

УДК: 504.453.556.531(477.64)

ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ ВОДИ РІЧКИ КОНКА З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ ТЕСТ-СИСТЕМ

Костюченко Н.І., к.б.н. доц., Коваленко А.О., магістрант

Запорізький національний університет, Україна, 69600, м. Запорозжя, вул. Жуковського, 66

Kostuchenko.zp@gmail.com

У статті наведено результати дослідження фітотоксичності води річки Конка в межах с. Кінські Роздори (Пологівський р-н Запорізької області).

Мета – оцінити вплив антропогенного навантаження на рівень загальної токсичності води річки Конка як показника її екологічного стану.

Методи. Для оцінки токсичності води використано метод біоіндикації довкілля за допомогою «ростового тесту». Апробовано рослинні тест-системи (*Cucumis sativus* L., *Phaseolus vulgaris* L.). Основними параметрами для оцінки ступеня токсичності води були обрані: енергія проростання насіння тест-об'єкта (%), довжина головного корінця та гіпокотіля. Для *Phaseolus vulgaris* L. додатково визначали об'єм кореневої системи, показники сирої та сухої маси рослин. Критерієм фітотоксичності була частка зниження довжини проростків і коренів рослин порівняно із контролем (стерильна водогінна вода).

Результати та висновки. Встановлено, що найбільш чутливою тест-системою щодо токсичності води є *Cucumis sativus* L., що дає змогу використовувати схожість його насіння як первинний тест-параметр для оцінки загальної токсичності природних вод. На основі визначення параметрів тест-об'єктів виявлено, що найвищий рівень пригнічення ростових процесів у досліджуваних рослин спостерігався при вирощуванні на воді зі створу № 4 (ділянка русла р. Конка нижче селітебної зони), що свідчить про токсичні властивості води.

Ключові слова: *Cucumis sativus* L., *Phaseolus vulgaris* L., ростовий тест, тест-об'єкт, фітотоксичність, фітоіндикація.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ РЕЧКИ КОНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТЕСТ-СИСТЕМ

Костюченко Н.И., Коваленко А.А.

Запорожский национальный университет, Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковского, 66

В статье приведены результаты исследований фитотоксичности воды речки Конка в пределах с. Конские Раздоры (Пологовский р-н Запорожской области).

Цель – оценить влияние антропогенной загрузки на степень токсичности воды речки Конка как показателя ее экологического состояния.

Методы. Для оценки токсичности воды использовали метод биоиндикации природной среды с помощью «ростового теста». Апробированы тест-системы растений (*Cucumis sativus* L., *Phaseolus vulgaris* L.). Основными параметрами для оценивания степени токсичности воды были выбраны: энергия прорастания семян тест-объекта (%), длина главного корня и гипокотыля. Для *Phaseolus vulgaris* L. дополнительно определяли объем корневой системы, показатели сырой и сухой массы растений. Критерием фитотоксичности было снижение длины проростков и корней по сравнению с контролем (стерильная водопроводная вода).

Результаты и выводы. Установлено, что более чувствительной тест-системой относительно токсичности воды является *Cucumis sativus* L., что позволяет использовать всхожесть его семян в качестве первичного тест-параметра для оценки общей токсичности природных вод. На основе определения параметров тест-объектов выявлено, что наиболее высокий уровень угнетения ростовых процессов у опытных растений наблюдался при выращивании на воде створа № 4 (участок русла р. Конка ниже селитебной зоны), что свидетельствует о токсичных свойствах воды.

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., *Phaseolus vulgaris* L., ростовой тест, тест-объект, фитотоксичность, фитоиндикация

EVALUATION OF THE TOXIC LEVEL OF RIVER KONKA USING PLANT TEST SYSTEMS

Kostyuchenko N.I., Kovalenko A.O.

Zaporizhzhya national university, Ukraine, 69600, Zaporizhzhya, Zhukovskogo Street, 66

The article presents results of the study phytotoxicity in the river Konka near the village Konsky Rozdory (Zaporozhye region Pologovskii district).

