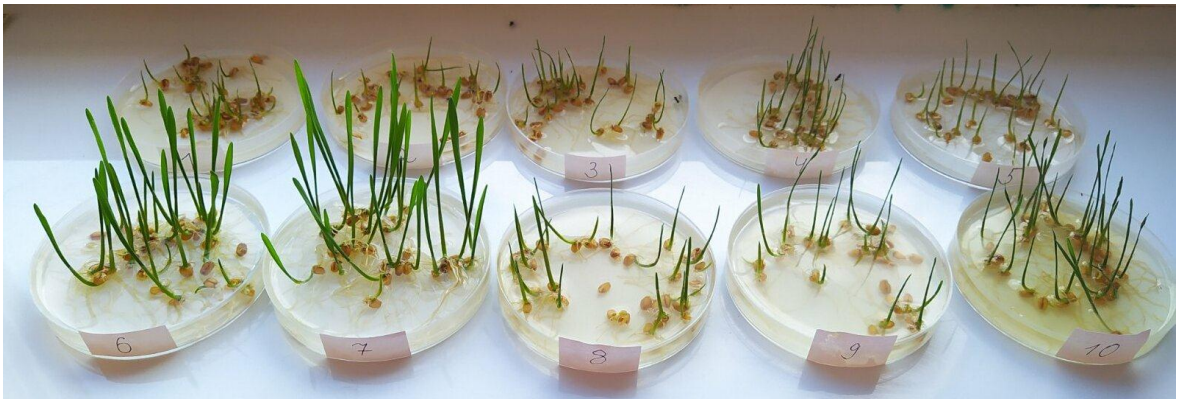


Рис. 3.3. Проростання пшениці на 7 день дослідів за ростовим тестом

За кількістю пророслих насінин для кожного із зразків була вирахована енергія проростання насінин – здатність насінин утворювати розвинені паростки під час пророщення, – що визначається у відсотках (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Енергія проростання насіння

| Номер проби | Енергія проростання насінин, % | | | | | | |
|--|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 день | 2 день | 3 день | 4 день | 5 день | 6 день | 7 день |
| Проба №1 - вул. І. Богуна, 4 (Корбутівка) | 0 | 3,3 | 52,8 | 69,3 | 69,3 | 72,6 | 79,2 |
| Проба №2 (Автовокзалу) | 0 | 6,6 | 39,6 | 42,9 | 52,8 | 59,4 | 82,5 |
| Проба №3 – вода з крану після фільтрів | 0 | 16,5 | 52,8 | 66 | 69,3 | 75,9 | 85,8 |
| Проба №4 – вода з крану (без фільтра) | 0 | 16,5 | 72,6 | 82,5 | 85,8 | 85,8 | 92,4 |
| Проба №5 – дистильована вода | 0 | 0 | 72,6 | 72,6 | 79,2 | 82,5 | 85,8 |
| Проба №6 – проспект Миру, 22 (Богунія) | 0 | 23,1 | 39,6 | 59,4 | 72,6 | 79,2 | 82,5 |
| Проба №7 – вода відстояна, після кип'ятіння | 0 | 59,4 | 85,8 | 85,8 | 85,8 | 89,1 | 89,1 |
| Проба №8 - пров. Мічуринський, 8 (Польова) | 0 | 0 | 29,7 | 46,2 | 56,1 | 66 | 79,2 |
| Проба №9 – колодязь біля Агроколеджу (Крошня) | 0 | 0 | 39,6 | 46,2 | 59,4 | 69,3 | 82,5 |
| Проба №10 – колодязь біля р. Кам'янки (Мальованка) | 0 | 62,7 | 79,2 | 82,5 | 82,5 | 82,5 | 85,8 |

Результати визначення енергії проростання відносно контролю представлені на рис. 3.4.

