

*В.В. Попович, канд. с.-г. наук, доцент  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### **БІОІНДИКАЦІЯ ТЕХНОГЕННИХ ЕДАФОТОПІВ ЛЬВІВСЬКОГО МІСЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕСТУ НА КРЕС-САЛАТ**

У роботі використано метод біоіндикації доквілля за допомогою тесту на крес-салат для виявлення ступеня техногенної небезпеки едафотопів Львівського міського сміттєзвалища. Встановлено, що найбільш техногенно забрудненими ділянками Львівського міського сміттєзвалища виявилися підніжжя сміттєзвалища на березі водойм з фільтратом, за 20 м на захід від поверхні та за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища. Також визначалися розміри особин у кожній пробі – середня довжина стебла та кореня, максимальні та мінімальні значення стебла та кореня.

**Ключові слова:** сміттєзвалище, біоіндикація, техногенний едафотоп, крес-салат.

*В. В. Попович*

### **БИОИНДИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЭДАФОТОПОВ ЛЬВОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ СВАЛКИ С ПОМОЩЬЮ ТЕСТА НА КРЕСС-САЛАТ**

В работе использован метод биоиндикации окружающей среды с помощью теста на кресс-салат для выявления степени техногенной опасности эдафотопов свалки. Установлено, что наиболее техногенно загрязненными участками свалки оказались подножия на берегу водоемов с фильтратом, 20 м к западу от поверхности и в 100 м к востоку от подножия свалки. Также определялись размеры особей в каждой пробе – средняя длина стебля и корня, максимальные и минимальные значения стебли и корня.

**Ключевые слова:** свалка, биоиндикация, техногенный эдафотоп, кресс-салат.

*V. V. Popovych*

### **BIOINDICATION OF TECHNOGENIC EDAPHOTOPES ON LVIV CITY LANDFILL THROUGH *LEPIDIUM SATIVUM* TEST**

Methods of environment bioindication using lepidium sativum test have been used to identify the degree of edaphotopes hazard on Lviv city landfill. The most technologically contaminated sites were the bottoms on the banks of the filtrate basins, 20 m to the west from the surface and 100 m east from the bottom of the landfill. The size of individuals in each sample (the average length of stem and root, maximum and minimum lengths of stem and root) have been measured.

**Key words:** landfill, bioindication, technogenic edaphotope, *Lepidium sativum*.

**Постановка проблеми.** Екологічну небезпеку, або ризик, слід оцінювати з урахуванням не тільки характеру і сили антропогенного впливу, а й біологічних властивостей системи. Відповідно до цього є дві групи методів екологічного контролю: фізико-хімічні та біологічні (біотестування). Кожен з видів контролю має свої обмеження. Для більш якісної оцінки і прогнозу стану природного середовища необхідне їх поєднання. Таким чином, фізико-хімічний і біологічний контроль доповнюють один одного [1].

В основі екологічного моніторингу токсичного забруднення ґрунту з використанням біологічних тест-об'єктів лежить уявлення про те, що ґрунт, як середовище існування, становить єдину систему, яку населяють популяції різних організмів. Забруднення ґрунту викликається різними за масштабом і територіальним поширенням полютантами, що впливають на

грунт, ґрунтову біоту, сукупний стан ґрунтової екосистеми. Забруднення ґрунту може вплинути на її структуру, прозорість, щільність горизонтів, що може зменшувати аерацію і дренаж. Це призводить до утруднення проростання насіння і проникнення коренів у ґрунт, уповільнення росту коренів і пагонів. Для визначення цих змін використовується широкий набір біологічних методів [2-4].