Small rivers - are important components of the natural environment, they play a great role in the life and economic activities of people. A water resource of small rivers is one part of all water resources. Small rivers in our time suffer from excessive anthropogenic load. There is also significant increase of irreversible water consumption. Due to an uncontrolled water use, many small rivers dry out, silt up and disappear altogether. Also, it was noted a widespread pollution of the water and bottom sediments of the rivers with household wastewater, which contains excessive amounts of organic compounds, biogenic elements, pesticides and heavy metals. Violation of the natural conditions for the formation of river runoff, hydrological regime of the river valley changes the exchange between nonliving and living components of the ecosystem, as a result it ceases to function as a unit. An analysis of the ecological status of water objects, small rivers of Ukraine in particular, located in territories with different levels of anthropogenic loading, is necessary for environmental assessment of the quality of water and the sanitary and hygienic state of natural hydrobiogeocoenoses.

One of the leading biological methods for assessing the status of reservoirs is phytoindication. The basis of phytotesting is the sensitivity of plants to exogenous chemical effects, which can be notice in the changes of growth or morphological characteristics. The main requirements for the application of the phytotesting method are: time, availability and ease of experiments, reproducibility and reliability of the results, profitability. Latest information on the phytotoxicity of contaminated water can be obtained using test objects (seeds and seedlings of plants) and various test indicators (dynamics of seed germination, percentage of sprouting, length of the main and lateral roots, height of the sprout, etc.).

The goal of the study is to evaluate the impact of anthropogenic load on the level of total toxicity of the river Konka as an indicator of its ecological status.

Methods. To assess the toxicity of water was used method of bioindication of the environment through the "growth test". Plant test systems were approbated (*Cucumis sativus* L., *Phaseolus vulgaris* L.). The main parameters for assessing the degree of toxicity of water were selected: seed germination energy of the tested object (%), length of the root and sprouts. For *Phaseolus vulgaris* L. was additionally determined the volume of the root system, the index of raw and dry weight of plants. The criterion of phytotoxicity was the proportion of reduction in the length of seedlings and roots of plants compared to control (gnotobiotic urban water).

Results and conclusions. According to the results of our research, the level of cucumber seeds' sprouting, which were germinated on water from samples № 1, № 2 and № 3, was at the level with the test control (urban water) and was 96-98%. The oppressive effect on the test culture was observed only in the version with samples of water taken from the sample № 4 (the channel of the river Konka below the residential zone), where the inhibitory effect was 12%. It was found that water from the studied areas of the channel of river Konka practically did not affect the cucumber seeds' sprouting, but inhibited the processes of plant development. The best growth morphometric parameters of *Cucumis sativus* L. were observed in the control variant. Were established the reliable differences between the morphometric parameters of tested plants *Cucumis sativus* L. from the test control. Thus, the height of seedlings and the length of the root in the control exceeded 12.20 - 20.34% and 1.77-13.8%, respectively, the indices of tested plants that were germinated on river water. The lowest morphometric indices and the greatest inhibitory effect were recorded for tested plants grown on water from the sample № 4. This could be due to a high level of anthropogenic impact.

The analysis of morphometric indices of tested plants *Phaseolus vulgaris* L. did not show a significant difference with the test-control for plant height and root length. The true difference with the control over the raw and dry weight of plants, as well as the volume of the root system, was established only for bean plants grown on samples of water from № 4. Determination of the phytotoxic effect has shown that the level of inhibition of growth processes of phytoindicator *Cucumis sativus* L. determine the toxicity of water at a weak level. Levels of suppression of plant growth processes of phytonindicator *Phaseolus vulgaris* L., cultivated on water from samples № 1-3, indicate the toxicity of water at a weak level, and the toxicity of water from sample № 4 is at an average level. An increase in the phytotoxic effect of water along the channel of the river Konka can be explained due to an increase of the anthropogenic load on the ecosystem, namely: use of water for watering, cattle grazing, pollutants from land plots, garbage discharge to the river.

Thus, the established indicators of the phytotoxic effect of the water under study shows an increase in toxicity and a decrease in the quality of water along the channel of the river Konka, and inhibition of the growth and development of tested plants is proportional to the degree of anthropogenic pollution.