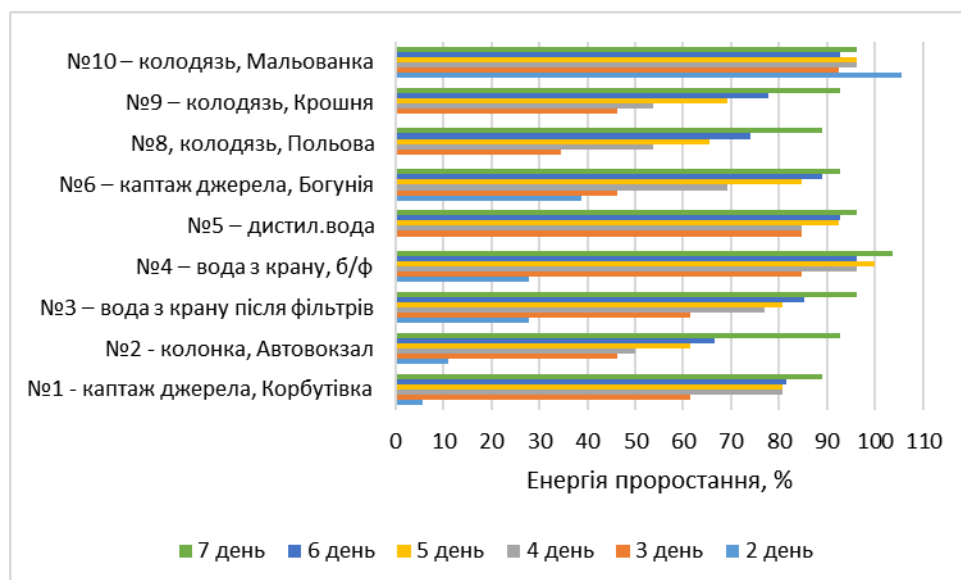


Рис. 3.3. Енергія проростання пшениці у зразках питної води відносно контролю

Найшвидше почало проростати насіння у контрольному зразку №7, це мало значний вплив на показник енергії проростання. Найвища енергія проростання на 7-ий день дослідження відзначена у зразках №4 (проба води з

системи централізованого водопостачання без фільтру) – 92,4% (при чому у воді після системи фільтрів показник складав 85,8%) та №10 (проба з джерела нецентралізованого водопостачання, що розташоване неподалік р. Кам'янка) – 85,8%. Найнижча енергія проростання відзначена у зразках №1 (каптаж джерела на Корбутівці) та №8 (приватний колодязь у пров. Мічуринський) (табл. 3.1), що може свідчити про незадовільну якість води, яка, в свою чергу, негативно впливає на здатність рослини утворювати розвинені паростки під час пророщування.

Що стосується значень енергії проростання рослин пшениці відносно контролю, то нами були отримані наступні значення (рис. 3.3):

- стимулюючий ефект на рослини помічений у пробі води, відібраної з водогінної мережі (без фільтру) (103,7%);
- максимальне пригнічення рослин зафіксовано у пробах води, відібраних з колонки в районі Автовокзалу міста (проба №2), приватному колодязі у пров. Мічуринський (проба №8), колодязь на Крошні (проба №9) та каптажу джерела, що розташований на Корбутівці (проба №1);
- проби води з колодязя біля р. Кам'янка серед джерел нецентралізованого водопостачання проявляли найменшу пригнічуючу дію на ріст рослин пшениці;
- нецентралізовані джерела водопостачання за показником енергії проростання відносно контролю розміщуються у ряд (від найкращої якості до найгіршої): колодязь біля р. Кам'янки (Мальованка) (проба №10), каптаж джерела на проспект Миру, 22 (Богунія) (проба №6), каптаж джерела на Корбутівці (проба №1), колодязь біля Агроколеджу (проба №9), колонка в районі автовокзалу (проба №2), колодязь у пров. Мічуринський (проба №8).

3.2. Оцінка якості води джерел нецентралізованого водопостачання

Після закінчення дослідів пророщені насінини були обережно вийняті з чашок Петрі, була виміряна кінцева довжина стеблової частини паростків та їх маса, а також була зважена суха маса коренів.

Для визначення токсичності зразків води за ростовим тестом біоіндикатора *Triticum L.* використовували шкалу рівнів токсичності (див. розділ 2).

