

# 广西山口红树林内生放线菌的 分离、筛选及初步鉴定

魏玉珍 张玉琴 赵莉莉 李秋萍 苏静 刘红宇 孙承航 余利岩\*

(中国医学科学院医药生物技术研究所 北京 100050)

**摘要:** 从广西山口国家红树林生态自然保护区采集 8 种真红树植物和 5 种半红树植物的根、茎、叶及胚轴等组织样品共计 41 份。经过表面消毒后粉碎, 分别以几丁质、腐殖酸、木聚糖等作为主要营养及能量来源设计了 8 种分离培养基, 从植物组织中分离得到 118 株放线菌。使用 6 种新药筛选模型对分离菌株进行了生理活性筛选, 77 株放线菌的发酵液样品在一个或多个药物筛选模型中显示为阳性, 初筛阳性率为 65.3%。对 77 株筛选阳性菌株进行的初步分类研究结果显示, 其中 44 株属于链霉菌属, 25 株为小单孢属的菌株, 3 株属于糖丝菌属, 3 株为诺卡氏属菌株, 1 株是拟诺卡氏属菌株, 1 株是伦茨氏菌属的菌株。对一株在抗多重耐药菌 HH22 和降血脂模型上都显示出良好活性的菌株 I07A-01824 进行表型和基因型分析, 确定 I07A-01824 为黄白链霉菌(*Streptomyces albidoflavus*)菌株。该研究显示, 红树植物内生环境不仅仅孕育了丰富多样的内生放线菌, 而且红树植物内生放线菌也是新型天然生理活性次级代谢产物的有效来源。

**关键词:** 红树, 内生放线菌, 分离, 筛选, 鉴定

## Isolation, Screening and Preliminary Identification of Endophytic Actinobacteria from Mangroves at Shankou of Guangxi Province

WEI Yu-Zhen ZHANG Yu-Qin ZHAO Li-Li LI Qiu-Ping SU Jing  
LIU Hong-Yu SUN Cheng-Hang YU Li-Yan\*

(Institute of Medicinal Biotechnology, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking  
Union Medical College, Beijing 100050, China)

**Abstract:** Forty one plant tissue samples, including root, stem, leaf and hypocotyl were collected from 8 kinds of eumangrove and 5 kinds of semi-mangrove at Shankou Mangrove Nature Reserve in Guangxi Province. These samples were grinded into little pieces after surface sterilization, and then seeded into the isolation media containing chitin, humic acid or xylan as the main nutrition and energy source. As a result, 118 actinobacterial strains were purified from these plant tissue samples. These isolates were screened using 6 models for screening new antibiotics, and the fermentation broths from 77 strains exhibited activ-

基金项目: 科技基础条件平台项目(No. 2005DKA21203); 国家自然科学基金项目(No. 30570040); “重大新药创制”科技重大专项(No. 2009ZX09301-003, 2009ZX09302-004)

\* 通讯作者: Tel: 86-10-63187118; E-mail: yuliyang\_2000@yahoo.com

收稿日期: 2009-12-22; 接受日期: 2010-03-05

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部 <http://journals.im.ac.cn>

ity on at least one screening model, the positive rate among the isolates is 65.3%. Based on the morphological characteristics, chemotaxonomic and 16S rRNA gene analysis, 77 isolates were identified as *Streptomyces* spp. (44), *Micromonospora* spp. (25), *Saccharothrix* spp. (3), *Nocardia* spp. (3), *Nocardioopsis* sp. (1) and *Lentzea* sp. (1). Strain I07A-01824, which showed strong antibacterial activity against the test strain *Enterococcus faecalis* HH22 (a multi-resistant clinical isolate) and positive activity on the screening model of statins-like antihyperlipidemics, was identified as a member of a known species *Streptomyces albidoflavus*. This study demonstrates that an unexpected diversity of actinobacteria colonizes inside the mangrove tissues, and these endophytic actinobacteria are promising sources of new natural secondary metabolites with physiological activities.

