

耐辐射黑色酵母状真菌的筛选和特性研究

张志东 谢玉清 王玮 顾美英 朱静 唐琦勇 宋素琴 石玉湖*

(新疆农业科学院 微生物应用研究所 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要: 【目的】确定辐射污染土样中分离筛选获得的一批黑色酵母状真菌的分类学地位和抗逆特性。【方法】通过菌落形态和菌丝特征观察,结合 LSU rDNA D1/D2 区序列的系统发育分析,并进行了菌株的 ^{60}Co γ 射线照射、紫外线照射和对等重金属离子以及 NaCl 生长压力实验。【结果】上述菌株均为 *Aureobasidium* 属菌,其中菌株 F99 和 F134 均与 *A. pullulans* var. *subglaciale* CBS 123388^T 具有最大同源性,为 100%; 菌株 F19 与 *A. pullulans* var. *melaogenum* CBS 105.22^T 具有最大同源性,为 99.8%; 上述菌株均具有极强的抗逆特性。【结论】为了解耐辐射真菌抗逆机理提供了重要的研究材料。

关键词: 辐射污染土样, 黑酵母, 筛选, 抗性

Isolation and character of radio-resistant black yeast-like fungus

ZHANG Zhi-Dong XIE Yu-Qing WANG Wei GU Mei-Ying ZHU Jing
TANG Qi-Yong SONG Su-Qin SHI Yu-Hu*

(Institute of Microbiology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

Abstract: [Objective] To identify the black yeast-like fungus isolated from the radiation-polluted soil and investigate the resistance. [Methods] The colony morphology and mycelium of isolates was observed, and phylogenetic tree was constructed based on LSU rDNA D1/D2 domain sequences. And then, the isolates resistance to ^{60}Co gamma rays and ultraviolet

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(No. 2009211B28, 2010211B28); 农业部农业公益性行业科研专项经费项目(No. 200803034); 国家 863 计划项目(No. 2007AA021300)

*通讯作者: Tel: 86-991-4542743; 信箱: xjsyh2003@yahoo.com.cn

收稿日期: 2011-11-11; 接受日期: 2012-02-06

rays and stress resistance to heavy metals and salt were analyzed. [Results] The results showed that isolates were varieties of *Aureobasidium pullulans*. The isolates F99 and F134 had a high similarity (100%) with *A. pullulans* var. *subglaciale* CBS 123388^T as the closest relative, and the isolate F19 had a high similarity (100%) with *A. pullulans* var. *melaogenum* CBS 105.22^T as the closest relative. Furthermore, isolates had higher radiation resistance and stress resistance. [Conclusion] This paper provides important materials to investigate the mechanism of radiation-resistant fungus.

Keywords: Radiation-polluted soil, Black yeast-like fungi, Isolation, Stress resistance

耐辐射微生物具有特殊的生命现象和生理机制, 在环境工程、人类健康、生物技术乃至军事、地外空间等方面具有极大的潜在应用前景, 成为科学界关注和研究的热点^[1-5]。目前, 已经报道的耐辐射微生物资源主要分布于包括放线菌在内的细菌域的 9 属 50 余种中, 其中 *Deinococcus* 属作为最先发现和研究最多的耐辐射菌, 现已发现 40 余种^[6]。较之耐辐射细菌的研究, 耐辐射真菌的研究相对较晚、进展缓慢。

黑酵母(Black yeast)是一类可在细胞内积累黑色素的酵母状真菌, 一般生长缓慢, 细胞具有多形性。其厚垣孢子积累黑色素, 可抵抗紫外线、高渗透胁迫及重金属毒害等多种逆境。目前, 黑酵母主要分属于 42 个属, 研究较多的有 19 个属^[7-8]。其中, *Aureobasidium* 属作为黑酵母中的重要成员之一, 其不仅具有多种抗逆特性, 而且可产生多种代谢产物, 如胞外多聚糖、酶、黑色素等, 极具开发价值和应用前景的多功能新型生物制品, 广受关注^[9-12]。有关该属的耐辐射特性的研究, 国内外鲜见报道。

