

3. Gadd G. M. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology (Reading)*. 2010. Т. 156. № 3. С 609–643. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20019082/>

4. Karpenko Y. V., Redchitz T. I., Zheltonozhsky V. A., Dighton J., Zhdanova N. N. Comparative responses of microscopic fungi to ionizing radiation and light. *Folia Microbiologica (Praha)*. 2006. Т. 51, № 1. С. 45–49. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16821711/>

5. Zhdanova N., Tugay T., Dighton J., Zheltonozhsky V., McDermott P. Ionizing radiation attracts soil fungi. *Mycological Research*. 2004. Т. 108, № 9. С. 1089–1096. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15506020/>

УДК 581.1:574.4:539.16

РОСЛИНИ-РАДІОПРОТЕКТОРИ: МОРФОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ ЗАХИСТУ ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Яворівський Р. Л., Семенюк К. Р.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: forik-botan@i.ua, katyayav2003@gmail.com

У 2026 році відзначається 40-річчя аварії на Чорнобильській АЕС – події, що спричинила масштабне радіоактивне забруднення довкілля та суттєво вплинула на структуру, видовий склад і функціонування рослинних угруповань у природних біоценозах України. Іонізуюче випромінювання, що утворилося в результаті аварії, викликало значне забруднення ґрунтів, водойм і рослинності, порушивши фізіологічні та морфологічні процеси у флорі та змінивши її видовий і кількісний склад на постраждалих територіях. Вивчення впливу радіації на рослини дозволяє не лише оцінити масштаби шкоди для довкілля, але й виявити природні механізми стійкості окремих видів флори, що можуть бути використані для відновлення забруднених територій та формування адаптивних рослинних угруповань.

Особливо цінними у цьому контексті є рослини з радіопротекторними властивостями, здатні зменшувати

оксидативний стрес, стабілізувати клітинні мембрани, підтримувати фотосинтетичний апарат, оптимізувати водний та мінеральний обміни і підвищувати адаптивний потенціал у забруднених зонах. Радіопротекторні механізми реалізуються через синтез антиоксидантів, флавоноїдів, каротиноїдів, фенольних сполук та активацію ферментів каталази, пероксидази і супероксиддисмутази [1, 4].

Виражені радіопротекторні властивості виявляються у представників різних родин, зокрема родини Бобові (*Fabaceae*), серед яких відзначаються як культурні види (наприклад, горох посівний (*Pisum sativum* L.), квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), люцерна посівна (*Medicago sativa* L.)), так і дикорослі – конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.), чина лучна (*Lathyrus pratensis* L.), люцерна хмелеподібна (*Medicago lupulina* L.) та інші. У цих видів радіаційний стрес може стимулювати підвищення синтезу каротиноїдів і фенольних сполук, що сприяє стабілізації фотосинтетичного апарату, клітинних мембран і підтриманню ефективності водного та мінерального обміну. Морфологічні адаптації включають добре розвинену стрижневу кореневу систему, розгалужену листову поверхню, що забезпечує ефективний фотосинтез, потовщення клітинних стінок, яке підвищує стійкість до оксидативного стресу, а також симбіоз із бульбочковими бактеріями, що забезпечує додаткове живлення азотом і підсилює адаптивні властивості рослин у стресових умовах.

У представників родини Злакові або Тонконогові (*Poaceae* (*Gramineae*)), зокрема пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.), ячменю звичайного (*Hordeum vulgare* L.), вівса посівного (*Avena sativa* L.), костриці лучної (*Festuca pratensis* Huds.) тощо радіопротекторний ефект проявляється через підвищену активність антиоксидантних ферментів і фенольних сполук, що стабілізує клітинні мембрани, підтримує тургор тканин і водоутримання, а також захищає фотосинтетичний апарат. Морфологічно ці види демонструють вузькі лінійні листки з великим співвідношенням площі до об'єму, що сприяє ефективному газообміну, а потужна мичкувата коренева система дозволяє поглинати воду з глибоких шарів ґрунту.

Представники родини Айстрові або Складноцвіті

(*Asteraceae* (*Compositae*)), такі як ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), нагідки лікарські (*Calendula officinalis* L.), соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.), чорнобривці розлогі (*Tagetes patula* L.) виявляють високу антиоксидантну активність і підвищену концентрацію флавоноїдів у листках і квітках, що підсилює фотосинтетичну ефективність і стійкість до оксидативного стресу. Їхні опушені листки та щільні тканини зменшують втрату води і підвищують стабільність клітинних мембран. Серед цих видів переважають культурні, які широко застосовуються в сільському господарстві та декоративному садівництві, проте аналогічні радіопротекторні механізми спостерігаються і у дикорослих представників родини *Asteraceae*.

У видів родини Розові (*Rosaceae*), як культурних, так і дикорослих (наприклад, шипшина собача (*Rosa canina* L.), малина (*Rubus idaeus* L.), суниці садові (*Fragaria × ananassa* Duch.), слива домашня (*Prunus domestica* L.)) накопичення поліфенолів і антоціанів підтримує цілісність клітинних мембран і активність хлоропластів. Крім того, види цієї родини мають добре розвинену кореневу систему і міцні стебла, що сприяє підтримці фізіологічної стійкості рослин у стресових умовах.