**Keywords:** Mangrove, Endophytic Actinobacteria, Isolation, Screening, Identification

植物内生放线菌是在生活史的一定阶段或全部阶段生活于健康植物组织内部或细胞间隙而不引起植物产生明显病症的放线菌<sup>[1-2]</sup>。红树植物所处的高温、高盐、频繁潮汐、缺氧、强风、强紫外线的生态条件<sup>[3]</sup>, 为其内部的微生物创造了特殊的环境<sup>[4-5]</sup>。广西山口红树林是中国第二个国家级红树林自然保护区。区内的红树林是中国大陆海岸红树林的典型代表, 生长于陆地与海洋交界带的滩涂浅滩, 是陆地向海洋过度的特殊生态系统; 同时也是发育良好, 结构独特, 连片较大, 保存较完整的天然红树林。研究发现, 从部分红树植物组织中分离纯化得到的化合物具有抗艾滋病病毒、抗肿瘤、抑菌和抗氧化等活性<sup>[6-8]</sup>。红树植物特殊的生存环境和独特的遗传背景为我们研究植物内生放线菌提供了较好的材料<sup>[9]</sup>。本文采用纯培养法来分离培养红树植物内生放线菌菌株, 通过生理活性筛选和分类学研究, 初步评价红树植物内生放线菌的多样性和药用价值, 为药用微生物资源的研究、保护、开发和利用提供一定的理论依据和实践指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

**1.1.1 植物样品:** 红树植物样品采集于山口红树林国家级自然保护区, 位于中国广西壮族自治区合浦县山口镇辖区内。采集了 8 种红树植物(木榄、红海榄、秋茄、桐花树、海桑、海漆、白骨壤、榄李)的根茎叶以及木榄和红海榄的胚轴; 5 种半红树植物(黄槿、水黄皮、节槿、杨叶肖瑾、海芒果)的根茎叶。

**1.1.2 培养基:** (1) 菌种分离培养基: 使用以下 8 种培养基进行菌种分离。

M1 (g/L): 天门冬酰胺 1, 酵母浸膏粉 5, 甘油

10, 硝酸钾 5, 甜菜碱 1.25, 琼脂 12, pH 7.2。

M2 (g/L): 几丁质 1, 丙酮酸钠 1.25, 磷酸氢二钾 0.7, 硫酸亚铁 0.01, 硫酸镁 0.5, 氯化钠 10, 琼脂 12, pH 7.2。

M3 (g/L): 蛋白胨 1, 牛肉膏 0.5, 甜菜碱 1.25, 丙酮酸钠 1.25, 氯化钠 10, 琼脂 12, pH 7.2。

M4 (g/L): 腐殖酸 1, 植物蛋白 0.5, MOPS 10 mmol/L, 甜菜碱 1.25, 丙酮酸钠 1.25, 氯化钠 10, 琼脂 12, pH 7.2。

M5 (g/L): 纤维素 2, 干酪素 0.3, 硝酸钾 0.2, 硫酸镁 0.05, 磷酸氢二钾 0.2, 碳酸钙 0.2, 硫酸亚铁 0.01, 氯化钠 10, 琼脂 12, pH 7.2。

M6 (g/L): 木聚糖 3, 酵母浸膏粉 5, 硝酸钾 0.2, 硫酸镁 0.05, 磷酸氢二钾 0.2, 碳酸钙 0.2, 硫酸亚铁 0.01, 氯化钠 10, 琼脂 12, pH 7.2。

M7 (g/L): 丙酸钠 2, 硝酸钾 0.1, 甜菜碱 1.25, 硝酸钾 0.2, 硫酸镁 0.05, 磷酸氢二钾 0.2, 碳酸钙 0.2, 硫酸亚铁 0.01, 氯化钠 10, 琼脂 12, pH 7.2。

M8 (g/L): 鱼蛋白胨 5, 酵母浸膏粉 1, 柠檬酸铁 0.1, 氯化钠 19.45, 氯化镁 8.8, 硫酸钠 3.24, 氯化钙 1.8, 氯化钾 0.55, 碳酸氢钠 0.16, 溴化钾 0.08, 琼脂 12, pH 7.2。