本研究从新疆辐射污染土样中, 分离筛选出一批黑色酵母状真菌, 通过对菌株培养特性和菌丝特征进行了描述以及系统发育分析, 确定为 *Aureobasidium* 属菌, 并对其耐辐射和耐重金属等特性进行了分析。

1 材料与方法

1.1 土样采集和保存

样品采自新疆辐射污染环境地表 5 cm–20 cm 土壤, 并迅速置于无菌 50 mL 离心管中, 4°C 冰箱保存。

1.2 培养基

马铃薯葡萄糖培养基(PDA, g/L): 马铃薯 200, 葡萄糖 20, 琼脂粉 16, 纯净水, pH 自然。

YPD 培养基(g/L): 蛋白胨 20, 酵母抽提物 10, 葡萄糖 20, 琼脂粉 16, 纯净水, pH 自然。

MEA 培养基(g/L): 麦芽浸粉 30, 大豆蛋白胨 3, 琼脂粉 16, 纯净水, pH 自然。

查氏培养基: NaNO₃ 2, K₂HPO₄ 1, KCl 0.5, MgSO₄ 0.5, FeSO₄ 0.01, 蔗糖 30, 琼脂粉 16, 纯净水, pH 自然。

1.3 菌种的筛选

取采集的土样 1–2 g 分装于 15 mm×150 mm 无菌试管中, 置于 ⁶⁰Co γ 射线下进行 10 kGy 剂量辐照处理, 然后向每试管加入 5 mL 液体查氏培养基, 于 28 °C 振荡富集 3 d。取 1 mL 上述富集液移入装有 9 mL 无菌生理水的试管中, 依次进行梯度稀释后, 取 0.2 mL 稀释液涂布于查氏培养基和 YPD 平板上, 于 28 °C 恒温条件下培养 7 d, 观察菌落生长情况, 并挑取单菌落进行进一步纯化及特性分析。

1.4 LSU rDNA D1/D2 区的 PCR 扩增

将新鲜菌株接种于液体 MEA 培养基, 于 28 °C 恒温条件下培养 4 d, 离心收集菌体, 使用 TE 洗涤 3 遍。菌体经液氮研磨后, DNA 提取参照 Gerrits 等^[13]方法, DNA 经 70% 乙醇洗涤后自然干燥, 加入 50 μ L 无菌的双蒸水, 4 °C 下溶解 2 h, -20 °C 保存备用。LSU rDNA D1/D2 区的 PCR 扩增采用真菌通用引物, NL1: 5'-GCATATCGGTAAGCGGAGGAAAAG-3', NL4: 5'-GGTCCGTGTTCAAGACGG-3', 扩增条件为: 95 °C 5 min; 94 °C 1 min, 52 °C 1 min, 72 °C 2 min, 共 35 个循环; 72 °C 10 min^[14]。PCR 产物经切胶纯化(上海华舜生物技术公司胶回收试剂盒)回收, 加去离子水溶解, 送去上海生工公司测序。

1.5 系统进化树的构建和分析

将实验菌株所得的 LSU rDNA D1/D2 区序列与 GenBank 数据库中的已知序列进行 BLAST 比较, 确定与实验菌株亲缘关系最近的种属。从数据库获得相关种属的序列, 并结合真菌生物多样性研究中心数据库 (<http://www.cbs.knaw.nl/databases/>) 的标准模式菌序列, 利用 MEGA 5.0 软件包^[15]采用邻接法(Neighbor-Joining method)进行聚类分析和系统进化树构建, 确定菌种生物学分类地位。

