

# 耐辐射奇球菌的辐射损伤修复机制研究进展

孙晓宇 李斌元 马云 苏泽红 何彬彬 何淑雅

(南华大学生物化学与分子生物学教研室 衡阳 421001)

**摘要** 耐辐射奇球菌是地球上目前发现的最耐辐射的生物之一,它对于电离辐射、紫外线、 $H_2O_2$  以及其他一些因素所导致的 DNA 和蛋白质的损伤都具有极强的耐受与抵抗能力。目前已知耐辐射奇球菌的高效 DNA 损伤修复能力是其具有超强辐射抗性的关键,但是对于该修复能力的具体作用机制,目前尚未有定论。本工作将就耐辐射奇球菌 DNA 辐射损伤修复主要机制研究进展作一综述。

**关键词** 耐辐射奇球菌,辐射损伤,修复机制

**中图分类号** Q71, Q74, Q527+.4, Q518.4, Q936

耐辐射奇球菌 *Deinococcus radiodurans* (DR) 是地球最耐辐射的生物之一,是目前研究 DNA 损伤与修复较为理想的模式生物。*D. radiodurans* R1 是 1956 年由美国科学家 Anderson 等<sup>[1]</sup>首次从辐射灭菌后变质的肉类罐头中分离出来的。稳定生长期的 DR 可耐受 15 kGy 的辐射剂量,是 *E. coli* 辐射抗性的 250 多倍,是人类耐受剂量的 3 000 倍<sup>[2]</sup>。由于该菌具有将上百个双链断裂片段 (DSBs) 和数千个单链断裂的基因组恢复如初的能力,因此引起科学界的极大兴趣,也倍受微生物学家、放射生物学家和肿瘤研究人员的重视。开发这类微生物菌株资源以及研究其 DNA 损伤的修复机制,对阐明 DNA 损伤修复分子机理、环境保护和生物修复、人类健康,乃至地外空间的开发和利用等方面有着十分重要的意义。

电离辐射可对细胞的 DNA 和蛋白质造成多种损伤。因此,本工作将从上述损伤的修复机制和研究进展作如下综述。

## 1 DNA 损伤修复机制的研究

### 1.1 RecF 途径

电离辐射可对细胞 DNA 造成直接损伤。在目前所发现的生物中, DNA 的同源重组修复是主要的一种 DNA 修复方式。该修复方式主要是利用 DNA 序列间的同源性来识别,而负责配对和重组的酶并无碱基序列特异性,可以用任何一对同源序列作为底物。它是 DSBs 损伤修复的最主要方式,对于保

持基因组完整性十分重要。据 Daly 等<sup>[3]</sup>研究发现,在受电离辐照后, DR 中质粒和质粒以及染色体和染色体之间的同源重组是普遍存在的。重组修复主要是通过 RecBC 途径和 RecF 途径进行的,而研究显示, DR 基因组中不包含编码 RecB、RecC 蛋白的基因,却包含多数与 RecF 途径相关的高度保守的蛋白同系物<sup>[4]</sup>,因此推测 RecF 途径在 DR 菌的同源重组修复中起关键作用。Cao 等<sup>[5]</sup>的研究发现, RecJ 核酸外切酶在 RecF 途径中作用于断裂的 DNA 末端。而当研究者试图从耐辐射奇球菌中删除 *recJ* 基因后,以同源重组的方式用链霉素抗性基因来代替该基因时,却得不到完整的缺失突变体;即使是在所有染色体中删除了该基因,实时定量 PCR 显示:该突变体中依然含有大约相当于野生菌 10%—30%的 *recJ* 基因拷贝。含有减少的 *recJ* 基因拷贝数的突变体生长速度缓慢且比野生菌对于紫外线、 $\gamma$  辐射和过氧化氢更敏感。说明 *recJ* 基因在 RecF 通路中具有重要作用。

### 1.2 PprI 途径

同源重组修复中,有一条由 *pprI* 基因控制的重要修复途径,该修复途径中的几个重要的辐射损伤修复相关的基因(或其产物),如 *pprI*、*pprA*、*recA*、*pprM* 等对 DR 菌的辐射损伤修复均起到重要作用。

Hua<sup>[6]</sup>和 Tian 等<sup>[7]</sup>研究者鉴定的 *pprI* 基因是 DR 菌特有的损伤修复开关基因,其功能与电离辐射抗性相关。研究发现:*pprI* 能够调控 DR 菌 6 种途径