(2) 斜面培养基: M7 (见菌种分离培养基)。

(3) 发酵培养基: A1 (g/L): 葡萄糖 5, 麦芽膏 10, 可溶性淀粉 20, 酵母膏 5, 棉籽饼粉 10, 磷酸氢二钾 0.5, 硫酸铵 5, 碳酸钙 3, 氯化钠 20, pH 7.2。

A2 (g/L): 葡萄糖 5, 酵母膏 5, 蛋白胨 5, 牛肉膏 5, 玉米浆 4, 黄豆饼粉 10, 碳酸钙 4, 可溶性淀粉 20, 氯化钴 0.02, 氯化钠 20, pH 7.2。

**1.1.3 抑制剂(mg/L):** 萘啶酸 50, 放线菌酮 25, 重铬酸钾 25。

**1.1.4 检定菌:** 耻垢分枝杆菌 (*Mycobacterium*

*smegmatis*, ATCC700044), 赭色掷孢酵母 SS04 (*Sporobolomyces salmonicolor* SS04), 奇异变形杆菌 Pm631SE (*Proteus mirabilis* Pm631SE, 临床分离株, 产超广谱 $\beta$ -内酰胺酶 TEM-3), 粪肠球菌 HH22 (*Enterococcus faecalis* HH22, 临床分离株, 对庆大霉素、青霉素、红霉素和四环素等多重耐药), 绿脓杆菌 PAO1 (*Pseudomona aeruginosa* PAO1), BI21.19/pET20b/pasecA 和 BI21.19/pET20b/ecsecA<sup>[10]</sup> 为中国医学科学院医药生物技术研究所在菌种中心保藏菌株, 草分枝杆菌 SS12 (*Mycobacterium phlei* SS12 新生霉素超敏菌株) 和草分枝杆菌 RR11 (*Mycobacterium phlei* RR11, 新生霉素耐药菌株)<sup>[10]</sup> 为中国医学科学院医药生物技术研究所在筛选实验室保藏。

1.2 方法

1.2.1 菌种分离和保藏: (1) 植物组织样品处理: 将采集的红树林植物样品先用流动的清水冲洗干净, 再超声清洗彻底去除植物组织表面的杂质, 把植物样品剪切成 15 cm 左右长度的节段进行表面消毒。样品依次用次氯酸钠(含 5%有效氯量)浸泡 5 min, 无菌水清洗 3 次, 75%酒精浸泡 3 min, 无菌水清洗 3 次, 晾干, 用粉碎机把植物组织粉碎备用。

(2) 菌种分离: 取适量的植物碎片均匀撒在分离培养基的表面, 置 28℃ 静止培养 3–7 周。3 周之后, 随时观察分离培养基上菌落状态, 挑取放线菌单菌落并进行菌种纯化。

(3) 菌种保藏: 纯化菌株分别以斜面 4℃ 短期保藏; 用 20% (V/V)甘油作为保护剂, –80℃ 保藏中期保藏。

1.2.2 菌株发酵液生理活性测定: 将微生物菌株接种于放线菌发酵培养基中, 28℃ 摇瓶培养 96 h, 离心得到发酵液上清, 用直径为 9 mm 的圆形无菌滤纸片沾取发酵液上清, 放于含有相应检测菌的检定平板上, 过夜培养后测定抑菌圈直径的大小<sup>[10–11]</sup>。

1.2.3 菌种鉴定: 参照徐丽华等主编的《放线菌系统学》<sup>[12]</sup>相关方法操作。

2 结果

2.1 菌种分离结果

从 8 种真红树植物和 4 种半红树植物的根、茎、叶及胚轴等 38 份组织样品中分离纯化得到 118 株放

线菌, 半红树植物节槿的根茎叶组织中, 均未能有效地分离出放线菌, 见表 1。其中 81 株放线菌分离自红树植物的根组织, 27 株来自红树植物的茎, 7 株源于叶, 3 株分离自红海榄和木榄的胚轴。