1.6 菌株抗逆性研究

1.6.1 耐 γ 射线辐射实验^[6,16]: 将新鲜培养的实验菌株接种到 MEA 液体培养基中, 28 °C 振荡培养 7 d 后, 5 000 r/min 离心收集菌体, 用 0.05 mol/L 磷酸钾缓冲液(pH 7.2)洗涤菌体 3 次, 并调整至浓度 OD_{600} 为 1.0。取上述菌悬液 5 mL 装至 15 mm \times 150 mm 无菌试管中, 置于 ⁶⁰Co γ 射线(剂量率 100 Gry/min)进行不同剂量照射。取辐照处理后的菌液 1 mL 进行梯度稀释后, 取 0.2 mL 稀释液涂布于 MEA 琼脂培养基平板上, 置 28 °C 恒温培养, 观察记录菌落数, 并计算存活率; 同时并

以 *D. radiodurans* R1(DR)、*E. coli* 和 *Rhodotorula minuta* AS 2.1416 作为对照菌株。

1.6.2 耐 UV 射线辐射实验^[17]: 如上述方法制备菌悬液, 并调整至浓度 OD_{600} 为 1.0。分别取 10 mL 菌悬液置于 9 cm 培养皿中, 放置于 15 W 紫外灯下 30 cm 处, 黑暗振荡辐照处理, 每 5 min 取样一次, 梯度稀释平板涂布后, 置 28 °C 温箱培养, 观察并记录菌落数, 计算存活率; 同时并以 *D. radiodurans* R1、*E. coli* 和 *Rhodotorula minuta* AS 2.1416 作为对照菌株。

1.6.3 耐盐及耐重金属实验^[14,18]: 将新鲜培养的实验菌株接种于不同含量 NaCl 的 MEA 培养基平板和不同含量 Ni²⁺、Hg²⁺、Cu²⁺、Co²⁺、Cd²⁺、Pb²⁺、Cr²⁺等重金属的查氏培养基平板, 于 28 °C 恒温静置培养 7 d 后, 观察并记录菌种的耐受情况。

2 结果与分析

2.1 菌株的筛选和鉴定

2.1.1 菌株的筛选和形态观察: 从辐照处理过的土壤样本富集液中分离到 16 株黑色酵母状真菌, 通过色素形成时间和菌落形态特征观察, 合并为 3 株, 即 F19、F99 和 F134。

菌株 F19、F99 和 134 均可以在 4 °C-30 °C 正常生长, 最佳培养温度 28 °C, 可耐 15% NaCl。在 PDA 培养基, 28 °C 培养条件下, 菌落初期均为酵母样, 粘稠、污白色。菌落后期真菌菌丝体嵌入培养基, 菌落转暗为黑色或棕黑色, 凸起, 菌落大小为 2.0 cm-3.0 cm (图 1)。显微镜下观察出现丝状体(图 2), 培养过程中未见菌体不产多糖。

结合菌落形态和显微镜观察, 初步确定上述 3 株菌均为 *Aureobasidium* 属菌, 但菌株在 PDA 培养基上生长过程中菌落形态存在较大的区别(表 1), 主要区别在于菌落颜色和色素生成时间以及菌落菌丝体形状。

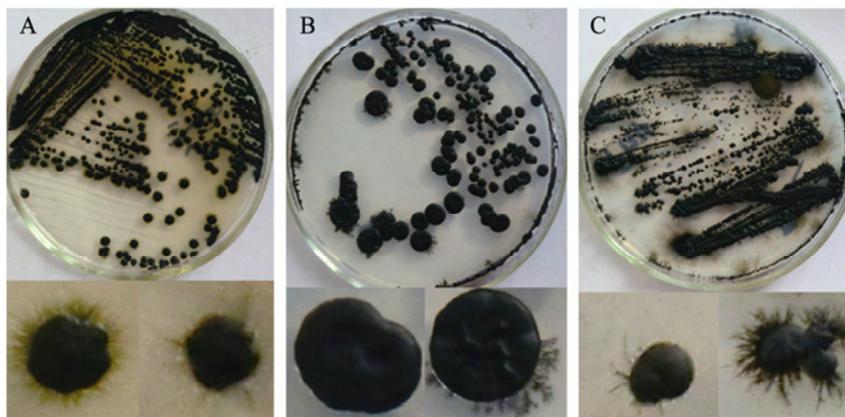


图 1 菌株菌落形态

Fig. 1 The morphology of colonies

Note: A: F19; B: F99; C: F134.