Загальновідомо, що ґрунтоутворювальні процеси на субстратах звалищ протікають повільно. Це, насамперед, негативно впливає на розвиток рослинності, яка є основним засобом зниження техногенного пресингу небезпечних факторів звалищ. Біоіндикація техногенних едафотопів сміттєзвалищ дасть змогу встановити найбільш забруднені ділянки сміттєзвалищ та у подальшому запровадити комплекс інженерно-технічних природоохоронних заходів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В Україні та за кордоном біотестування довкілля за допомогою рослинних тест-організмів розповсюджене. Зокрема, у роботі [5] наведено результати тест-контролю довкілля у зоні функціонування атомної електростанції. У Нідерландах морфологічні індикатори використовуються в національній системі моніторингу та, завдяки цьому, отримано картосхеми антропогенного впливу на довкілля [6]. В Англії був виведений спеціальний сорт тютюну, який реагує на вміст озону у повітрі. Завдяки цьому створено карту Британських островів, де відзначено підвищений вміст озону [7]. Для дослідження токсичних речовин у ґрунтах міста використовували редис, овес, пшеницю та крес-салат і встановили, що найбільш чутливим до дії свинцю є крес-салат [8].

**Завдання дослідження.** Мета дослідження – здійснити біоіндикацію та аналіз токсичності едафотопів Львівського міського сміттєзвалища за допомогою тесту на крес-салат.

Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) – однорічна рослина з сімейства хрестоцвітих. Доросла рослина крес-салату сягає 60 см у висоту. Це холодостійка культура, оптимальна температура для її росту – близько +15-18°C. До вологості крес-салат помірно вибагливий, але хороший урожай отримують тільки на зволоженому ґрунті. У літні спекотні місяці рослини швидко переходять до стеблування. Рослина любить світло, особливо на ранніх етапах розвитку, хоча добре росте при частковому затіненні [2]. Для крес-салату найбільш придатні легкі родючі ґрунти (рН=6,5-6,8). Крес-салат, як біоіндикатор, зручний ще й тим, що дію стресів можна вивчати одночасно на великій кількості рослин при невеликій площі робочого місця (чашка Петрі) [2].

**Методика досліджень.** У дослідженнях проведено біотестування різних зразків едафотопу, визначаючи їх фітотоксичність методом проростання. Метод заснований на реакції тест-культури на наявність у ґрунті забруднюючих речовин. Дає змогу виявити токсичну (інгібуючу) дію тих чи інших речовин або стимулюючий вплив, що активізує розвиток тест-культур. У ході дослідження фіксується проростання, енергія проростання, довжина надземної і кореневої систем. Визначали токсичність едафотопів, забруднених небезпечними факторами сміттєзвалища за комплексом морфологічних і фізіологічних ознак крес-салату. Розвиток та енергію проростання насіння визначали за загальноприйнятими методиками (ГОСТ 12038-84, ISO 11269-1, ISO 11269-2).

Було взято 15 зразків субстрату з різних ділянок сміттєзвалища (та зони впливу) і один зразок із дендрарію Національного лісотехнічного університету України (контроль). На звалищі субстрат відбирався на ділянках, де спостерігались початкові ґрунтоутворювальні процеси. Місця відбору проб для індикації токсичності ґрунтів сміттєзвалища та дендрарію за допомогою тесту на крес-салат наведено у табл. 1. Висаджували по 10 насінин *Lepidium sativum* L. у чашки Петрі. Періодично проводився полив однаковими кількостями відстояної водопровідної води. Через 10 діб рослини були вибрані з субстрату. Протягом дослідження велися спостереження за такими показниками: час появи паростків і їх кількість на кожну добу; загальне проростання (до кінця дослідження); вимірювання довжини надземної частини (висота рослин); вимірювання довжини коренів.

## Міся відбору субстратів для біоіндикації

№ проби	Горизонт	Місцезнаходження ділянки
1.	$\frac{0-10}{10}$	поверхня сміттєзвалища, природний неорельєф
2.	$\frac{0-10}{10}$	за 20 м на захід від поверхні
3.	$\frac{10-20}{10}$	за 20 м на захід від поверхні
4.	$\frac{0-10}{10}$	середня частина північної експозиції схилу
5.	$\frac{10-20}{10}$	середня частина північної експозиції схилу
6.	$\frac{0-10}{10}$	підніжжя сміттєзвалища, зарощена ділянка
7.	$\frac{0-10}{10}$	за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища
8.	$\frac{10-20}{10}$	за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища
9.	$\frac{0-10}{10}$	за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища
10.	$\frac{10-20}{10}$	за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища
11.	$\frac{0-10}{10}$	поверхня сміттєзвалища, насипна ґрунтосуміш
12.	$\frac{0-10}{10}$	за 20 м на захід від поверхні, під наметом
13.	$\frac{0-10}{10}$	середня частина північної експозиції схилу
14.	$\frac{0-10}{10}$	підніжжя, на березі водойми із фільтратом
15.	$\frac{0-10}{10}$	за 300 м на схід від підніжжя сміттєзвалища
16.	$\frac{0-10}{10}$	дендрарій НЛТУ у м. Львів, вул. О. Кобилянської