表 1 118 株红树植物内生放线菌的来源信息 Table 1 Information about the 118 endophytic actinobacterial strains from mangroves				
植物组织部位 Tissue of Plant	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	胚轴 Hypocotyl
红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i>	2/3	1/1	0	1
白骨壤 <i>Aricennia marina</i>	3/4	1/4	1/1	0
海漆 <i>Excoecaria agallocha</i>	2/3	0	0	0
榄李 <i>Lumnitzera racemosa</i>	3/7	0	1/2	0
木榄 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	19/22	1/4	1/1	1/2
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	2/4	1/2	1	0
水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i>	1/2	0	0	0
桐花树 <i>Aegiceras corniculata</i>	1/1	0	0	0
杨叶肖瑾 <i>Thespesia populnea</i>	3/5	4	1/1	0
黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i>	12/14	4/7	0	0
海芒果 <i>Cerbera manghas</i>	1/2	2	0	0
海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i>	13/14	1/3	1/1	0
合计(株*) Total (Strains)	62/81	9/27	5/7	1/3

注: \*: 筛选阳性菌株数/分离菌株数。  
Note: \*: Positive strains/isolated strains.

2.2 菌株发酵液生理活性筛选结果

使用耻垢分枝杆菌、临床分离的多重耐药菌粪肠球菌 HH22 和奇异变形杆菌临床分离株 Pm631SE 等作为检定菌, 运用以结核分枝杆菌 DNA 回旋酶和绿脓杆菌 SecA 蛋白等为靶点的药物筛选模型以及抑制 SS04 生长的降血脂药物筛选方法对 118 株红树植物内生放线菌进行了抗细菌、抗耐药菌以及降血脂等活性的初步检测, 发现 77 株放线菌的发酵液样品在一个或多个药物筛选方法中显示为阳性(表 2), 初筛阳性率为 65.3%。其中, 源于植物根部的 81 株

菌中, 初筛阳性菌株为 62 株, 阳性率为 76.5%; 源于茎的 27 株菌中, 初筛阳性菌株数为 9 株, 阳性率为 33.3%; 源于植物叶片的 7 株菌中, 初筛阳性菌株有 5 株, 阳性率为 71.4%。从红海榄和木榄胚轴中分离得到的 3 株菌中, 有 1 株为初筛阳性菌株, 阳性率为 33.3%。

表 2 菌株的生理活性筛选结果<sup>#</sup>  
Table 2 Physiological activities screening results<sup>#</sup>

筛选模型 Screening model	700044	SS04	631	HH22	SS12	PASecA
<i>Streptomyces</i>	15/44	5/44	11/44	20/44	19/44	1/44
<i>Micromonospora</i>	5/25	7/25	6/25	11/25	10/25	1/25
<i>Lentzea</i>	1/1	0	0	0	1/1	1/1
<i>Saccharothrix</i>	0	0	1/3	0	2/3	0
<i>Nocardia</i>	0	0	0	0	3/3	0
<i>Nocardiopsis</i>	0	0	0	0	1/1	0

注: 700044: *Mycobacterium smegmatis*, ATCC700044; SS04: 赭色掷孢酵母 SS04; 631: 奇异变形杆菌 Pm631SE; HH22: 粪肠球菌 HH22; SS12: 草分枝杆菌 SS12 (结核分枝杆菌 GyrB 药物筛选模型); PASecA: 绿脓杆菌 SecA 药物筛选模型; <sup>#</sup>: 筛选阳性菌株数/该属的菌株总数。

Note: 700044: *Mycobacterium smegmatis*, ATCC700044; SS04: *Sporobolomyces salmonicolor* SS04; 631: *Proteus mirabilis* Pm631SE; HH22: *Enterococcus faecalis* HH22; SS12: *Mycobacterium phlei* SS12 (novobicin supersensitive strain); PASecA: Drug screening model targeted on *Pseudomona aeruginosa* SecA; <sup>#</sup>: Positive strains/isolated strains.