国家自然科学基金(30770647)资助

第一作者:孙晓宇,男 1986 年 3 月出生,2009 年毕业于滨州医学院,现为南华大学在读硕士研究生,主要从事辐射 DNA 损伤修复研究

通讯作者:何淑雅, Email: skyhe2000@hotmail.com

收稿日期:初稿 2011-09-29, 修回 2011-10-24

相关基因的表达,包括氧化应激、能量代谢、转录调控、信号转导、蛋白折叠和组装,提示 PprI 蛋白对 DR 菌抗辐射、抗氧化及抗干燥方面起着关键性的作用<sup>[8]</sup>。*pprI* 基因可通过调控 *recA*、*pprA* 等基因的表达,增强由电离辐射引起的 DNA 损伤的修复能力。推测这个基因是一个多结构域的转录调控子,此过程可能涉及新的 DNA 修复途径,由此研究者认为 *pprI* 基因是重要的基因损伤修复开关基因<sup>[9]</sup>。

另一重要修复基因 *pprA* 基因由杜泽吉等<sup>[10]</sup>在 DR 菌中发现并克隆,目前在已有的数据库里还没有找到与其同源的模式。Tanaka 等<sup>[11]</sup>研究证实 *pprA* 基因产物是 DR 辐射抵抗所必需的,并且认为 PprA 能促进同源重组修复过程的顺利进行。进一步的研究显示 PprA 是一种组蛋白激酶和一种 DNA 结合蛋白,该蛋白可刺激 DNA 连接并结合在 DNA 末端,增强细胞对 DNA 辐射损伤处理能力,但机制尚不清楚。推测 PprA 可能保护受损后重组的 DNA 游离末端免受核酸酶的降解。目前 Das 等<sup>[12]</sup>新近发现一种蛋白 DRA0282,该蛋白为一种双链 DNA 结合蛋白,该蛋白的缺失突变体的辐射生存率比野生菌株降低约 10 倍,而 *pprA* 缺失突变体和 *pprA-dra0282* 双缺失突变体在相同的辐射剂量下其生存率则降低了 100 倍,因此推测 DRA0282 主要作用于 *pprA* 介导的 DNA 损伤修复过程中。

RecA (Recombinase A) 是一种解旋酶,可控制 DNA 分子双链的解旋,并打开 DNA 分子的双链结构,从而为辐射损伤的 DNA 片段中找到需要使用的单链“模板”,与其互补结合,完成重组修复工作。RecA 在 DNA 重组修复和链间交换过程中起着十分关键的作用<sup>[13]</sup>。实验表明,缺少 *recA* 基因的变异株对紫外线和电离辐射相当敏感。DR 菌 RecA 的补偿能够使 DR 菌 *recA* 变异株恢复极端抗性。同样,DR 菌 RecA 对 *recA* 缺损株 *E. coli* 补偿能使 *E. coli* 恢复到正常株的抗性,这说明 DR 菌 RecA 在 *E. coli* 细胞内仍具有 RecA 重组修复功能。Kim<sup>[14]</sup>研究发现,DR 菌的 RecA 蛋白需要有辅助因子 ATP 或者 dATP 的作用才能与双链 DNA 结合,而与 ATP 相比,dATP 能使 RecA 更快地完成与双链的 DNA 的结合而形成复合体。

学术界一直公认,上述 3 种基因是耐辐射奇球菌的以 *pprI* 为开关的修复通路的重要组成。Bauermeister 等<sup>[15]</sup>对耐辐射奇球菌的这 3 种基因进行了分别敲除并测定了其在不同波长的紫外线照射下的生存率,认为该 3 种基因对于抵抗紫外线是缺一不可的。然而,2009 年 Ohba 等<sup>[16]</sup>对含有螺旋-转角-螺旋特征(DNA 结合蛋白特征)的 PprI 蛋白