It was established that the most sensitive test system to water toxicity is *Cucumis sativus* L., which makes it possible to use the sprouting of its seeds as the primary test parameter for assessing the total toxicity of natural waters. On the basis of determining the parameters of tested objects, it was found that the highest level of inhibition of growth processes in the investigated plants was observed in case of growing on the water from sample № 4 (the section of the channel river Konka below the residential zone), which indicates the toxic properties of water. The results obtained can be used for further monitoring of the river Konka and for technological solutions for improving its ecological status.

Key words: *Cucumis sativus* L., *Phaseolus vulgaris* L., growth test, tested object, phytotoxicity, phytoindication.

ВСТУП

Однією з головних глобальних проблем сучасності є проблема води. З розвитком промисловості, створенням нових водомістких виробництв, розширенням зрошуваних площ та інтенсифікацією сільського господарства, зростанням населення та урбанізації споживання води неухильно збільшується. Зростання антропогенного навантаження на довкілля пов'язане з надходженням різного виду поллютантів у атмосферу, ґрунт, поверхневі та підземні води, роблячи їх не тільки непридатними, але й шкідливими для використання [1].

Малі річки – один із важливих компонентів природного середовища, вони мають велике значення у житті та господарській діяльності людей. Водні ресурси малих річок є складовою частиною загальних водних ресурсів [2]. Малі річки в наш час потерпають від надмірного антропогенного навантаження. Відзначається значне збільшення безповоротного водоспоживання. Через безконтрольний забір води багато малих річок пересихають, замулюються і взагалі зникають [1]. Відмічено повсюдне забруднення води і донних відкладень річок господарсько-побутовими стоками, які вміщують надмірну кількість органічних сполук та біогенних елементів, пестицидів, важких металів. Порушення природних умов формування річкового стоку, гідрологічного режиму річкової долини змінює обмін між неживою та живою компонентами екосистеми внаслідок чого екосистема річки перестає функціонувати як єдине ціле [2]. Аналіз екологічного стану водних об'єктів, зокрема малих річок України, розташованих на територіях з різним рівнем антропогенного навантаження, є необхідною умовою екологічної оцінки якості води та санітарно-гігієнічного стану природних гідробіогеоценозів [3].

Річка Конка (Кінська) є найбільшою лівою притокою Дніпра. Довжина річки складає 149 км, площа водозбірного басейну 2600 км². Вона бере початок на північно-західних окраїнах Приазовської височини в межах Куйбишевського району, недалеко від Могили Бельмак і витікає у вигляді двох річок – Сухої і Мокрої Конки, що зливаються в одне русло поблизу с. Кінські Роздори. Прямуючи на північний захід, вона приймає на своєму шляху зліва (нижче м. Пологи) р. Ожерельну і р. Токмачку (поблизу Білогір'я), а з правого боку (нижче м. Оріхова) – р. Жеребець. Нині Конка впадає в Каховське водосховище біля с. Малокатеринівка. Зараз ця річка є маловодною і влітку нерідко в багатьох місцях пересихає [4].

Одним із провідних біологічних методів оцінки стану водойм є фітоіндикація. В основі фітотестування є чутливість рослин до екзогенного хімічного впливу, що виявляється у зміні ростових і морфологічних характеристик. Основними вимогами до застосування методу фітотестування є: експресність, доступність і простота експериментів, відтворюваність і достовірність отриманих результатів, економічність [5]. Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненої води можна отримати, використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) і різноманітні тест-показники (динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, висота пагона тощо) [6]. Біотестування вивчає реакції тест-об'єктів – організмів, які розміщені в досліджуваному середовищі [7].