分离自木榄叶片的菌株 I07A-01824 在抗多重耐药药检定菌 HH22 和降血脂模型上都显示出良好的活性。在不同的筛选模型上筛选菌株的阳性率差异比较大, 其中有 36 株菌在结核分枝杆菌 GyrB 药物筛选模型上显示阳性, 而在绿脓杆菌 SecA 药物筛选模型上仅有 3 株菌的结果为阳性, 多数菌株(41 株)仅在一个筛选模型上呈现阳性。菌株 I07A-01824 对赭色掷孢酵母 SS04 和多重耐药菌粪肠球菌 HH22 同时具有较强的抑制作用。通过菌株 I07A-01824 的发酵液样品进行了分离纯化和结构解析, 发现菌株 I07A-01824 可产生一种在第 8 位碳原子上带有乙酰氧基的抗霉素 A18(该研究结果已另文发表)<sup>[13]</sup>。该结果表明红树林植物内生放线菌是具有潜在应用价值的、很有前景的新型天然生理活性次级代谢产物的有效来源。

## 2.3 菌种鉴定结果

对筛选得到的具有生理活性的菌株进行 PCR 扩

增并测序, 得到的 16S rRNA 基因 (序列注册号为 GU550523-GU550599) 在 GenBank 中进行 BLAST 搜索比对。基因序列比对结果显示 77 株放线菌中 44 株菌与链霉菌属(*Streptomyces*)菌株 16S rRNA 基因的相似性为 98%–100%; 25 株菌与小单孢菌属(*Micromonospora*)菌株的 16S rRNA 基因相似性为 98%–100%; 3 株菌与糖丝菌属(*Saccharothrix*)菌株的 16S rRNA 基因相似性为 98%–99%; 3 株菌与诺卡氏菌属(*Nocardia*)菌株的 16S rRNA 基因相似性为 98%–99%; 1 株菌与拟诺卡氏菌属(*Nocardiopsis*)菌株的 16S rRNA 基因相似性为 98.3%; 1 株菌与伦茨氏菌属(*Lentzea*)菌株的 16S rRNA 基因相似性为 99.1%。

其中菌株 I07A-01824 的 16S rRNA 基因和链霉菌属菌种 *S. albidoflavus*、*S. canescens*、*S. champavatii*、*S. coelicolor*、*S. felleus*、*S. globisporus* subsp. *caucasicus*、*S. griseus* subsp. *solvifaciens*、*S. limosus*、*S. odorifer*、*S. sampsonii* 的 16S rRNA 基因相似性均为 100%。细胞壁含 LL-DAP; 极性脂以 Phosphatidyl ethanolamine (PE) 为主, 含有少量未知结构的氨基磷脂; 甲基萘醌的组成为 MK-9(H<sub>4</sub>) (38.50%)、MK-9(H<sub>6</sub>) (35.60%)、MK-9(H<sub>8</sub>) (8.40%)、MK-8(H<sub>6</sub>) (8.4%); 细胞脂肪酸谱为 anteiso-C<sub>15:0</sub> (37.2%)、iso-C<sub>16:0</sub> (12.9%)、iso-C<sub>15:0</sub> (8.0%)、iso-C<sub>17:0</sub> (7.8%)、iso-C<sub>14:0</sub> (7.6%)、C<sub>16:0</sub> (6.2%)、C<sub>15:0</sub> (5.2%)、anteiso-C<sub>15:0</sub> 2OH (5.1%)、C<sub>16:1</sub> CIS9 (5.1%)、anteiso-C<sub>17:1</sub> (2.7%)、iso-C<sub>16:1</sub>H (2.2%); 基因组 G + C 含量是 68.7 mol%。以上表型特征显示, 菌株 I07A-01824 和黄白链霉菌菌株 *Streptomyces albidoflavus* DSM 40455<sup>T</sup> 的表型特征<sup>[14]</sup>相符合。在基于 16S rRNA 基因序列分析的系统进化树上(图 1), 菌株 I07A-01824 和上述菌株聚在一个稳定的进化分枝上, 其进化距离为 0。根据多位点基因分析和 DNA-DNA 杂交实验研究结果, Rong 等学者提议将 *S. albidoflavus*、*S. canescens*、*S. champavatii*、*S. coelicolor*、*S. felleus*、*S. globisporus* subsp. *Caucasicus*、*S. griseus* subsp. *Solvifaciens*、*S. limosus*、*S. odorifer*、*S. sampsonii* 合并为同一个种 *S. albidoflavus*<sup>[14]</sup>。综合表型和基因型特征, 确定菌株 I07A-01824 属于黄白链霉菌 *S. albidoflavus* 种中的一员。