Залежно від результатів дослідів виявлено чотири рівні забруднення досліджуваних едафотопів: I. Забруднення відсутнє – проростання насіння 90-100%; II. Слабке забруднення – проростання насіння 60-90%; III. Середнє забруднення – проростання насіння 20-60%; IV. Сильне забруднення – проростання насіння менше 20% [9, 10].

Досліди проводили в триразовою повторюваністю.

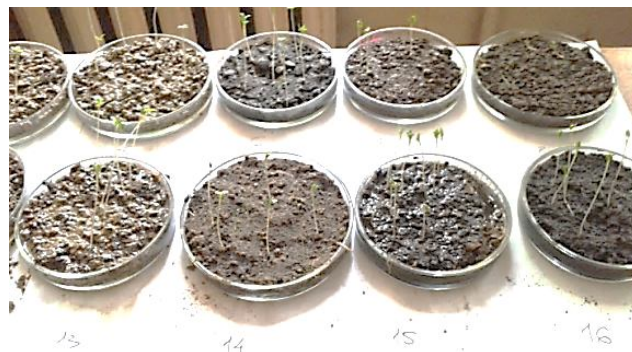
**Результати досліджень.** Ранню діагностику ступеня забруднення ґрунтів, яка використовує як тест-системи проростки крес-салату, можна успішно застосовуватися для оперативної оцінки впливу сміттєзвалищ, солей та інших забруднюючих речовин на активність проростання і розвитку тест-рослин [1, 2]. У нашому прикладі, при підвищенні концентрації небезпечних речовин у субстраті сповільнюється проростання насіння і знижується їх розвиток. На 3-й день проведення дослідів з'явилися перші паростки *Lepidium sativum* L. Слід зазначити, що за чисельністю найкращим розвитком відмічені проби №№ 3, 6, 10, 11 (3-4 особини проросли). Взагалі не проросло насіння крес-салату у пробах №№ 2, 4, 5, 7, 9, 15. На 6-й день проведення дослідів найкращого розвитку особини крес-салату набули у пробах №№ 3, 6, 11, 16 (7-8 особин набули росту). Найгіршого розвитку набули особини *Lepidium sativum*

L. у пробах №№ 2, 7, 8. Зокрема, у пробах 3, 7, 8, 9, 12 особини набули невеликого росту у порівнянні із іншими, недорозвинені, опалі, із найгіршим тургором.

Незважаючи на показники росту та розвитку крес-салату на 3-й та 6-й дні досліду, визначальними показниками є дані на 10-й день проведення дослідження. Найкращими показниками росту характеризуються проби №№ 6, 10, 11, 13, 15 (8-9 пророслих особин). Найгірші показники проростання показали проби №№ 2, 5, 7, 8, 14 (3-5 пророслих особин) (рис. 1, 2). Слід зазначити, що найкращого розвитку особини крес-салату набули на субстратах проби №13. Тут особини характеризуються високим ростом стебла, найбільшою довжиною коренів та найкращим тургором (рис. 1, 2).



**Рисунок 1** – Проростання крес-салату на 10-й день досліду (проби 1-4, 9-12)



**Рисунок 2** – Проростання крес-салату на 10-й день досліду (проби 5-8, 13-16)

Загальні дані про проростання особин *Lepidium sativum* L наведені на рис. 3. Рівні забруднення техногенних едафотопів сміттєзвалища наведені у табл. 2.