Метою даної роботи було оцінити вплив антропогенного навантаження на рівень загальної токсичності води річки Конка як показника її екологічного стану.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводили в червні 2017 року на базі кафедри загальної та прикладної екології і зоології Запорізького національного університету. Аналізували воду, що відбирали з чотирьох моніторингових точок вздовж русла річки Конки в межах с. Кінські-Роздори (рис. 1). Створ № 1 – русло річки Конка, що знаходиться поза зоною антропогенного впливу (степовий біогеоценоз); створ № 2 – штучна водойма площею 49,269 га «Стара Дамба», що має рибогосподарське та рекреаційне навантаження, яка знаходиться на відстані 1,5 км від створу № 1. Створ № 3 і створ № 4 – русло річки Конка, що знаходиться на відстані відповідно 4 км та 5 км нижче за течією від створу № 2. Створи № 3 та 4 знаходяться в межах селітебної зони та зазнають впливу господарської діяльності (забір води для поливу земельних ділянок, випас та напування худоби та інше).



А



Б



В



Г

Рисунок 1 – Точки відбору проб: А – створ № 1; Б – створ № 2; В – створ № 3; Г – створ № 4.

Відбір проб води проводили в стерильні скляні пляшки з притертими пробками об'ємом 500 мл., на яких позначали дату і номер відібраної проби [8, 9]. Для отримання достовірних результатів відбір проб води проводили при стійких погодних умовах між 8 та 16 годинами на відстані 0,5-1,5 м від урізу води.

У лабораторних умовах вивчали загальну токсичність води за методикою оцінки токсичності водних джерел за допомогою «ростового тесту» [8, 9] на основі обліку змін морфометричних показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних пробах води. Як відомо, цей метод біотестування ґрунтуються на вивченні особливостей зворотної реакції тест-організмів на комплексну дію негативних факторів і дозволяють визначити рівень екологічної безпеки, встановити ступінь токсичності середовища, а також оцінити не тільки пригноблюючу дію різних забруднювачів на рослини, але й стимулювальну [8].

У якості тест-об'єктів використовували насіння огірка посівного (*Cucumis sativus* L.) і квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.). Насіння огірка пророщували в чашках Петрі, використовуючи диски фільтрувального паперу, зволоженого 5-7 мл води з досліджуваних джерел (по 50 насінин у кожній чашці) впродовж 3 діб. Насіння квасолі попередньо замочували, потім пророщували в пробірках з досліджуваною водою. Контроль - стерильна водогінна вода. Морфометричні параметри тест-рослин *Cucumis sativus* L. вимірювали на третій день пророщування; а тест-рослин *Phaseolus vulgaris* L. – на десятий день пророщування.

Основними параметрами для оцінки ступеня токсичності проб води були обрані: відсоток енергії проростання насіння тест-культури (%), довжина корінця та гіпокотіля. Фітотоксичний ефект визначали у відсотках за довжиною кореневої та стеблової системи [8, 10]. Для *Phaseolus vulgaris* L. додатково визначали об'єм кореневої системи, показники сирої та сухої маси рослин. Після проведення вимірювань для кожного з досліджуваних варіантів обчислювали середню довжину гіпокотіля і головного кореня. Достовірність різниці середніх арифметичних розраховували за критерієм Ст'юдента-Фішера [8]. Якщо фактично встановлена величина t більше або дорівнювала критичному (стандартному) значенню t_{st} робили висновок про існування статистично достовірної різниці між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах. Якщо ж фактична величина t менша за t_{st} , різницю між середніми вважали статистично недостовірною. Рівень токсичності досліджуваної води визначали за шкалою (табл. 1).

Таблиця 1 – Шкала рівнів токсичності води [11]

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0 – 20	Відсутність або слабкий рівень
20,1 – 40	Середній рівень
40,1 – 60	Вище середнього рівня
60,1 – 80	Високий рівень
80,1 – 100	Максимальний рівень

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Метод визначення фітотоксичності води заснований на здатності тест-об'єктів, зокрема, проростків огірка та квасолі, реагувати на наявність різного роду забруднення води, у якій пророщують насіння. За результатами наших досліджень рівень схожості насіння огірка, що пророщувались на воді зі створів № 1, № 2 і № 3, був на рівні з тест-контролем (водогінна вода) і становив 96-98 % (рис. 2). Пригноблююча дія на тест-культуру спостерігалася лише у варіанті з пробами води, відібраних зі створу № 4, де гальмувальний ефект становив 12 % (рис. 2).