是否与 PprA 启动子结合以调控 PprA 表达研究时,却发现使用纯化的 PprI 进行凝胶移位法分析后的结果显示:PprI 没有直接结合到 *pprA* 的启动子区域,也没有结合到 *cinA-recA* 启动子区域。推测:PprI 本身不会直接调控 *pprA* 和 *recA* 的表达。由此研究者推测,在 PprI 与 *pprA* 和 *recA* 的表达之间存在某种介于两者之间的蛋白或其他因子。而后通过使用二维电泳(2D-PAGE)比较 *pprI* 缺陷菌株与野生菌株的提取物后发现,两种菌株蛋白图谱有一处差异点。而后研究者使用基质辅助激光解析电离质谱法(MALDI-MS)鉴定了一种新的 DR 菌特有调控蛋白即 PprM,并发现 *pprM* 缺陷菌株显示出明显的对  $\gamma$  辐射的敏感性。*pprA* 和 *pprM* 的双缺失突变株比 *pprA* 或 *pprM* 单突变株显示出了更大的电离辐射敏感性,而 *pprM* 缺失株在 PprA 蛋白正常存在的情况下依然出现明显的辐射敏感性的增加。这些结果显示 PprM 可能参与 PprI 对 PprA 的诱导过程,在 DR 菌抗辐射响应机制中肩负重要作用。而 Hua<sup>[17]</sup>等的实验结果显示,PprI 蛋白可直接与 *recA* 与 *pprA* 的启动子区域结合。就在最近,Hua<sup>[18]</sup>等又发现,DrRRA 在 *pprI* 诱导的 DNA 损伤修复通路中与 PprI 存在协同作用。上述结论显示,*pprI* 修复通路是一个极为复杂的 DNA 修复调控网络,值得进一步研究。

### 1.3 其他 DNA 损伤修复相关基因

除了对 *pprI* 修复通路的研究取得了较大成果外,关于 DNA 修复的其他方面及相关基因的研究也获得了许多进展。其中,DNA 的损伤响应机制以及多种对损伤修复起到辅助作用的基因及其表达蛋白的研究现在也逐渐被人们所重视。Sheng 等<sup>[19]</sup>利用蛋白质组学和基质辅助激光解吸鉴定后的双向电泳技术对耐辐射奇球菌受到 RecX 蛋白调控的蛋白进行了研究,发现其中包括 DNA 修复蛋白,应力应激蛋白和新陈代谢相关蛋白 3 种。因此 RecX 被认为是另一个 DNA 损伤应激开关,并且还可作用于耐辐射奇球菌的正常新陈代谢。最近,Lu 等<sup>[20]</sup>发现一种未知功能的基因 DR0171。该基因的缺失突变体对辐射高度敏感,但是在正常情况下的生长与野生菌没有差异。进一步实验证明 DR0171 与菌体的转录活性有关,并且只有在菌体受到辐射损伤后才会发挥功能,显示出该基因是耐辐射奇球菌中的一个辐射损伤转录应激调控子基因。在修复辅助基因方面,Hu 等<sup>[21]</sup>将耐辐射奇球菌的 SbcCD 蛋白复合物进行了纯化,并证明其是一种二级结构专一性核酸内切酶,并且在 DNA 末端有蛋白质阻碍的

情况下依然有 3' 到 5' 核酸外切酶活性,由此推测该复合物可能在 DNA 修复中起重要作用。而 Kamble 等<sup>[22]</sup>则进一步证明: SbcCD 复合物具有 Mre11-Rad50 型核酸酶活性,在 RecA 依赖的 DNA 断裂碎片修复过程中发挥作用,从而对 DR 的辐射抗性起作用。最近, Desai 等<sup>[23]</sup>发现两个基因 drB0091(radR)与 drB0090(radS),并推测其二组分系统 RadS/RadR 能够起到辐射损伤效应调控子的作用。由上所述,耐辐射奇球菌 DNA 损伤的响应机制日后必将成为研究的热点。

## 2 蛋白质氧化损伤修复机制的研究

在过去的一段时间里,科研工作者们致力于 DNA 损伤的抵抗与修复机制,并在此方面获得了大量的研究成果。然而随着研究的进展,人们发现,电离辐射直接对 DNA 和蛋白质造成损伤的同时,在细菌体内间接产生的活性氧自由基对于 DNA 和蛋白质的损伤作用同样不容忽视。而耐辐射奇球菌对于活性氧自由基的强大清除能力与极端抗性则是保证菌体 DNA 与蛋白质不受氧化损伤的关键。正是由于菌体修复 DNA 损伤的蛋白质受到这种超强氧化抗性的保护,才保证了 DNA 碎片的正确快速的修复。因此蛋白质氧化损伤的抵抗及其修复机制也是一大研究热门。