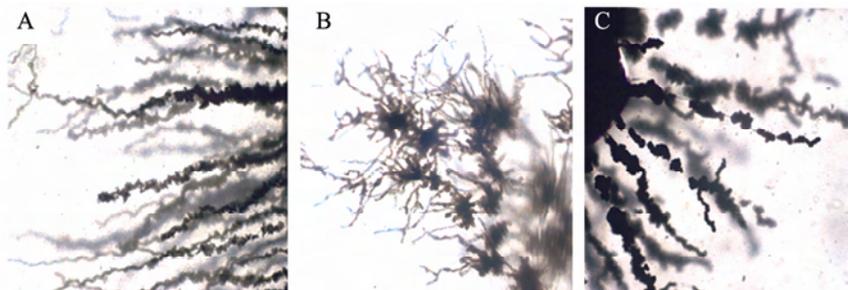


图 2 菌株菌丝体显微形态

Fig. 2 The morphology of mycelium

Note: A: F19; B: F99; C: F134.

表 1 菌株形态特征					
Table 1 Character of colonies and mycelium					
菌号 Strain	菌落特征 Character of colonies			菌丝特征 Character of mycelium	
	3 d	7 d	15% NaCl	7 d	15% NaCl
F19	中心为棕黑色, 酵母状	菌落中心为棕黑, 边缘为棕色, 菌落大小 2.0 cm-2.5 cm, 表面无光泽, 平滑或略有突起	生长明显受抑制(菌落大小 0.3 cm-0.4 cm), 酵母状, 不产生黑色素	全部有, 菌丝松散并呈细纤维状	无菌丝
F99	中心为棕黑色, 酵母状	整个菌落为黑色, 菌落大小 2.5 cm-3.0 cm, 表面有光泽, 平滑或略有突起	生长受抑制(菌落大小 0.5 cm-0.7 cm), 菌落略突起, 菌落呈棕黑色	无或部分扇面有菌丝体, 松散并呈细网状	有或无菌丝体
F134	中心为黑色, 酵母状	整个菌落为黑色, 菌落大小 2.0 cm-2.5 cm, 表面略有光泽, 略有突起	生长受抑制(菌落大小 1.1 cm-1.3 cm), 菌落略突起, 菌落呈棕黄色	全部或部分扇面有菌丝体, 呈粗纤维状	有或无菌丝体

2.1.2 菌株的分子鉴定: 为进一步确定菌种的分类地位, 通过对菌株 LSU 区序列的比对分析, 并调取相应的模式菌序列, 利用 MEGA 5.0 进行系统发育树的构建及分析(图 3)。结果表明, 实验菌株均为 *Aureobasidium* 属, 其中 F134 和 F99 与 *A. pullulans* var. *subglaciale* CBS 123388^T 和 EXF-2480 聚在一个分支中, 支持率为 90%, 最大同源性 100%; F19 与 *A. pullulans* var. *melanogenum* CBS 105.22^T 和 CBS 621.80 聚在一个分支中, 支持率为 94%, 最大同源性 99.8%。

2.2 菌株耐受性研究

2.2.1 菌株的耐 γ 射线特性: 通过菌株的耐 γ 辐射实验研究发现(图 4), 上述 3 株菌株均可以在 20 kGry 剂量下有存活, 并在 0-10 kGry 剂量下具有与世界公认最为耐 γ 射线辐照的菌 *D. radiodurans* R1 类似的耐辐射能力, 较之以耐辐射为重要性而确定的模式种 *Trichosporon oryzae*^[19]表现出