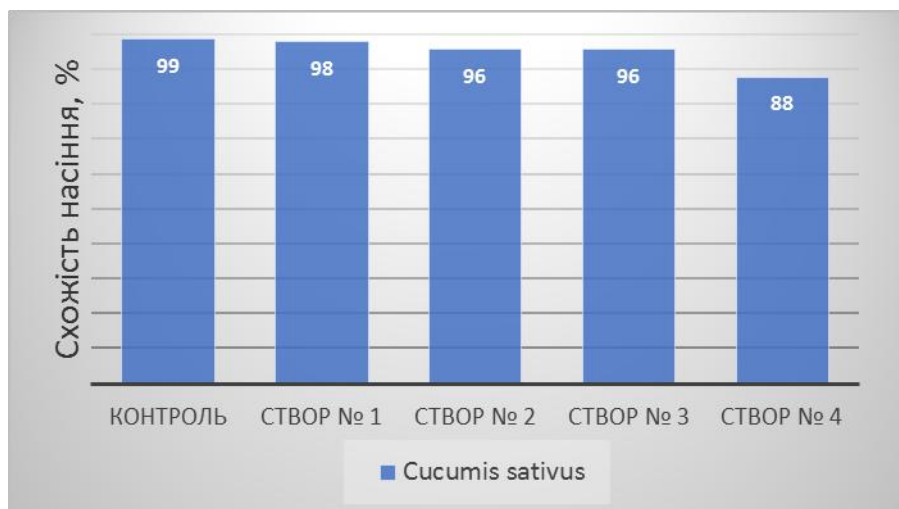


Рисунок 2 – Показники схожості насіння (%) *Cucumis sativus* L. на воді з досліджуваних ділянок

Виявлено, що вода з досліджуваних ділянок русла р. Конка практично не впливала на схожість насіння огірка, проте пригнічувала процеси розвитку рослин (рис. 3-4). Найкращі показники росту за морфометричними параметрами *Cucumis sativus* L. спостерігалися в контрольному варіанті (табл. 2). Середні показники росту контрольних рослин становили 1,72 см, а коренів – 2,82 см. Встановлено достовірні відмінності морфометричних параметрів тест-рослин *Cucumis sativus* L. від тест-контроля. Так, висота проростків і довжина кореня в контролі перевищувала на 12,20 – 20,34 % і 1,77 – 13,8 % відповідно показники тест-рослин, що пророщувались на річковій воді. Найнижчі морфометричні показники (середня довжина гіпокотіля 1,37 см, кореня – 2,43 см) і найбільший гальмувальний ефект зафіксовані для тест-рослин, що вирощувались на воді зі створу № 4. Висота проростків і довжина коренів тест-рослин була меншою відповідно на 20,34 і 13,8% порівняно з контролем, що може бути обумовлено високим рівнем антропогенного впливу.

Значення t -критерію в створах № 2, № 3 та № 4 (тест-культура *Cucumis sativus* L.) $> t_{st} = 2,0$ свідчить, що отримані результати достовірно відрізняються від контрольного варіанту, отже, ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді, відібраних на цих ділянках, дійсно пригноблені, а вода має токсичні властивості.



А



Б



В



Г



Д

Рисунок 3 – Морфометричні показники тест-рослин *Cuscutis sativus* L.: А – контроль; Б – створ № 1; В – створ № 2; Г – створ № 3; Д – створ № 4



А



Б



В



Г



Д

Рисунок 4 – Морфометричні параметри тест-культури *Phaseolus vulgaris* L.:
А – контроль; Б – створ № 1; В – створ № 2; Г – створ № 3; Д – створ № 4

Таблиця 2 – Морфометричні показники тест-рослин *Cucumis sativus* L. і *Phaseolus vulgaris* L.