### 2.1 类胡萝卜素的抗氧化作用

Shuryak 等<sup>[24]</sup>提出了耐辐射奇球菌中的一种由辐射诱导的氧化性应激、蛋白质和 DNA 损伤的交互作用的模型,并提出:如果蛋白质辐射后的氧化能够被强大的抗氧化剂及时阻止, DNA 的修复将会更有效率,并且利用数学方法模拟了该模型。而谈到氧化损伤的抵抗,则不能不提到耐辐射奇球菌中丰富的类胡萝卜素类物质。这类物质发现很早,并被认为贡献于耐辐射奇球菌的氧化抵抗。Tian 等<sup>[25]</sup>利用 DPPH 系统对耐辐射奇球菌中的类胡萝卜素的抗氧化活性进行了较精确的测量,将其与  $\beta$  胡萝卜素的抗氧化性进行了比较,并进一步证明了类胡萝卜素在耐辐射奇球菌中可以阻止蛋白的氧化并且对抵抗细胞氧化损伤具有作用。而 Sun 等<sup>[26]</sup>则证明了 dr0093 编码的  $\gamma$  胡萝卜素酮酶 (CrtO) 在耐辐射奇球菌的类胡萝卜素物质合成中起到了关键作用。

### 2.2 氧化抗性相关基因的研究

除了类胡萝卜素类物质外,一些基因也对耐辐射奇球菌的氧化抗性具有作用。recG 基因因为耐辐射

奇球菌与其他细菌共有的基因,而该基因在其他细菌中已知可以编码涉及到氧化损伤修复的解旋酶。Wu 等<sup>[27]</sup>通过实验证明,该基因的缺失突变体对于过氧化氢的抵抗能力大幅下降,由此证明 recG 基因在耐辐射奇球菌中同样具有促进菌体抵御氧化损伤的功能。Chen 等<sup>[28]</sup>则发现,recQ 基因缺失的耐辐射奇球菌中积累了比野生型菌株更多的活性氧化物,同时其微阵列数据和脉冲场凝胶电泳结果显示在 20 mmol 的过氧化氢作用下 recQ 突变体的 DNA 相比野生型菌株会受到更多的伤害,这就证明了 RecQ 蛋白对于耐辐射奇球菌氧化抵抗的作用。在耐辐射奇球菌中,有一种基因 oxyR (DR0615),其编码蛋白具有一个保守的半胱氨酸,可在菌体中检测到 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 等活性氧化物的存在。而 Yin 等<sup>[29]</sup>则发现一种 OxyR 蛋白类似物 DRA0336,在该蛋白的编码基因与 DR0165 同时缺失时,菌体对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的抗性比这两个基因的单缺失突变体更低。说明了这两种基因具有抵御氧化作用的协同性。Krisiko 等<sup>[30]</sup>通过比较大肠杆菌与耐辐射奇球菌中由辐射造成的蛋白质损伤效应后得出结论,蛋白质氧化会导致蛋白质的羧基化,从而导致蛋白质失活,而耐辐射奇球菌能够通过其强大的氧化损伤抵御能力保护自身蛋白质不会被氧化;并通过实验证明了受辐射细胞的死亡主要与蛋白质氧化损伤及其造成的 DNA 修复合性的丧失有关。

## 3 结论

本文回顾了目前 DR 辐射损伤修复机制的部分研究成果。DR 在受到电离辐射等因素的作用后,可以以极高的效率快速修复受到直接损伤的 DNA 分子;对于间接产生的活性氧自由基,DR 可通过其极强的抗氧化系统,保护自身 DNA 与蛋白质免受其损伤的同时,清除这些活性氧自由基。由此可以推测 DR 的耐辐射损伤与修复是一个复杂的网络系统,各种基因与其表达的蛋白在网络中发挥各自的作用,保障了 DR 在高强度辐射下的生存。

对于 DR 的抗辐射性的深入研究除具有学术意义外,还具有更深远的应用前景。已有研究者将 DR 的 ppri 基因转化到产乙醇的酵母菌中,并发现该基因的表达可增强酵母菌的极端环境抗性,同时还能增加乙醇发酵的产量<sup>[31]</sup>。印度则将整合了 phoN 基因的 DR 菌投入至放射性废料中,以回收其中的铀元素并取得了良好的效果<sup>[32]</sup>。随着耐辐射奇球菌的研究日渐深入,该细菌必将具有更诱人的应用前景。