更强的耐 γ 射线辐照能力。

2.2.2 菌株的耐 UV 辐射特性: 通过菌株的耐 UV 辐射能力实验研究发现(图 5), 菌株 F19、F99、F134 均具有较强耐 UV 能力。在实验条件下 3 株菌株均能在 UV 辐射 25 min 有存活, 其中菌株 F19 和 F99 耐辐射程度相当, 菌株 F134 耐 UV 能力较低, 而对照菌 *R. minuta* 在同样条件下辐照 5 min 已基本无存活。

2.2.3 耐盐及耐重金属实验: 通过菌株对 NaCl 和重金属耐受性实验发现(表 2), 菌株 F19、F99、F134 均具有较强的耐盐和耐重金属特性, 但 3 株菌株对重金属离子耐受性略有不同。菌株 F134 表现出对多数实验重金属离子具有最强的耐受性, 其中对 Hg^{2+} 表现出较高的耐受性, 达到 600 mg/L, 超出其它菌株耐受性的 1 倍以上; 菌株 F19 具有较强的耐 Cu^{2+} 能力, 达到 800 mg/L, 超出其它菌株耐受性的 1 倍以上。

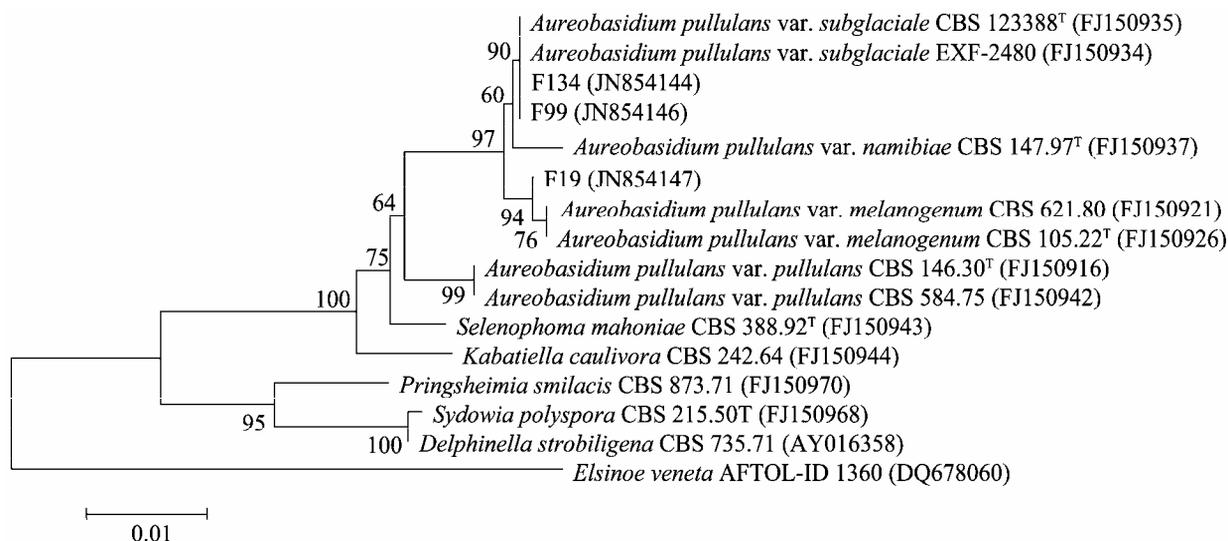


图 3 依据 LSU rDNA D1/D2 区序列的 N-J 法构建的系统进化树

Fig. 3 Neighbor-Joining tree of isolates and related species based on LSU D1/D2 domain sequences

Note: *Elsinoe veneta* was included to root the tree. Numbers on the nodes are the bootstrap values (percentages) based on 1 000 replicate. Bar, 0.01 substitutions per nucleotide position. GenBank accession numbers are indicated after strain designation (T, type strain).