За масою стебла для кожного зразка був визначений фітотоксичний ефект:

$$\Phi E_1 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 0,9}{1,98} \cdot 100\% = 54,6\%$$

$$\Phi E_2 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,37}{1,98} \cdot 100\% = 30,8\%$$

$$\Phi E_5 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,28}{1,98} \cdot 100\% = 35,4\%$$

$$\Phi E_6 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,4}{1,98} \cdot 100\% = 29,3\%$$

$$\Phi E_8 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,26}{1,98} \cdot 100\% = 36,4\%$$

$$\Phi E_9 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 0,9}{1,98} \cdot 100\% = 54,6\%$$

$$\Phi E_{10} = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,45}{1,98} \cdot 100\% = 26,8\%$$

За масою коренів для кожного зразка також був визначений фітотоксичний ефект:

$$\Phi E_1 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 1,41}{3,17} \cdot 100\% = 55,5\%$$

$$\Phi E_2 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 1,81}{3,17} \cdot 100\% = 43,3\%$$

$$\Phi E_5 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 2,79}{3,17} \cdot 100\% = 12\%$$

$$\Phi E_6 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 2,22}{3,17} \cdot 100\% = 30\%$$

$$\Phi E_8 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 1,68}{3,17} \cdot 100\% = 47\%$$

$$\Phi E_9 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 1,42}{3,17} \cdot 100\% = 55\%$$

$$\Phi E_{10} = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 2,54}{3,17} \cdot 100\% = 19,9\%$$

За фітотоксичним ефектом (ΦE , %) маси стебла: найвищі значення мають зразки № 1 (каптаж джерела, Корбутівка) та № 9 (колодязь, Крошня) – 54,6 %, що відповідають вищому за середній рівню токсичності; найнижче значення має зразок № 10 (колодязь, Мальованка) – 26,8%, що відповідає середньому рівню токсичності. За масою коренів найвищий фітотоксичний ефект мають ті ж самі зразки № 1 (55,5%) та № 9 (55 %), а найнижче значення має зразок № 5 (дистильована вода) – 12 % та зразок № 10 – 19,9%, і, відповідно, слабкий рівень токсичності. В цілому, відповідно до даних дослідження встановлено, що рівень токсичності зразків води для рослин пшениці є середнім або вище середнього за шкалою фітотоксичності.