## 参考文献

- 1 Anderson A, Nordan H. Studies on a radioresistant micrococcus I isolation, morphology, cultural characteristics, and resistance to gamma radiation [J]. Food Technol, 1956, **10**(2): 575-578
- 2 Cox M, Battista J R. *Deinococcus radiodurans*: the consummate survivor [J]. Nat Rev Microbiol, 2005, **3**(11): 882-892
- 3 Daly M J, Minton K W. Recombination between a resident plasmid and the chromosome following irradiation of the radioresistant bacterium *Deinococcus radiodurans* [J]. Gene, 1997, **187**(2): 225-229
- 4 Venkateswaran A, McFarlan S C, Ghosal D, et al. Physiologic determinants of radiation resistance in *Deinococcus radiodurans* [J]. Appl Environ Microbiol, 2000, **66**(6): 2620-2626
- 5 Cao Z, Mueller C W, Julin D A. Analysis of the recJ gene and protein from *Deinococcus radiodurans* [J]. DNA Repair (Amst), 2010, **9**(1): 66-75
- 6 Hua Y, Narumi I, Gao G, et al. PprI: a general switch responsible for extreme radioresistance of *Deinococcus radiodurans* [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2003, **306**(2): 354-360
- 7 Tian B, Zhang S W, Xu Z J, et al. Effects of PprI and RecX on antioxidant activity of *Deinococcus radiodurans* [J]. Acta Microbiologica Sinica in China, 2006, **46**(2): 238-242
- 8 Gao G, Tian B, Liu L, et al. Expression of *Deinococcus radiodurans* PprI enhances the radioresistance of *Escherichia coli*. DNA Repair, 2003, **2**(12): 1419-1427
- 9 Lu H, Gao G, Xu G, et al. *Deinococcus radiodurans* PprI switches on DNA damage response and cellular survival networks after radiation damage [J]. Mol Cell Proteomics, 2009, **8**(3): 481-494
- 10 杜泽吉, 田海林. 抗辐射菌 *Deinococcus radiodurans* 一种新的 DNA 修复基因 *pprA* 的分子克隆测序及特性研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 1998, **16**(4): 218-224  
DU Zeji, TIAN Hailin. Cloning, sequencing and characterization of a novel DNA repair gene *pprA* from the radioresistant bacterium *Deinococcus radiodurans* [J]. J Radiat Res Radiat Process, 1998, **16**(4): 218-224
- 11 Tanaka M, Earl A M, Howell H A, et al. Analysis of *Deinococcus radiodurans*'s transcriptional response to ionizing radiation and desiccation reveals novel proteins that contribute to extreme radioresistance [J]. Genetics, 2004, **168** (1): 21-33
- 12 Das A D, Misra H S. Characterization of DRA0282 from *Deinococcus radiodurans* for its role in bacterial resistance to DNA damage [J]. Microbiology, 2011 Apr 21. [Epub ahead of print]
- 13 Repar J, Cvjetan S, Slade D, et al. RecA protein assures fidelity of DNA repair and genome stability in *Deinococcus radiodurans* [J]. DNA Repair (Amst), 2010, **9**(11): 1151-1161
- 14 Kim J I. Analysis of double stranded DNA-dependent activities of *Deinococcus radiodurans* RecA protein [J]. J Microbiol, 2006, **44**(5): 508-514
- 15 Bauermeister A, Bentchikou E, Moeller R, et al. Roles of PprA, IrrE, and RecA in the resistance of *Deinococcus radiodurans* to germicidal and environmentally relevant UV radiation [J]. Arch Microbiol, 2009, **191**(12): 913-918
- 16 Ohba H, Satoh K, Sghaier H, et al. Identification of PprM: a modulator of the PprI-dependent DNA damage response in *Deinococcus radiodurans* [J]. Extremophiles, 2009, **13**(3): 471-479
- 17 Hua Y, Chen H, Xu G, et al. DNA binding is essential for PprI function in response to radiation damage in *Deinococcus radiodurans* [J]. DNA Repair, 2012, **11**(2): 139-145
- 18 Hua Y, YIN Longfei, XU Guangzhi, et al. Cooperation of PprI and DrRRA in response to extreme ionizing radiation in *Deinococcus radiodurans* [J]. Microbiology, 2012, **57**(1): 98-104
- 19 Sheng D, Jao J, Li M, et al. RecX is involved in the switch between DNA damage response and normal metabolism in *D. radiodurans* [J]. 2009, **146**(3): 337-342
- 20 Lu H, Xia W, Hua Y, et al. Characterization of the role of DR0171 in transcriptional response to radiation in the extremely radioresistant bacterium *Deinococcus radiodurans* [J]. Arch Microbiol, 2011, **193**(10): 741-750
- 21 Hu Y, Tian B, Xu G, et al. Characteristics of nuclease activity of the SbcCD complex from *Deinococcus radiodurans* [J]. J Biochem, 2010, **147**(3): 307-315
- 22 Kamble V A, Misra H S. The SbcCD complex of *Deinococcus radiodurans* contributes to radioresistance and DNA strand break repair in vivo and exhibits Mre11-Rad50 type activity in vitro [J]. DNA Repair (Amst), 2010, **9**(5): 488-494
- 23 Desai S S, Rajpurohit Y S, Misra H S, et al. Characterization of RadS/RadR two-component system role in radiation resistance of *Deinococcus radiodurans* [J]. Microbiology, 2011 Jul 7. [Epub ahead of print]
- 24 Shuryak I, Brenner D J. A model of interactions between