Хрестоцвіті або Капустяні (*Brassicaceae* (*Cruciferae*)), зокрема, ріпак (*Brassica napus* L.), редька посівна (*Raphanus sativus* L.), капуста городня (*Brassica oleracea* L.) демонструють синтез глюкозинолатів у листках і коренях, що стабілізує клітинні структури та знижує пошкодження ДНК. Крім того, листки цих видів багаті на каротиноїди та фенольні сполуки, які забезпечує збереження фотосинтетичної активності й стабільність мембран при впливі іонізуючого випромінювання.

Радіопротекторні властивості відзначені також у представників родин Губоцвіті (*Lamiaceae*) – м'ята перцева (*Mentha piperita* L.), шавлія лучна (*Salvia officinalis* L.); Зонтичні (*Apiaceae*) – морква дика (*Daucus carota* L.), селера пахуча (*Apium graveolens* L.); Подорожникові (*Plantaginaceae*) – подорожники великий (*Plantago major* L.) та ланцетолистий (*P. lanceolata* L.) тощо. Ці види характеризуються посиленням синтезом фенольних сполук, каротиноїдів та антиоксидантних ферментів, що забезпечує підтримку фотосинтетичної активності, водного та мінерального обміну, а також життєстійкості.

Отже, рослини з радіопротекторними властивостями демонструють комплекс морфологічних, фізіологічних та біохімічних адаптацій: добре розвинену кореневу систему, розгалужену листову поверхню, потовщені клітинні стінки та щільні тканини, активний синтез антиоксидантів, флавоноїдів, каротиноїдів і фенольних сполук, а також підвищену активність ферментів каталази, пероксидази та супероксиддисмутази. Ці властивості стабілізують клітинні мембрани, підтримують фотосинтетичний апарат, забезпечують ефективний водний і мінеральний обмін та підвищують стійкість рослин до оксидативного стресу. Аналіз ботанічних і біохімічних показників свідчить, що такі види можуть слугувати «живим щитом» проти іонізуючого випромінювання, сприяючи відновленню екосистем, формуванню адаптивних рослинних угруповань та збереженню біорізноманіття. Фундаментальні знання про морфологічні, фізіологічні й біохімічні особливості таких рослин дозволяють розробляти науково обґрунтовані підходи до озеленення і реабілітації територій, постраждалих від радіаційного впливу, і залишаються актуальними навіть через 40 років після Чорнобильської катастрофи [1–5].

Список літератури:

1. Мельник В. В., Курбет Т. В. Аналіз радіоактивного забруднення ^{137}Cs наземної фітомаси дикорослих ягідних рослин вологих суборів Українського Полісся. *Сучасні проблеми екології*: тези XIII Всеукр. наук. конф. студентів, магістрів та аспірантів. Житомир : ЖДТУ, 2017. С. 35.

2. Пархоменко Н. Н. Урок: Рослини-радіопротектори і антиоксиданти – помічники в поліпшенні самопочуття людини. URL: <https://vseosvita.ua/lesson/rosliny-radioprotektory-i-antyoksydanty-pomichnyky-v-polipshenni-samopochuttia-liudyny-454317.html>

3. Проєкт: «Рослини – рятівники від радіації. URL: <https://naurok.com.ua/pro-kt-roslini-ryativniki-vid-radiaci-300683.html>.

4. Скиба В. В. Особливості накопичення радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr вищими водними рослинами в умовах радіоактивно забруднених водойм Лісостепу України. *Агробіологія*. 2013. № 10. С. 170–174.

5. Zarubina N. ^{137}Cs circulation in forest ecosystems on the territory of the Chernobyl exclusion zone (Plant). *Доповіди Національної академії наук України*. 2022. № 2. С. 92–98.

УДК 504.5.477

**РАДІОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ
КАТАСТРОФИ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ
ДОВКІЛЛЯ**

Яцюк В. М., Варик Г. С., Бойко М. П.

Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України

E-mail: yatsuk-@ukr.net

Чорнобильська катастрофа – найбільша та найтяжча екологічна катастрофа за всю історію людства, що трапилася 26 квітня 1986 року, коли вибухнув реактор 4-го енергоблоку Чорнобильської АЕС. Великий викид радіоактивного пилу піднявся на висоту 1500 м і був перенесений вітром до Скандинавії, Центральної та Південно-Східної Європи, Північної Італії, уразив територію України та сусідніх держав.

Основними забруднювальними елементами були йод-131, цезій-137 (цезій і телур у вигляді аерозолів), стронцій-90, ізотопи плутонію, всі інертні гази, що містилися в реакторі. Забруднювальні речовини поширювались у вигляді суміші пари, твердих часток та у складі органічних сполук [5].

Сила забруднення залежала від погодніх умов, зокрема, вітру та опадів, які проходили в перші дні після аварії. Найсильніше постраждали території, на яких в цей час пройшов дощ. Велика частина стронцію і плутонію випала в межах 100 кілометрів від станції, оскільки вони містилися в основному в більших частках. Йод і цезій поширилися на більшу територію [6].

Внаслідок забруднення було виведено близько 5 млн га земель сільськогосподарського користування, а довкола АЕС створена 30-кілометрова зона відчуження.

Вплив ізотопів та сила випромінювання на живі організми