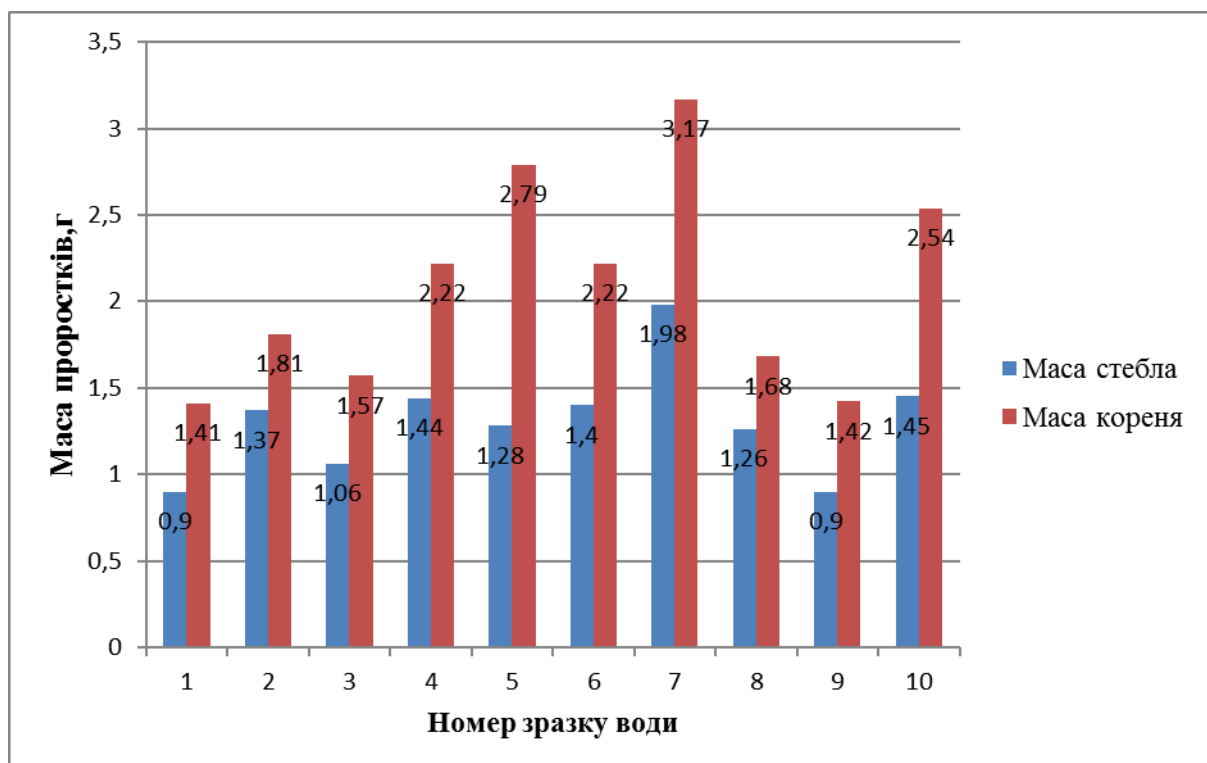


Рис.3.4. Результати вимірювань маси проростків пшениці

Найменші біопараметри (за масою стебла та кореня) серед досліджуваних зразків мали: зразок №1 (район Корбутівка), зразок № 3 (район Польової, вода після фільтру), зразок № 9 (район Крошня), що означає пригнічення їх ростових процесів (що підтвердило й вище наведені дані).

3.3. Оцінка якості води системи централізованого водопостачання

Визначення токсичності питної води за ростовим тестом на рослинних тест-об'єктах упродовж перших трьох діб є проблематичним, тому, що стандартні умови біотестування за уповільнення росту проростків пшениці передбачають 5-7 днів. Причому біотестування протягом 7 днів є найефективнішим, як показав дослід. Отримані дані свідчать про те, що температурний та світловий режим та кількість води була оптимальною для проростання паростків пшениці. Проростання корінців у пшениці відбулося значно швидше (на другий день дослід) ніж проростання стеблової частини (на четвертий день дослід).

Оцінка якості питної води за ростовим тестом була здійснена за таким основним параметром як фітотоксичність. Порівняння проводилися з контрольним зразком води (зразок № 7 – вода відстояна після кип'ятіння). В попередньому підрозділі були наведені результатами досліджень щодо якості води з джерел громадського користування (каптажів, колодязів та колонки). В даному підрозділі наведемо цікаві дані щодо інших двох зразків питної води, які відібрані з централізованої мережі (з крана до фільтрації і після проходження через фільтри).

За масою стебла для зразка № 3 (вода після системи фільтрів) та № 4 (вода з крану без фільтра) був визначений фітотоксичний ефект:

$$\Phi E_3 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,06}{1,98} \cdot 100\% = 46,5\%$$

$$\Phi E_4 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{1,98 - 1,44}{1,98} \cdot 100\% = 27,3\%$$

За масою коренів також був визначений фітотоксичний ефект:

$$\Phi E_3 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 1,57}{3,17} \cdot 100\% = 50,5\%$$

$$\Phi E_4 = \frac{M_0 - M_X}{M_0} \cdot 100\% = \frac{3,17 - 2,22}{3,17} \cdot 100\% = 30\%$$

Наші результати вказують на той факт, що вода після системи фільтрів проявляла більш токсичну дію на рослини (46,5% за масою стебла, та 50,5% за масою коренів, що відповідала більшому за середній рівню токсичності), ніж вода без фільтру (27,3% за масою стебла та 30% за масою коренів, що відповідало середньому рівню токсичності). Це, на нашу думку, можна пояснити наступним фактом: всі катриджі, які встановлюються у магістральні фільтри, мають свій ресурс (в залежності від їх якості та вартості, але в основному до 10 000 л.) і повинні бути вчасно замінені. В інструкції до катриджів пропонується заміна один раз на 3-6 місяців. Невчасна заміна катриджу, відключення води водоканалом міста, призводить до перевантаження фільтрів і неспроможності очищати ефективно воду.

ВИСНОВКИ

1. Відбір проб води з колодязів і каптажів джерел, а також системи централізованого водопостачання був здійснений в літній період протягом доби згідно діючого стандарту для відбору проб з джерел зазначених у ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб.

2. В результаті досліджень визначено, що *Triticum L.* є чутливим тест-об'єктом, який можна використовувати для оцінки токсичності зразків води. Оцінка токсичності питної води за ростовим тестом є ефективною, мало затратною, швидкою та доступною.

