

Л. В. Авдєєва¹, Т. А. Євстюхіна², В. К. Кольтовер^{1*}, В. Г. Корольов², Ю. О. Кутлахмедов³

¹ Інститут проблем хімічної фізики РАН, Черногоровка, Московська область, Росія

² Петербурзький інститут ядерної фізики – НДЦ «Курчатовський інститут», Гатчина, Ленінградська область, Росія

³ Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: koltover@icp.ac.ru

ВІДНОВЛЕННЯ КЛІТИН ДРІЖЖІВ ВІД ПРОМЕНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МАГНІТНИХ ІЗОТОПІВ: НОВИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ПРОТИПРОМЕНЕВИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ БІОМЕДИЦИНИ

Подано результати вивчення ефектів різноманітних стабільних ізотопів магнію, магнітного (²⁵Mg) та немагнітного (²⁴Mg), на пострадіаційне відновлення клітин дріжджів *Saccharomices cerevisiae* після опромінення короткохвильовим УФ світлом (240 - 260 нм) або іонізуючою радіацією (300 Гр). Виявлено, що константа швидкості відновлення клітин, збагачених ізотопом ²⁵Mg, удвічі вища в порівнянні з клітинами, збагаченими ізотопом ²⁴Mg. В експериментах з іонізуючим опроміненням частка необернених пошкоджень у клітинах, збагачених магнітним ізотопом, на 50 - 60 % менша, ніж у клітинах, збагачених немагнітним ізотопом магнію. Таким чином, виявлено магнітно-ізотопний ефект – прискорення пострадіаційного відновлення клітин, що містять ізотопи магнію з магнітним ядерним спіном (ядерний спіновий каталіз). Отримані результати демонструють принципову можливість створення нових радіопротекторів і радіомітигаторів на основі стабільних магнітних ізотопів.

Ключові слова: пострадіаційне відновлення клітин, магнітно-ізотопний ефект, ядерний спіновий каталіз, ультрафіолетове опромінення, іонізуюче опромінення, радіаційна стійкість, радіопротектори, радіомітигатори, дріжджі, магній, надійність.

Л. В. Авдеева¹, Т. А. Евстюхина², В. К. Кольтовер^{1*}, В. Г. Корольов², Ю. А. Кутлахмедов³

¹ Институт проблем химической физики РАН, Черногоровка, Московская область, Россия

² Петербургский институт ядерной физики - НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Ленинградская область, Россия

³ Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, Киев, Украина

*Ответственный автор: koltover@icp.ac.ru

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК ОТ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНЫХ ИЗОТОПОВ: НОВЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ПРОТИВОЛУЧЕВЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНЫ

Представлены результаты изучения эффектов различных стабильных изотопов магния, магнитного (²⁵Mg) и немагнитного (²⁴Mg), на пострадиационное восстановление клеток дрожжей *Saccharomices cerevisiae* после облучения УФ светом (240 - 260 нм) или ионизирующей радиацией (300 Гр). Константа скорости восстановления клеток, обогащенных изотопом ²⁵Mg, вдвое выше по сравнению с клетками, обогащенными изотопом ²⁴Mg. В экспериментах с ионизирующим излучением доля необратимых повреждений в клетках, обогащенных магнитным изотопом, на 50 - 60 % меньше, чем в клетках, обогащенных немагнитным изотопом магния. Таким образом, обнаружен магнитно-изотопный эффект – ускорение пострадиационного восстановления клеток ядерным спином магнитного изотопа магния (ядерный спиновый катализ). Полученные результаты демонстрируют принципиальную возможность создания новых радиопротекторов и радиомитигаторов на основе стабильных магнитных изотопов.

Ключевые слова: пострадиационное восстановление, магнитно-изотопный эффект, ядерный спиновый катализ, ультрафиолетовое облучение, ионизирующее облучение, радиационная устойчивость, радиопротекторы, радиомитигаторы, дрожжи, магний, надежность.