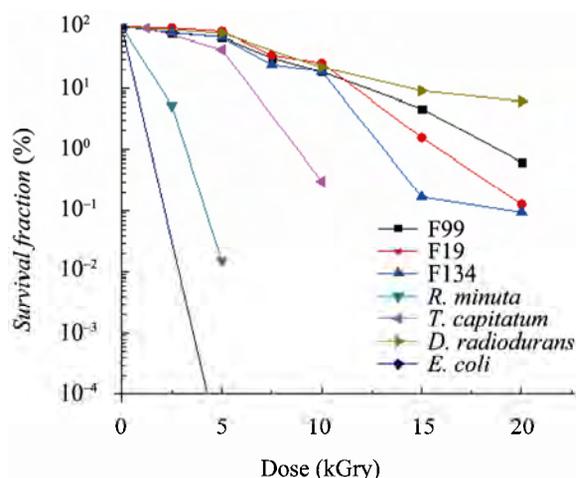


图 4 菌株的抗 γ 辐射曲线
Fig. 4 Survival curves to gamma radiation

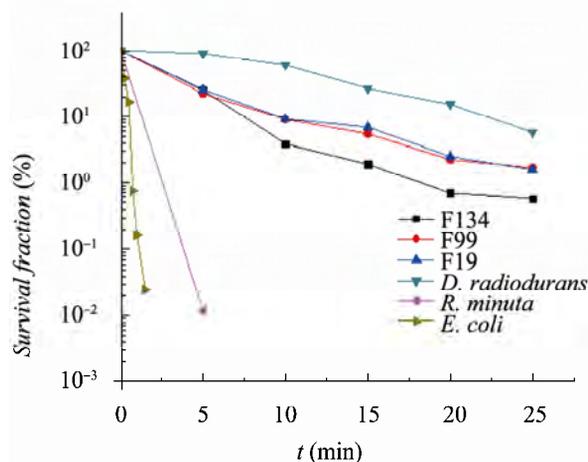


图 5 菌株的抗紫外辐射曲线
Fig. 5 Survival curves to UV rays

表 2 菌株的耐重金属和耐盐特性

Table 2 Character of resistance to heavy metals and salt

菌号 Strain	Ni ²⁺ (mg/L)	Cd ²⁺ (mg/L)	Cr ²⁺ (mg/L)	Cu ²⁺ (mg/L)	Co ²⁺ (mg/L)	Pb ²⁺ (mg/L)	Hg ²⁺ (mg/L)	NaCl (g/L)
F19	150	75	400	800	500	900	300	15
F99	150	100	400	350	300	900	250	15
F134	250	75	400	400	300	1200	600	20

3 结论与讨论

真菌的耐辐射研究，最早可以追溯到 20 世纪 70 年代。Van 等对多种真菌孢子进行辐射后，发现 80%–90% 的孢子可在 3 kGry 的辐射剂量辐照后萌发，而进一步的菌丝体生长受到抑制。Salama 等发现 10–50 Gry 低剂量的 X-射线和 γ 射线有促进真菌孢子萌发和菌丝生长的作用，并发现 *Epicoccum nigrum*、*Alternaria humicola*、*Stemphylium verruculosum* 等菌具有耐 1–5 kGry 的 γ 射线辐照的能力^[20]。进一步研究表明，多种产黑色素或棕色素的真菌具有较高耐 γ 射线辐照的能力；其中，*Trichosporon oryzae*^[19] 作为少有的以耐辐射为重要特性而确定的新种，其最高可在 10 kGry 辐射剂量下存活。在真菌耐辐射特性和

机理研究方面，研究证实真菌产生的黑色素对真菌的耐辐射作用至关重要，部分真菌黑色素甚至可以捕获离子辐射能量做为能源^[21]；在对 *Ustilago maydis* 菌的耐辐射研究中发现，真菌 DNA 的修复更多是涉及 DNA 修复蛋白质的作用，而不像 *D. radiodurans* 存在特殊的基因修复系统^[22]。

Aureobasidium pullulans 菌作为黑酵母中的重要成员之一，广泛存在于海水、冰川、岩石表面以及食物中。自 2008 年 Zalar 等通过形态观察和分子手段，对该种的众多菌重新分类为 4 个亚种，均具有耐高渗和高盐的特性^[14]，但未对其耐辐射特性进行研究。