3. Токсичні властивості у пробах питної води викликали пригнічення ростових процесів та вплинули на масу проростків. Серед джерел громадського користування найменший фітотоксичний ефект мали зразки № 10 (вода з криниці, Мальованка) та № 6 (каптаж джерела на проспект Миру, 22), а найбільший фітотоксичний ефект мали зразки № 1 (джерело навпроти водоканалу, Корбутівка) та № 9 (вода з криниці, Крошня).

4. У воді з системи централізованого водопостачання вищий фітотоксичний ефект мала вода після системи фільтрів (зразок №3).

5. За результатами дослідження встановлено, що найбільш придатною для вживання є вода джерела, що розташоване за військовим інститутом (зразок №6) та колодязь біля річки Кам'янки (зразок № 10).

6. За фітотоксичним ефектом (ФЕ, %) маси стебла: найвищі значення мають зразки № 1 та № 9 (54,6 %), а найнижчі – зразок № 10 (26,8%); за масою коренів найвищий фітотоксичний ефект мають зразки № 1(55,5%) та № 9 (55 %), а найнижчі – зразок № 5 (12 %). Відповідно до наведених даних рівень фітотоксичності досліджуваних джерел води є середнім або вище середнього.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. ДУ «Житомирський обласний лабораторний центр» МОЗ України:
 - здійснювати систематичний контроль за якістю води у громадських колодязях та каптажах джерел.
2. Населенню для збереження та покращення якості питної води в колодязях та джерелах громадського користування:
 - запобігати замулюванню колодязів;
 - не рідше одного разу на рік очищати колодязі від замулювання;
 - проводити поточний ремонт колодязів та здійснювати дезінфекцію питної води;
 - вчасно проводити заміну фільтрів у системі централізованого водопостачання;
 - воду з приватних колодязів віддавати на фізико-хімічний аналіз, щоб з'ясувати її придатність для вживання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arkhipchuk V.V., Goncharuk V.V.J. *Water Chem. and Technol.* 2004. № 4. P. 403–414.
2. Banks M. K., Schultz K. E. Comparison of plants for germination toxicity tests in petroleum contaminated soil. *Water, Air, and Soil Pollution.* 2005. Vol.167. P. 211-219.
3. Cruz J. M., Lopes P. R. M., Montagnolli, R. N., Tamada I. S., Silva N. M., Bidoia E. D. Toxicity assessment of contaminated soil using seeds as bioindicators. *Journal of Applied Biotechnology.* 2013. 1. P. 1-10.
4. David H. Phillips, Stanley Venitt. Environmental mutagenesis. *Bios Scientific Publishers.* 1995. p. 401.
5. Di Salvatore M., Carafa A. M., Carrat G. Assessment of heavy metals phytotoxicity using seed germination and root elongation tests: A comparison of two growth substrates. *Chemosphere.* 2008. 73(9). P. 1461-1464.
6. Drinking water minerals and mineral balance /F. Koszisek, I. Rosborg, O. Selinus, M. Ferrante, D. Jovanonic. *SIP, Switzerland.* 2015. 105 p.
7. Ennever F.K., Andreano G., Rosenkranz H.S. The ability of plant genotoxicity to predict carcinogenicity. *Mutat Res.* 1988. Vol. 205. p. 99-105.
8. Fiskesjö G. The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas.* 1985. V.102. P. 99-112.
9. Grant W. F. The present status of higher plant for the detection of environmental mutagens. *Mutation Research.* 1994. Vol. 310. P. 175-185.
10. Ma T. H., Carberra G. L., Owens E. Genotoxic agents detected by plant bioassays. *Reviews on Environ Health.* 2005. Vol. 20 (5). P. 1-13.
11. Ma T.H. The international program on plant bioassays and the report of the follow-up study after the hands-on workshop in China. *Mutation Research.* 1999. p.103-106.