L. V. Avdeeva¹, T. A. Evstyukhina², V. K. Koltover^{1*}, V. G. Korolev², Yu. A. Kutlakhmedov³

¹ Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russia

² Petersburg Institute of Nuclear Physics, NRC "Kurchatov Institute", Gatchina, Leningrad Region, Russia

³ Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: koltover@icp.ac.ru

RECOVERY OF THE YEAST CELLS FROM RADIATION INJURIES BY MEANS OF THE MAGNETIC ISOTOPES: NEW TREND IN ANTI-RADIATION BIOMEDICINE

Herein we present the results of studying the effects of different isotopes of magnesium, magnetic ^{25}Mg and nonmagnetic ^{24}Mg , upon the post-radiation recovery of yeast cells, *S. cerevisiae*, irradiated by short-wave UV light (240 - 260 nm) or ionizing radiation (300 Gy). The recovery process of the cells enriched with the magnetic ^{25}Mg proceeds two times faster than the post-radiation recovery of the cells, enriched with the nonmagnetic ^{24}Mg . After gamma-irradiation, the fraction of the irreversible damages in the cells enriched with ^{25}Mg was 50 - 60 % less than in the cells enriched with ^{24}Mg . Thus, the magnetic isotope effect has been detected, i.e. – the acceleration of post-radiation recovery of the cells by the magnetic isotope's nuclear spin of magnesium (nuclear spin catalysis). Obtained results demonstrate the fundamental possibility of creating new radioprotectors and radiomitigators based on stable magnetic isotopes.