在前期研究中，本研究小组从辐射污染区筛选出大量的耐受放线菌和细菌^[23]，其中已发现鉴

定新种 *Streptomyces radiopugnans*^[24]、*Deinococcus wulumuqiensis* 和 *Deinococcus xibeiensis*^[16] 均具有与 *D. radiodurans* 相似的耐辐射特性, 证明该区域存在着丰富的极端耐辐射微生物。

本研究首次从该区域中分离筛选到 16 株黑色酵母状真菌, 通过形态和分子鉴定确定其为 *Aureobasidium* 属真菌, 具有在 20 kGy 辐射剂量下存活的能力, 同时还具有极强的耐 UV 辐射和耐多种重金属的能力, 这在国内外耐辐射真菌研究中极为少见。通过本研究的开展, 不仅证明辐射污染区存在着丰富的耐辐射菌多样性, 同时也扩展了人们对真菌耐辐射程度的了解, 为进一步研究耐辐射真菌耐辐射机理提供了重要的研究材料和证据。

参 考 文 献

- [1] 王建龙. 耐辐射基因工程菌 *Deinococcus radiodurans* 及其在环境修复中的应用[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2004, 22(5): 257-260.
- [2] 侯晓光, 李新娜, 张维, 等. 耐辐射异常球菌的微生物资源及其应用[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(4): 18-23.
- [3] 李虹琳. 耐空间环境材料的发展现状与趋势探讨[J]. 中国科技投资, 2010(9): 18-21.
- [4] Brim H, McFarlan SC, Fredrickson JK, et al. Engineering *Deinococcus radiodurans* for metal remediation in radioactive mixed waste environments[J]. Nature Biotechnology, 2000, 18(1): 85-90.
- [5] 陈立, 周义龙, 邢瑞云, 等. 耐辐射奇球菌代谢产物中的化学成分[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6): 1001-1002.
- [6] Asker D, Awad TS, Mclandsborough L, et al. *Deinococcus depolymerans* sp. nov., a gamma- and UV-radiation-resistant bacterium, isolated from a naturally radioactive site[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2011, 61(6): 1448-1453.
- [7] De Hoog GS, Zeng JS, Harrak MJ, et al. *Exophiala xenobiotica* sp. nov., an opportunistic black yeast inhabiting environments rich in hydrocarbons[J]. Antonie van Leeuwenhoek, 2006, 90(3): 257-268.
- [8] 李炳学, 李颖. 产黑色素酵母状真菌[J]. 微生物学通报, 2008, 35(11): 179-181.
- [9] 徐磊, 钱振明, 孙继波, 等. 短梗霉黑色素的分离纯化及结构的初步分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2009, 31(2): 9-13.
- [10] 崔堂兵, 郭勇, 郑穗平. 出芽短梗霉的研究进展[J]. 工业微生物, 2002, 32(2): 41-48.
- [11] 张玉玲, 张兰英, 王显胜, 等. 出芽短梗霉吸附水体中共存 r(VI)、Cd(II)重金属离子研究[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2005, 35(3): 401-405.
- [12] Liu ZQ, Li XY, Chi ZM, et al. Cloning, characterization and expression of the extracellular lipase gene from *Aureobasidium pullulans* HN2-3 isolated from sea saltern[J]. Antonie van Leeuwenhoek, 2008, 94(2): 245-255.
- [13] Gerrits van der Ende AHG, de Hoog GS. Variability and molecular diagnostics of the neurotropic species *Cladophialophora bantiana*[J]. Studies in Mycology, 1999, 43: 151-162.
- [14] Zalar P, Gostinčar C, de Hoog GS, et al. Redefinition of *Aureobasidium pullulans* and its varieties[J]. Studies in Mycology, 2008, 61(1): 21-38.
- [15] Tamura K, Peterson D, Peterson N, et al. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods[J]. Molecular Biology and Evolution, 2011, 28(10): 2731-2739.
- [16] Wang W, Mao J, Zhang ZD, et al. *Deinococcus wulumuqiensis* sp. nov., and *Deinococcus xibeiensis* sp. nov., isolated from radiation-polluted soil[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2010, 60(9): 2006-2010.
- [17] 谢玉清, 张志东, 宋素琴, 等. 耐辐射菌株筛选及其胞外代谢产物抗紫外辐射物质特性[J]. 核农学报, 2010, 24(6): 1172-1176.
- [18] 李佳, 肖磊, 王一丁, 等. 抗重金属真菌的分离