**Таблиця 2**

*Рівні забруднення техногенних едафотопів сміттєзвалища за даними тесту на крес-салат*

№ проби	Місцезнаходження	Рівень забруднення
1.	поверхня сміттєзвалища, природний неорельєф	слабке
2.	за 20 м на захід від поверхні	середнє
3.	за 20 м на захід від поверхні	слабке
4.	середня частина північної експозиції схилу	слабке
5.	середня частина північної експозиції схилу	середнє
6.	підніжжя сміттєзвалища, зарощена ділянка	слабке
7.	за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	середнє
8.	за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	середнє
9.	за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	слабке
10.	за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	слабке
11.	поверхня сміттєзвалища, насипна ґрунтосуміш	відсутнє
12.	за 20 м на захід від поверхні, під наметом	слабке
13.	середня частина північної експозиції схилу	слабке
14.	підніжжя, на березі водойми із фільтратом	середнє
15.	за 300 м на схід від підніжжя сміттєзвалища	слабке
16.	дендрарій НЛТУ у м. Львів, вул. О. Кобилянської	слабке

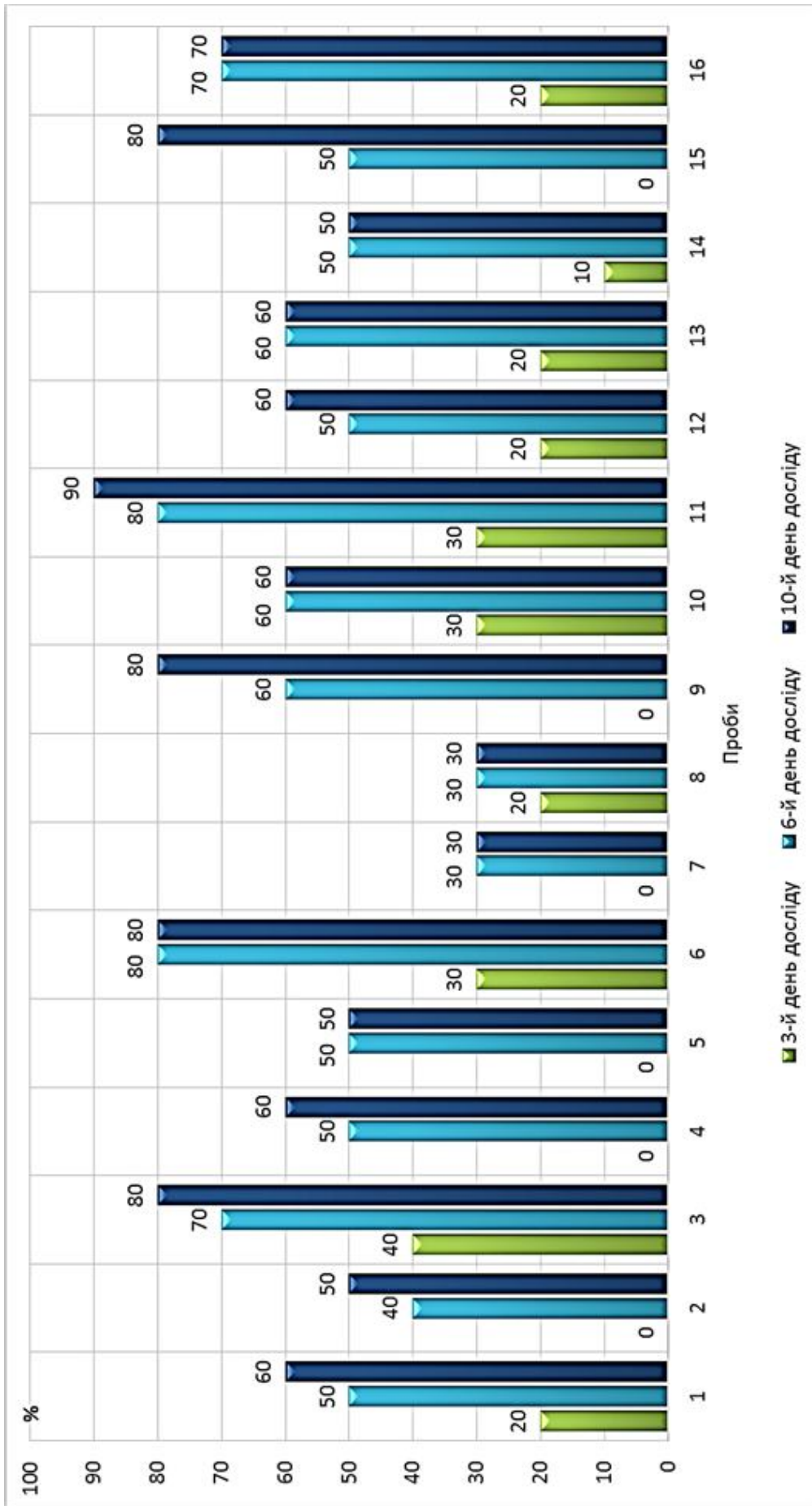


Рисунок 3 – Проростання крес-салату на техногенних едафотоплах сміттєзвалища, %

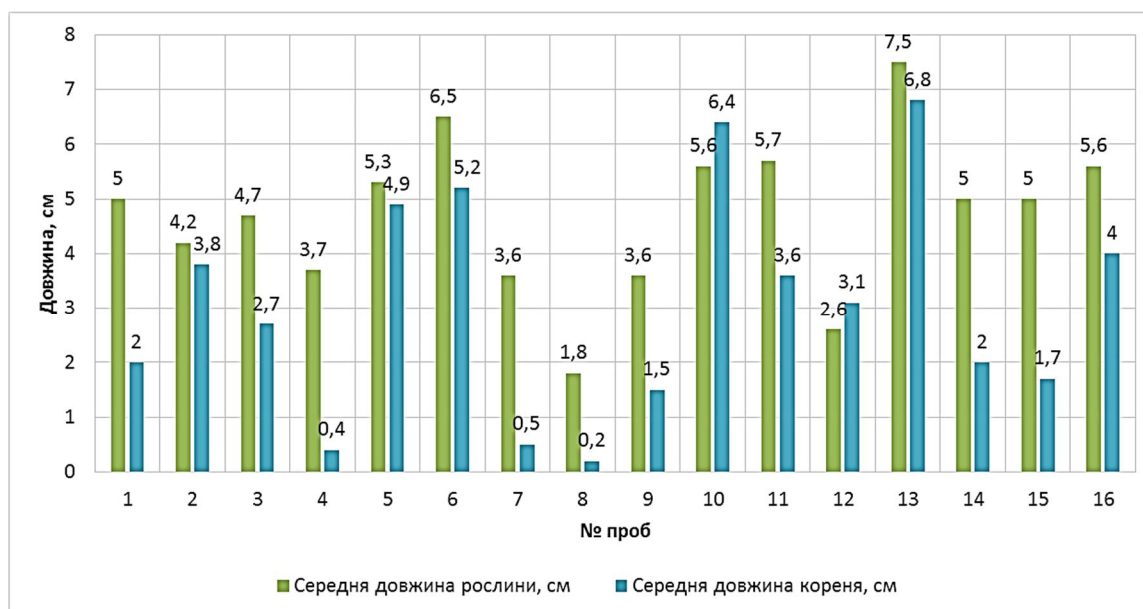
Таким чином, за даними тесту на крес-салат найбільш техногенно забрудненими ділянками Львівського міського сміттєзвалища виявилися підніжжя на березі водойм з фільтратом, за 20 м на захід від поверхні, за 100 м на схід від підніжжя сміттєзвалища.

Окрім встановлення рівня забруднення за даними проростання насіння крес-салату нами визначалися розміри особин у кожній пробі – середня довжина стебла та кореня, максимальні та мінімальні значення стебла та кореня (рис. 4).