12. Maila M. P., Cloete T. E. Germination of *Lepidium sativum* as a method to evaluate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal from contaminated soil. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2002. 50. P. 107-113.
13. Manning W.J. Feder W.A. Biomonitoring air pollutions with plants. *Appl. Sci. Publ. LTD. London*. 1980. p.135-141.
14. Njoku K. L., Akinola M. O., Oboh B. O. Growth and performance of *Glycine max* L. (Merrill) in crude oil contaminated soil augmented with cow dung. *Nat. Sci.* 2008. 6(1). P. 48-58.
15. Rizzoni M., Gustavino B., Ferrari C., Gatti L.G., Fano E.A. An integrated approach to the assesment of the environmental quality of the Tiber river in the urban area of Rome: a mutagenesis assay (micronucleus test) and an analysis of macrobenthic community structure. *Sci. Total Environ.* 1995. 162. p. 127-137.
16. Vergolyas M. Research of cytotoxic activity of water from different water supply sources. *Adv Tissue Eng Regen Med Open Access*. 2019;5(3):92-96. DOI: 10.15406/atroa.2019.05.00105.
17. Water in Changing World // The United Nations World Water Development Report 3 (WWDR3). Paris: UNESCO, 2009. 432 p.
18. Біоіндикація. методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / [А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська та ін.]. Національний гірничий університет, 2014. С. 7–8.
19. Біоіндикація. методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / [А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська та ін.]. Національний гірничий університет, 2014. С. 11.
20. Болтіна І. В., Верголяс М. Р., Повякель Л. І., Злацький І. А. Комплексне дослідження яко-сті води різного призначення. *Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології*. К.: ЛОГОС, 2012. Т.4. С.219-224.

21. Верголяс М. Р., Головков А. Н., Пелишенко А. В., Наниева А. В. Оценка токсичности и безопасности питьевых вод. *Інноваційні підходи і сучасна наука: Матеріали II Міжнародної конференції (31 травня 2016 р., м. Київ)*. К., 2016. С. 46–50.
22. Верголяс М.Р., Гончарук В.В. Оценка контроля качества воды с помощью тест- организмов и их клеток. *Химия и технология воды*. 2016. т.38, №1. С. 201.
23. Воронова Г. Л., Адамчик Г. Г., Куцко Л. А. Экспериментальное биотестирование качества воды реки Днепр. *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 19*. Институт рыб. хоз-ва НАН Беларуси. Мн.: Технопринт, 2003. 298 с.
24. Гончарук В. В., Архипчук В., Терлецька Г., Корчак Г. Комплексна оцінка якості фасованих вод. *Вісник НАН України*. 2005. №3. С. 47-58.
25. Гончарук В.В. Новая концепция обеспечения населения качественной питьевой водой. *Химия и технология воды*, 2008. т.30, №3. С.239-252.
26. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічні Студії*. 2011. Том 5. С. 183-196.
27. Дятлов С. Е. Роль и место биотестирования в комплексном мониторинге загрязнения морской среды. *Экология моря*. 2000. №. 51. С. 83-87.
28. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности методами биотестирования в России. М.: Международный Дом сотрудничества, 1997. 114 с.
29. Зерщикова Т.А. Современная проблематика анализа качества питьевой воды путем биотестирования. *Фундаментальные исследования*. 2006. № 11. С. 54-55.

30. Куценко П.Н. Основы токсикологии. Санкт-Петербург, 2002. С. 24.
31. Кучеренко Т. В., Головатюк Є. О. Використання біотесту *Allium* сера L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища. *Агроекологічний журнал*. 2008. №4. С. 79-83.
32. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації. *Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України*. 2011. С. 107.
33. Меннинг У. Д. Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидропромиздат, 1985. 175 с.
34. Мэннинг У. Д., Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л. : Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
35. Насонкина Н. Г. Повышение экологической безопасности систем питьевого водоснабжения. Макеевка: ДонНАСА, 2003. 181 с.
36. Общая токсикология / Под ред. Курляндского Б. А., Филатова В. А. М.: Медицина, 2002. 608 с.
37. Ольхович О. П., Мусієнко М. М. Фітоіндикація та фіто моніторинг. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 64 с.
38. Пат. 97199 Україна, МПК G 01 № 33/18. / В.В. Гончарук, М. Р. Верголяс. Опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
39. Першегуба Я. Стан питної води в Україні. 2016. URL: <http://labprice.ua/statti/stan-pitnoyi-vodi-v-ukrayini>.
40. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році : Міністерство розвитку громад та територій України. 2019. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/proekt-nacz.-dop.-za-2019.pdf>
41. Петрук Р. В., Кравець Н. М., Трач І. А.. Аналіз фітотоксичного ефекту небезпечних пестицидних препаратів за допомогою біоіндикації. *Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety*. 2019. С. с.47.