- 及特性研究[J]. 化学研究与应用, 2009, 21(9): 1290-1295.
- [19] Ito H, Iizuka H, Sato T. A new radio-resistant yeast of *Trichosporon oryzae* nov. sp. isolated from rice[J]. Agricultural Biology and Chemistry, 1974, 38(9): 1597-1602.
- [20] Dadachova E, Casadevall A. Ionizing radiation: how fungi cope, adapt, and exploit with the help of melanin[J]. Current Opinion in Microbiology, 2008, 11(6): 525-531.
- [21] Dadachova E, Bryan RA, Howell RC, et al. The radioprotective properties of fungal melanin are a function of its chemical composition, stable radical presence and spatial arrangement[J]. Pigment Cell and Melanoma Research, 2008, 21(2): 192-199.
- [22] Holloman WK, Schirawski J, Holliday R. Towards understanding the extreme radiation resistance of *Ustilago maydis*[J]. Trends in Microbiology, 2007, 15(12): 525-529.
- [23] 张志东, 茆军, 唐琦勇, 等. 辐射污染区土壤中放线菌的分离及多样性[J]. 微生物学通报, 2009, 36(9): 64-68.
- [24] Mao J, Tang QY, Zhang ZD, et al. *Streptomyces radiopugnans* sp. nov., a radiation-resistant actinomycete isolated from radiation-polluted soil in China[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2007, 57(11): 2578-2582.

编辑部公告

中国科学院微生物研究所期刊广告部简介

中国科学院微生物研究所期刊广告部于2007年3月正式成立,已取得北京市工商局正式批准的广告经营许可证(京朝工商广字第8154号)。广告部代理《生物工程学报》、《微生物学报》、《微生物学通报》、《菌物学报》四个期刊的广告经营业务,此四种期刊均为中国自然科学核心期刊,国内外公开发行,主要报道微生物学和生物技术领域的最新研究成果和研究动态,已被美国化学文摘(CA)、生物学文摘(BA)、医学索引(MEDLINE)、俄罗斯文摘杂志(AJ)及《中国学术期刊文摘》、《生物学文摘》等国内外著名数据库和检索期刊收录,是促进国内外学术交流的重要科技期刊。

广告刊登内容主要包括大型生化仪器(如显微镜、离心机、色谱仪、无菌操作台、大、中、小型发酵罐)、设备耗材(如PCR仪、细胞生物反应器、微量移液器、离心管、杂交膜)及生化试剂(如各种酶、载体、试剂盒)等的产品宣传信息,也可以发布生物技术人才招聘信息、会议消息、以及与生命科学有关的各类服务信息。广告部以严谨、诚信为原则,愿与从事生物技术产品生产与销售各类厂商和公司精诚合作,共同发展。如有刊登广告的需要,欢迎与我们电话或E-mail联系获取各刊版位及报价信息!也可以登陆各刊网站,了解更多详情。

提示: 各公司与此四刊签订的广告费用请汇入以下账号:

收款单位: 中国科学院微生物研究所

开户银行: 中国工商银行北京分行海淀西区支行

帐号: 0200004509089117425

中国科学院微生物研究所·期刊广告部

联系电话: 010-64807336; 010-64806142

联系人: 武文 王闵

电子信箱: gg@im.ac.cn

网址: <http://journals.im.ac.cn>