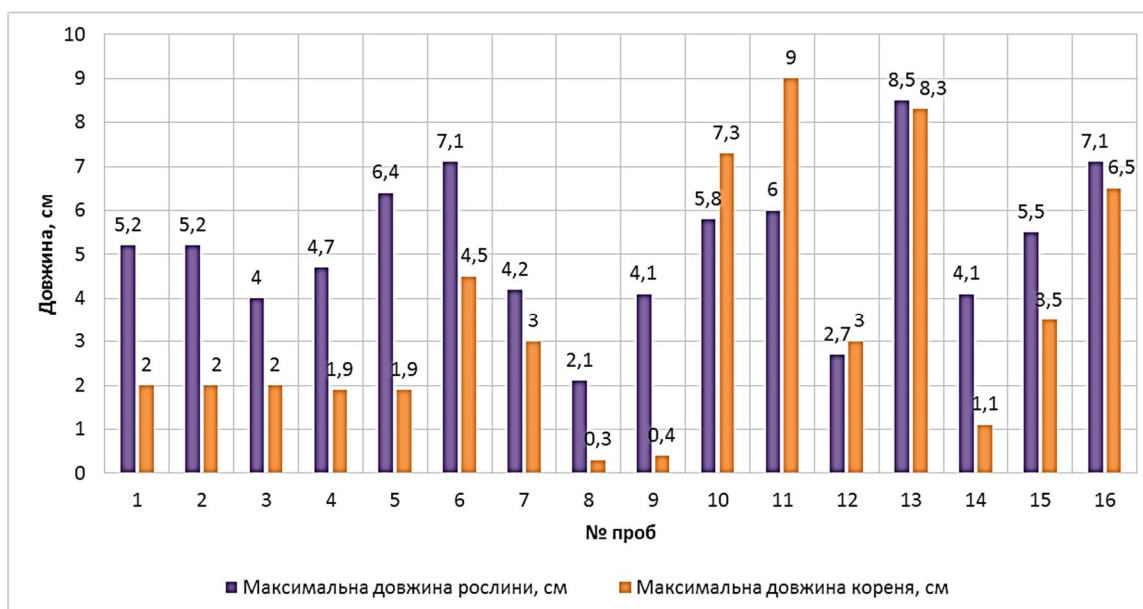
**Рисунок 4** – Вимірювання геометричних параметрів вирощених особин крес-салату

Найкращі показники росту за геометричними параметрами (без урахування кількості пророслих особин) крес-салату спостерігаються у пробі №13, яка відповідає середній частині північної експозиції схилу. Середні показники росту особин становили 7,5 см, а коренів – 6,8 см. Найнижчі особини зафіксовані за 100 м від підніжжя сміттєзвалища на глибині 10-20 см (ріст рослини 1,8 см, кореня – 0,2 см) (рис. 5).



**Рисунок 5** – Усереднені показники росту крес-салату та його коренів за пробами

Максимальні показники росту особини зафіксовані також у пробі №13 – 8,5 см. Максимальний ріст кореня зафіксований за 500 м на схід від підніжжя сміттєзвалища (рис. 6).



**Рисунок 6** – Максимальні показники росту крес-салату та його коренів за пробами

Мінімальні показники росту крес-салату та його коренів за пробами відповідають ділянці, яка розташована за 100 м на схід від підніжжя (зона аерації фільтратів) та ділянці за 20 м на захід від поверхні сміттєзвалища (рис. 7).



**Рисунок 7** – Мінімальні показники росту крес-салату та його коренів за пробами

**Висновок.** Дослідивши вплив едафічних умов на розвиток крес-салату встановлено, що найбільш техногенно небезпечними місцезростаннями є підніжжя Львівського сміттєзвалища та ділянки від 20 м до 100 м від його підніжжя. Найоптимальнішими умовами розвитку крес-салату є поверхневий шар едафотопу у середній частині північної експозиції схилу. Така ситуація пов'язана перш за все із тим, що з північного боку сміттєзвалища, внаслідок акумуляції вологи та низького рівня висушування приземного шару, накопичується значна кількість біомаси, яка розкладається із утворенням гумусу.