Keywords: post-radiation recovery, magnetic-isotope effect, nuclear spin catalysis, radioprotectors, radiomitigators, yeast cells, magnesium, reliability, robustness.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Y.A. Kutlakhmedov, V.I. Korogodin, V.K. Koltover. *Bases of Radioecology* (Kyiv: High School, 2003) 323 p. (Ukr)
2. P. Bradford. The nuclear landscape. *Nature* 483 (2012) 151.
3. J.C. Livesey, D.J. Reed, L.F. Adamson. *Radiation-Protective Drugs and their Reaction Mechanisms* (Park Ridge: Noyes Publications, 1985) 146 p.
4. V.K. Koltover, V.G. Korolev, Y.A. Kutlakhmedov. Antioxidant prophylaxis of radiation stress. In: *Ionizing Radiation: Applications, Sources and Biological Effects* (New York: Nova Science Publ., 2013) p. 117.
5. M.V. Vasin. The classification of radiation protective agents as the reflection of the present state and development perspective of current radiation pharmacology. *Radiation Biology. Radioecology* 53 (2013) 459. (Rus)
6. L.M. Rozhdestvensky. Actual problems of searching and studying radiation countermeasures. *Radiation Biology. Radioecology* 53 (2013) 513. (Rus)
7. A.N. Grebenyuk et al. Radiomitigators: prospects for use in medical radiation protection. *Military Medical Journal* 335 (2014) 39. (Rus)
8. V.N. Bykov et al. Radioprotective and radiomitigative effects of BP-C2, a novel lignin-derived polyphenolic composition with ammonium molybdate, in two mouse strains exposed to total body irradiation. *Inter. J. Radiation Biol.* 94 (2018) 114.
9. D.M. Grant, R.K. Harris. *Encyclopedia of Nuclear Magnetic Resonance* (Chichester: Wiley, 1996) 826 p.
10. Y.B. Zeldovich, A.L. Buchachenko, E.L. Frankevich. Magnetic spin effects in chemistry and molecular physics. *Sov. Phys. Usp.* 155 (1988) 3.
11. A.L. Buchachenko, R.G. Lawler. New possibilities for magnetic control of chemical and biochemical reactions. *Acc. Chem. Res.* 50 (2017) 877.
12. Д.М. Гродзинский и др. Влияние магнитного изотопа магния-25 на пострadiационное восстановление клеток *Saccharomyces cerevisiae*. Доп. НАН України 12 (2011) 153; D.M. Grodzinsky et al. Effect of the magnetic isotope of magnesium-25 on the post-radiation recovery of *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Dopovidi NAN Ukrayiny* 12 (2011) 153. (Rus)
13. Д.М. Гродзинский и др. Исследование влияния магнитного изотопа магния-25 на пострadiационное восстановление клеток *Saccharomyces cerevisiae*. Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили. Сер. Техногенна безпека 169 (2011) 76; D.M. Grodzinsky et al. Investigation of the influence of the magnesium isotope-25 on the post-radiation recovery of *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Naukovi pratsi Chornomors'koho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly. Ser. Tekhnohenna bezpeka* 169 (2011) 76. (Rus)
14. V.K. Koltover et al. Magnetic isotope effect of magnesium in the living cell. *Doklady Biochem. Biophys.* 442 (2012) 12.
15. L.V. Avdeeva, V.K. Koltover. Nuclear spin catalysis in living nature. *Moscow University Chemistry Bulletin* 71 (2016) 160.
16. V.K. Koltover. Nuclear spin catalysis: from physics of liquid matter to medical physics. *J. Mol. Liquids* 235 (2017) 44.
17. D.L. Nelson, M.M. Cox. *Lehninger Principles of Biochemistry* (New York: Freeman, 2008) 1294 p.
18. Y.V. Karyakin, I.I. Angelov. *Pure Chemicals* (Moskva: Khimia, 1974) 408 p. (Rus)
19. V.K. Karandashev et al. Use of the inductively coupled plasma mass spectrometry for element analysis of environmental objects. *Inorg. Mater.* 44 (2008) 1491.
20. S.V. Kovaltsova et al. The geptrong pharmaceutical product increases efficiency of postreplication repair of permutation intermediates in yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Russian J. Genetics* 44 (2008) 1272.
21. T.A. Evstiukhina et al. The role of remodeling complexes CHD1 and ISWI in spontaneous and UV-induced mutagenesis control in yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Russian J. Genetics* 53 (2017) 195.
22. V.I. Korogodin. *Problems of Postradiation Recovery* (Moskva: Atomizdat, 1966) 391 p. (Rus)
23. Y.G. Kapultsevich. *Quantitative Laws of Radiation Damages of Cells* (Moskva: Atomizdat, 1978) 231 p. (Rus)

24. V.K. Koltover, Y.A. Kutlakhmedov, E.L. Afanaseva. Recovery of cells from radiation injuries with the aid of antioxidants and the reliability of biological systems. [Doklady Biophysics \(Doklady Akademii Nauk SSSR\) 254 \(1980\) 159.](#)
25. A. Novick, L. Szilard. Experiments on light-reactivation of ultraviolet inactivated bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 35 (1949) 591.
26. J.J. Vicente, L. Wordeman. Mitosis, microtubule dynamics and the evolution of kinesins. *Exp. Cell. Res.* 334 (2015) 61.
27. V.K. Koltover et al. Magnetic isotope of magnesium accelerates ATP hydrolysis catalyzed by myosin. [Biophysics \(Eng. translation\) 61 \(2016\) 200.](#)
28. V.K. Koltover, R.D. Labyntseva, S.O. Kosterin. Stable magnetic isotopes as modulators of ATPase activity of smooth muscle myosin. In: *Myosin: Biosynthesis, Classes and Function* (New York: Nova Science Publ., 2018) p. 135.
29. V.K. Koltover. Stable magnetic isotopes as a new trend in biomedicine. In: *Biomedicine* (Rijeka: InTech-Europe, 2012) p. 105.
30. V.D. Longo et al. Replicative and Chronological Aging in *Saccharomyces cerevisiae*. [Cell Metabolism 16 \(2012\) 18.](#)

Надійшла 04.04.2019

Received 04.04.2019