Варіант	Показник	Дисперсія	Середнє ($x_{\text{сеп}} \pm m$)	t - критерій
<i>Cucumis sativus</i> L.				
Контроль	Висота рослин, см	0,18	1,72±0,042	-
	Довжина коренів, см	0,68	2,82±0,082	-
Створ № 1	Висота рослин, см	0,25	1,51±0,05	1,31
	Довжина коренів, см	0,71	2,77±0,084	0,42
Створ № 2	Висота рослин, см	0,25	1,43±0,05	4,5
	Довжина коренів, см	0,42	2,56±0,064	2,5
Створ № 3	Висота рослин, см	0,19	1,37±0,044	5,83
	Довжина коренів, см	0,65	2,52±0,08	2,72
Створ № 4	Висота рослин, см	0,2	1,37±0,045	5,7
	Довжина коренів, см	0,7	2,43±0,083	3,36
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.				
Контроль	Висота рослин, см	14,53	18,47±1,2	-
	Довжина коренів, см	1,032	7,22±0,32	-
Створ № 1	Висота рослин, см	45,56	16,12±2,13	0,96
	Довжина коренів, см	0,63	6,35±0,25	2,14
Створ № 2	Висота рослин, см	51,35	16,54±2,26	0,75
	Довжина коренів, см	7,49	7,14±0,86	0,08
Створ № 3	Висота рослин, см	54,56	16,16±2,33	0,88
	Довжина коренів, см	4,71	7,0±0,68	0,29
Створ № 4	Висота рослин, см	61,5	13,78±2,47	1,70
	Довжина коренів, см	7,22	6,43±0,84	0,87

Проведений аналіз морфометричних показників тест-рослин *Phaseolus vulgaris* L. не показав достовірної різниці з тест-контролем за висотою рослин і довжиною коренів (див. табл. 2). Достовірна різниця з контролем за показниками сирі і сухої маси рослин, а також за об'ємом кореневої системи, була встановлена лише для рослин квасолі, що вирощувались на пробах води зі створу № 4 (табл. 3). Так, встановлено, що за показниками сирі маси тест-рослини *Phaseolus vulgaris* L. відрізнялись від контролю на 0,79 г, за сухою масою на 0,1 г, за об'ємом кореневої системи на 0,27 мг, що становило відповідно в 1,5, 1,6 та 1,7 рази.

 Таблиця 3 – Середні показники сирі і сухої маси та об'єму кореня *Phaseolus vulgaris* L.

Варіант	$x_{\text{сеп}}$ сирі маси, г	$x_{\text{сеп}}$ сухої маси, г	$x_{\text{сеп}}$ об'єму кореня, мл
Контроль	2,51	0,26	0,68
Створ № 1	2,42	0,26	0,50
Створ № 2	2,47	0,25	0,57
Створ № 3	2,47	0,25	0,50
Створ № 4	1,72	0,16	0,41

Визначення фітотоксичного ефекту показало, що рівні пригнічення ростових процесів фітоіндикатора *Cucumis sativus* L. були у межах від 6,99 до 17,08 %, що визначає токсичність води на слабкому рівні (див. табл. 1). За даними таблиці 4, рівні пригнічення ростових процесів фітоіндикатора *Phaseolus vulgaris* L., що вирощувались на воді зі створів № 1-3, свідчать про токсичність води на слабкому рівні, а токсичність води зі створу № 4 знаходиться на середньому рівні (28,92 %). Збільшення фітотоксичного ефекту води вздовж

русла річки Конка можна пояснити збільшенням антропогенного навантаження на екосистему, а саме: використання води для поливу, випас худоби, привнесення з земельних ділянок забруднюючих речовин, викид сміття до річки.