### Список літератури:

1. Кубрина Л. В. Анализ токсической активности снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке (кресс-салата (*Lepidium sativum* L.)) / Л. В. Кубрина // Омский научный вестник. – № 1 (104). – 2011. – С. 183-185.
2. Кубрина Л. В. Биомониторинг урбанизированных территорий на примере города Омска / Л. В. Кубрина // Естественные науки и экология : ежегодник ОмГПУ. – Омск, 2010. – Вып. 14. – С. 150–153.
3. Ларионов Н. С. Эколого-аналитическая оценка состояния компонентов природной среды в зоне влияния объектов размещения твердых бытовых отходов : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. хим. наук : спец. 03.00.16 “Экология” / Н. С. Ларионов. — Архангельск, 2009. — 22 с.
4. Любомирова В. Н. Комплексная оценка экологической опасности несанкционированных свалок твердых бытовых отходов в сельских районах Ульяновской области : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. биол. наук : спец. 03.02.08 “Экология (биология)” / В. Н. Любомирова. — Ульяновск, 2013. — 25 с.
5. Егорова Е. И. Проблемы экологической оценки состояния природной среды в районах размещения атомных электростанций / Е. И. Егорова, Г. В. Козьмин, А. И. Трофимов // Вестник Российской Академии Естественных Наук. — 2002. — №2. — С. 4-8.
6. Posthumus A.C. Morphological symptoms and yield alternations as criteria of evaluation in the monitoring of effect of air pollutants with plants / A. C. Posthumus // Monitoring of air pollutants with plants, Jank. Publ, 1982. — P. 73-77.
7. Schiele S. Einige charakteristische Merkmale der Chloroplastenfluoreszenz und ihre Anwendung zur Kennzeichnung SO<sub>2</sub> — Geschadigter Moose und Tabakblätter / S. Schiele, R. Weimann, K. H. Kreeb // Angew. Bot. — 1981. — №55. P. 169-177.
8. Шунелько Е. В. Экологическая оценка городских почв и выявления уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования / Е. В. Шунелько, А. И. Федорова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. География и экология. — 2000. — № 4. — С. 77-83.
9. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М.: «Владос», 2003. – 288 с.
10. Одинокова Е. В. Биотестирование почв по проросткам кресс-салата. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://repository.nkzu.kz/142/1/Odinokova%20E.V.doc>.

### References:

1. Kubrina L. V. Analysis of the toxic activity of snow samples in a series of primary screening plant cell (cress (*Lepidium sativum* L.)) / *Omsk Scientific Bulletin*. – № 1 (104). – 2011. – С. 183-185. (in Russ.).
2. Kubrina L. V. Monitoring urbanized territories on an example of Omsk / *Science and Ecology: Yearbook OGPU*. – 2010. – Vol. 14. – P. 150-153. (in Russ.).
3. Larionov N. S. Ecological and analytical assessment of the state of environmental components in the area of influence of the placement of objects of municipal solid waste: *Abstract. Dis. on soisk. Ouch. PhD degree. Chem. Sciences: spec. 03.00.16 "Ecology"*. – Arkhangelsk, 2009. – 22 p. (in Russ.).
4. Liubomirova V. N. Integrated assessment of ecological danger of unauthorized dumps of solid household waste in rural areas of the Ulyanovsk region: *Abstract. Dis. on soisk. Ouch. PhD degree. biol. Sciences: spec. 03.02.08 "Ecology (Biology)"*. – Ulyanovsk, 2013. – 25 p. (in Russ.).
5. Egorova E. I. Problems of environmental assessment of the state of the environment in the areas where nuclear power plants / *Herald of the Russian Academy of Natural Sciences*. – 2002. – №2. – P. 4 - 8. (in Russ.).
6. Posthumus A.C. Morphological symptoms and yield alternations as criteria of evaluation in the monitoring of effect of air pollutants with plants / *Monitoring of air pollutants with plants, Jank. Publ*, 1982. — P. 73 — 77. (in Eng.).



7. Schiele S. Einige charakteris the Merkmale der Chloroplastenfluoreszenz und ihre Anwendung zur Kennzeichnung SO<sub>2</sub> — Geschadigter Moose und Tabakblatter / *Angrew, Bot.* — 1981. — №.55. P. 169-177. (in Eng.).
8. Shunelko E. V. Environmental assessment of urban soils and to identify the level of heavy metal toxicity by bioassay / *Vestn. Voronezh. State research. Geography and Ecology.* — 2000. — № 4. — P. 77-83. (in Russ.).
9. Fedorova A.I., Nikolskaya A. N. Workshop on Ecology and Environment. M.: «Vlados». 2003. 288 p. (in Russ.).
10. Odinokova E.V. Bioassay of soil for seedlings of cress. — [Elektron. resource]. — Access mode: — Режим доступа: <http://repository.nkzu.kz/142/1/Odinokova%20E.V..doc>.