- radiation-induced oxidative stress, protein and DNA damage in *Deinococcus radiodurans* [J]. *J Theor Biol*, 2009, **261**(2): 305-317
- 25 Tian B, Sun Z, Shen S, *et al.* Effects of carotenoids from *Deinococcus radiodurans* on protein oxidation [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2009, **49**(6): 689-694
- 26 Sun Z, Shen S, Tian B, *et al.* Functional analysis of  $\gamma$ -carotene ketolase involved in the carotenoid biosynthesis of *Deinococcus radiodurans* [J]. *FEMS Microbiol Lett*, 2009, **301**(1): 21-27
- 27 Wu Y, Chen W, Zhao Y, *et al.* Involvement of RecG in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced damage repair in *Deinococcus radiodurans* [J]. *Can J Microbiol*, 2009, **55**(7): 841-848
- 28 Chen H, Huang L, Hua X, *et al.* Pleiotropic effects of RecQ in *Deinococcus radiodurans* [J]. *Genomics*, 2009, **94**(5): 333-340
- 29 Yin L, Wang L, Lu H, *et al.* DRA0336, another OxyR homolog, involved in the antioxidation mechanisms in *Deinococcus radiodurans* [J]. *J Microbiol*, 2010, **48**(4): 473-479
- 30 Krisko A, Radman M. Protein damage and death by radiation in *Escherichia coli* and *Deinococcus radiodurans* [J]. *Proc Natl Acad Sci*, 2010, **107**(32): 14373-14377
- 31 Ma R, Zhang Y, Hong H, *et al.* Improved Osmotic Tolerance and Ethanol Production of Ethanologenic *Escherichia coli* by IrrE, a Global Regulator of Radiation-Resistance of *Deinococcus Radiodurans* [J]. *Curr Microbiol*, 2011, **62**(2): 659-664
- 32 Appukkuttan D, Seetharam C, Padma N, *et al.* PhoN-expressing, lyophilized, recombinant *Deinococcus radiodurans* cells for uranium bioprecipitation [J]. *J Biotechnol*, 2011 May 14. [Epub ahead of print]

## The study of radiation damage and repair mechanisms with *deinococcus radiodurans*

SUN Xiaoyu LI Binyuan MA Yun SU Zehong HE Binbin HE Shuya

(*Biochemistry and molecular biology department, University of South China, Hengyang 421001, China*)

**ABSTRACT** *Deinococcus radiodurans* is one of the most radiation-resistant organisms on Earth as it has strong resistance to the DNA and protein damage induced by ionizing radiation, ultraviolet rays, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and other damage factors. It has known that the efficient DNA repair capacity is the key to this superior radiation resistance though the detailed mechanism is still poorly understood. In this paper the mechanism dealing with radiation damage and repair in recent research will be reviewed.

**KEYWORDS** *Deinococcus radiodurans*, Radiation damage, Repair mechanism

**CLC** Q71, Q74, Q527+.4, Q518.4, Q936