Таблиця 4 – Фітотоксичний ефект досліджуваної води, %

Параметр	Фітотоксичний ефект, %			
	Створ № 1	Створ № 2	Створ № 3	Створ № 4
<i>Cucumis sativus</i> L.				
ФЕ ₁ (за висотою рослин)	12,2	17,05	20,34	20,35
ФЕ ₂ (за довжиною коренів)	1,78	9,21	10,63	13,83
ФЕ _{ср}	6,99	13,13	15,48	17,08
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.				
ФЕ ₁ (за висотою рослин)	12,72	10,44	12,5	25,3
ФЕ ₂ (за довжиною коренів)	12,04	1,10	3,04	10,94
ФЕ ₃ (за сирою масою)	3,58	1,59	1,59	31,31
ФЕ ₄ (за сухою масою)	0	0	0,77	37,35
ФЕ ₅ (за об'ємом кореневої системи)	26,47	16,17	26,47	39,7
ФЕ _{ср}	10,96	5,86	8,87	28,92

Отже, встановлені нами показники фітотоксичного ефекту досліджуваної води свідчать про збільшення токсичності та зниження якості води вздовж русла річки Конка, а гальмування росту та розвитку тест-рослин пропорційне ступеню антропогенного забруднення.

Таким чином, на основі визначення параметрів тест-об'єктів виявлено, що найвищий рівень гальмування ростових процесів у досліджуваних рослин спостерігався при вирощуванні на воді зі створу № 4 (ділянка русла р. Конка нижче селітебної зони), що свідчить про токсичні властивості води. Нашими дослідженнями встановлено що найбільш чутливою тест-системою щодо токсичності природної води є *Cucumis sativus* L., що дає змогу використовувати схожість його насіння як первинний тест-параметр для оцінки загальної токсичності природних вод. Отримані результати можуть бути використанні при подальшому моніторингу річки Конка та для технологічних рішень щодо покращення її екологічного стану.

ВИСНОВКИ

1. Виявлено, що вода з досліджуваних ділянок русла р. Конка практично не впливала на схожість насіння огірка (*Cucumis sativus* L.). Пригноблююча дія на тест-культуру спостерігалася лише у варіанті з пробами води, відібраних зі створу № 4, де гальмувальний ефект становив 12 %.
2. Встановлено, що найвищий рівень гальмування ростових процесів у тест-об'єктів *Cucumis sativus* L. і *Phaseolus vulgaris* L. спостерігався при вирощуванні на воді зі створу № 4, що свідчить про токсичні властивості води.
3. Найбільш чутливою тест-системою щодо токсичності природної води є *Cucumis sativus* L., що дає змогу використовувати схожість його насіння як первинний тест-параметр для оцінки загальної токсичності природних вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Санітарно-гігієнічні проблеми середніх і малих річок тернопільщини як джерел водопостачання / [В.А. Кондратюк, О.В. Лотоцька, Г.А. Крицька, В.О. Паничев, Л.А. Безрука та ін.] // Вода : гігієна і екологія. – 2013. – № 3-4(1). – С. 33–46.
2. Домбровський К.О. Технологічні рішення щодо розчистки русел малих річок для охорони земель від підтоплення та відновлення порушених водотоків / К.О. Домбровський, К.С. Крупей // Актуальні питання біології, екології та хімії. Розділ: Охорона навколишнього середовища та раціональне природокористування. – 2012. – № 2. – С. 83–88.
3. Біомоніторинг екологічного стану природних водойм / [Т.В. Багдай, Н.Є. Панас, Г.Л. Антоняк, О.Є. Бубис] // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. Серія Екологія, гігієна тварин. – 2016. – Том 18, № 1 (65). – Частина 3. – С. 190–194.
4. Петроченко В. І. Природа Запорізького краю: Довідник / В.І. Петроченко. – Запоріжжя: «Тандем Арт Студія», 2009. – 200 с.
5. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів / [З.М. Бешлей, С.В. Бешлей, В.І. Баранов, О.І. Терек] // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. – 2014. – Вип. 1 (31). – С. 97–102
6. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів // [М. Горон, Н. Джура, О. Романюк, Л. Шевчук, Н. Сенечин, О. Терен] // Вісн. Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2012. – Вип. 58. – С. 185–192.
7. Моніторинг довкілля: конспект лекцій / укладач Л.Л. Гурець. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – 250 с.
8. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / [А.І. Горова, А.В. Павличенко, О.О. Борисовська та ін.]. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2014. – 76 с.
9. Антипчук, А. Ф. Водна мікробіологія: навчальний посібник для підготовки фахівців в аграр. вузах II-IV рівнів акред. з напрямку 1302 «Водні біоресурси» / А.Ф. Антипчук, І.Ю. Кіреєва. – К.: Вид-во НАУ, 2003. – 224 с.
10. Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Высш. школа, 1998. – 287 с.
11. Руденко С.С. Загальна екологія: практичний курс / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. – Ч. 1. – Чернівці.: Рута, 2003. – 320 с.

