

## МЕТАБОЛОМНЫЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ *ACHILLEA MILLEFOLIUM*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ

Битарिशвили С. В.<sup>1</sup>, Волкова П. Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии  
национального исследовательского центра "Курчатовский институт", Обнинск, Россия

<sup>2</sup> Independent Researcher, Geel, Belgium  
[bitarishvili.s@gmail.com](mailto:bitarishvili.s@gmail.com)

Радионуклидное загрязнение окружающей среды вследствие техногенных аварии может иметь негативные экологические последствия для биоты из-за масштабов загрязнения и длительного периода полурас радионуклидов. Чернобыльская зона отчуждения – регион, сильно пострадавший от аварии 1986 года, стал естественной лабораторией для изучения воздействия хронического низкодозового облучения биологических систем.

Чтобы справиться с повышенными уровнями радиации, растения используют сложные адаптивные стратегии, включая изменения в сигнальных путях и метаболических процессах. В рамках комплексного исследования ответных реакций травянистых растений на ионизирующее облучение и для выявления биохимических детерминант адаптации к долгосрочному хроническому облучению был выполнен метаболомный анализ листьев тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), произрастающего в Чернобыльской зоне отчуждения.

Пробоотбор был проведен в июне 2021 года на территории Полесского государственного радиационно экологического заповедника в Гомельской области Республики Беларусь, в 30-километровой зоне отчуждения. Листья отбирали с двух контрольных участков Ломыш и Бабчин с фоновым уровнем радиации и трех загрязненных – Масаны, Кулажин и Радин, характеризующимися высокими уровнями радиоактивного загрязнения (3-7 мкЗв/ч). Сразу после отбора растения фиксировали в жидком азоте и впоследствии лиофилизировали. Метаболомный анализ был проведен

при помощи метода газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС) на приборе Agilent 7890A с м спектрометрическим модулем Agilent 5975C. Разделение осуществлялось на капиллярной колонке Rxi-5SilMS, Restek. Обработка данных ГХ-МС анализа проведена с помощью программы AMDIS 32, статистическая обработка визуализация данных с помощью платформы Metaboanalyst 6.0.

В результате ГХ-МС анализа было получено около 750 соединений. С помощью подходов мультивариантной статистики и иерархической кластеризации показана вариабельность метаболитных профилей в образцах *A. millefolium*. В результате анализа метаболических путей показаны изменения в метаболизме протеиногенных аминокислот, таких как аргинин, глицин, серин, треонин и пролин. Были выявлены ключевые метаболиты, связанные с мобилизацией азотного обмена, ответом клеточной стенки на повреждения, эффективностью фотосинтеза и стрессовыми реакциями, которые, как предполагаться, вовлечены в ответ *A. millefolium* на хронические радиационное воздействие. Полученные результаты вносят вклад в понимание механизмов адаптации растений к длительным антропогенным воздействиям и обоснованию новых принципов экологического регулирования.

Исследование проведено при поддержке гранта Российского научного фонда No 20-74-10004 «Адаптивные реакции травянистых растений на ионизирующее излучение: в поиске кандидатных молекул устойчивости абиотическим стрессорам».

# METABOLOMIC ANALYSIS OF *ACHILLEA MILLEFOLIUM* GROWING IN THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE

S. Bitarishvili<sup>1</sup>, P. Volkova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute», Obninsk, Russia*

<sup>2</sup> *Independent Researcher, Geel, Belgium  
e-mail bitarishvili.s@gmail.com*

Radioactive contamination of the environment due to technological accidents can have negative ecological consequences for biota due to the scale of pollution and the long half-lives of radionuclides. The Chernobyl Exclusion Zone, a region heavily affected by the 1986 accident, has become a natural laboratory for studying the effects of chronic low-dose radiation on biological systems. To cope with elevated radiation levels, plants employ complex adaptive strategies, including changes in signaling pathways and metabolic processes. As part of a comprehensive study on the responses of herbaceous plants to ionizing radiation and to identify the biochemical determinants of adaptation to long-term chronic exposure, a metabolomic analysis of the leaves of common yarrow (*Achillea millefolium* L.) growing in the Chernobyl Exclusion Zone was conducted.

Sampling was conducted in June 2021 in the territory of the Polesie State Radiation and Ecological Reserve in the Gomel Region of the Republic of Belarus, within the 30-kilometer exclusion zone. Leaves were collected from two control plots, Lomish and Babchin, which had background radiation levels, and from three contaminated plots—Masany, Kulazhin, and Radin—characterized by high levels of radioactive contamination (3-7  $\mu\text{Sv/h}$ ). Immediately after sampling, the plants were frozen in liquid nitrogen and subsequently freeze-dried. Metabolomic analysis was performed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) on an Agilent 7890A with an Agilent 5975C mass spectrometric module. Separation was carried out on an Rxi-5SilMS capillary column from Restek. Data processing of the GC-MS analysis was conducted using the AMDIS 32 software, and statistical processing and visualization of the data were performed using the Metaboanalyst 6.0.

As a result of the GC-MS analysis, approximately 750 compounds were identified. Using multivariate statistical approaches and hierarchical clustering, the variability of metabolite profiles in *A. millefolium* samples was demonstrated. The analysis of metabolic pathways revealed changes in the metabolism of proteinogenic amino acids such as arginine, glycine, serine, threonine, and proline. Key metabolites related to nitrogen mobilization, cell wall response to damage, photosynthesis efficiency, and stress reactions were identified, which are believed to be involved in *A. millefolium*'s response to chronic radiation exposure. The findings contribute to the understanding of the mechanisms of plant adaptation to prolonged anthropogenic impacts and provide a basis for new principles of ecological regulation.

This research was funded by the Russian Science Foundation, grant number 20-74-10004 “Adaptive responses of herbaceous plants to ionizing radiation: in search of candidate molecules for resistance to abiotic stressors”.