REFERENCES

1. Canitarno-gigienichni problemy serednikh i malykh richok ternopilshchyny yak dzherel vodopostachannia / [V.A. Kondratiuk, O.V. Lototska, H.A.Krytska, V.O. Panychev, L.A. Bezruka ta in.] // Voda : gigiena i ekologiya. – 2013. – №3-4(1). – S. 33–46.
2. Dombrovskiy K.O. Tekhnolohichni rishennia shchodo rozchystky rusel malykh richok dlia okhorony zemel vid pidtoplennia ta vidnovlennia porushenykh vodotokiv / K.O. Dombrovskiy, K.S. Krupyey // Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii. Rozdil: Okhorona navkolyshnoho seredovyscha ta ratsionalne pryrodokorystuvannia. – 2012. – №2. – S. 83–88.
3. Biomonitorynh ekolohichnoho stanu pryrodnykh vodoim / [T.V. Bahdai, N.Ie. Panas, H.L. Antoniak, O.Ie. Bubys] // Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho. Seriiia Ekolohiia, hihiiena tvaryn. – 2016. – Tom 18, № 1 (65). Chastyna 3. – S. 190–194.
4. Petrochenko V. I. Pryroda Zaporizkoho kraiu: Dovidnyk / V.I. Petrochenko. – Zaporizhzhia: «Tandem Art Studiia», 2009. – 200 s.
5. Vykorystannia roslynnykh test-system dlia otsinky toksychnosti tekhnohenko zabrudnenykh substrativ / [Z.M. Beshlei, S.V. Beshlei, V.I. Baranov, O.I. Terek] // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia biolohiia. – 2014. – Vyp. 1 (31). – S. 97–102.
6. Fitotestuvannia yak ekspres-metod otsinky toksychnosti naftozabrudnenykh gruntiv // [M. Horon, N. Dzhura, O. Romaniuk, L. Shevchuk, N. Senechyn, O. Teren] // Visn. Lviv. un-tu. Seriiia biolohichna. – 2012. – Vyp. 58. – S. 185–192.
7. Monitorynh dovkillia: konspekt leksii / ukladach L.L. Hurets. – Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet, 2016. – 250 s.
8. Bioindykatsiia. Metodychni rekomendatsii do vykonannia laboratornykh robit studentamy napriamu pidhotovky 6.040106 «Ekolohiia, okhorona navkolyshnoho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia» / [A.I. Horova, A.V. Pavlychenko, O.O. Borysovska ta in.]. – Dnipropetrovsk.: Natsionalnyi hirnychi universytet, 2014. – 76 s.
9. Antypchuk, A. F. Vodna mikrobiolohiia: navchalnyi posibnyk dlia pidhotovky fakhivtsiv v ahrar. vuzakh II-IU rivniv akred. z napriamku 1302 «Vodni bioresursy» / A.F. Antypchuk, I.Iu. Kirieieva. – K.: Vyd-vo NAU, 2003. – 224 s.
10. Lozanovska I.N. Ekolohiia i okhorona biosfery pry khimichnomu zabrudnenni / I.N. Lozanovska, D.S. Orlov, L.K. Sadovnikova. – Moskva: Vyshch. shk., 1998. – 287 s.
11. Rudenko S.S. Zahalna ekolohiia: praktychnyi kurs / S.S. Rudenko, S.S. Kostyshyn, T.V. Morozova. – Ch. 1. – Chernivtsi : Ruta, 2003. – 320 s.

Рецензенти: Єрємiна к.б.н., ст. викл. кафедри мікробіології, вірусології та імунології
Запорізького державного медичного університету

Войтович О.М., к.б.н., доцент кафедри садово-паркового господарства та
генетики ЗНУ