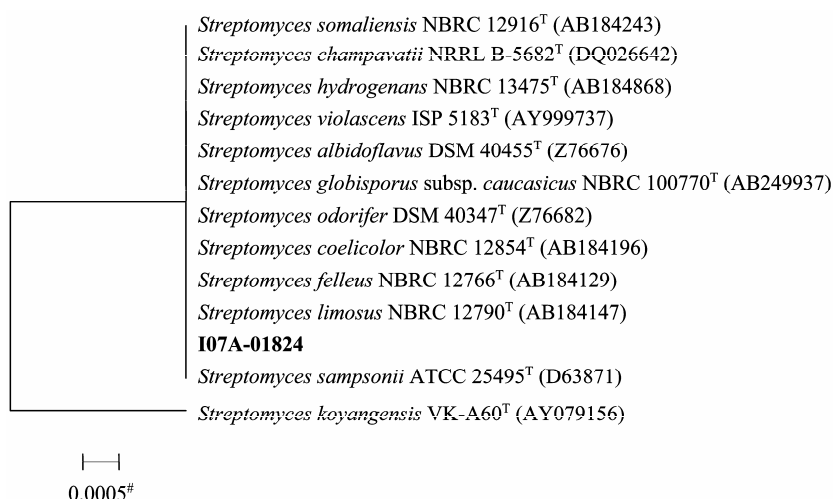


图 1 基于 16S rRNA 基因分析的 I07A-01824 与相关菌株的 N-J 系统的发育树

Fig. 1 Neighbour-joining trees based on 16S rRNA gene sequences of I07A-01824 and related strains

注: #: 0.005% 序列差异。

Note: #: 0.005% sequence divergence.

### 3 讨论

随着从来源于普通环境土壤微生物中分离、筛选新化合物几率的不断下降,人们已经逐步将注意力转向了特殊生境的微生物<sup>[4]</sup>。新型次生代谢产物 Salinisporamycin 的发现进一步激发了大家对特殊生境下放线菌研究的热情<sup>[15]</sup>。生存于热带和亚热带地区沿海沼泽的特殊植物群,红树植物为其内生菌提供了一个特殊的生态环境<sup>[16]</sup>。本研究从广西山口红树植物中分离得到了放线菌中 6 个属的 118 株菌,初步显示了红树植物内生放线菌的多样性。菌株的生理活性筛选结果显示,分离菌株中 12 株对 Pm631 SE 的生长有抑制作用,19 株对 HH22 有抑菌活性,13 株对耻垢分枝杆菌有抑菌作用,3 株对 SS04 有拮抗作用,36 株在结核分枝杆菌 DNA 回旋酶模型上有活性,2 株在绿脓杆菌 SecA 蛋白模型上显示阳性。这组数据表明了红树植物内生放线菌产生生理活性物质的多样性,为寻找新的抗菌药物提供了重要的资源。本研究中,从红树植物的根部分离得到的菌株数量最多,占总分离菌株的 69.2%,而且,这部分菌株的初筛活性率(76.5%)也最高。因此,同一植物内生放线菌的分布及其生物学特性是否具有组织特异性,还值得进一步深入探索。同时,节槿根茎叶组织样品中的微生物还有待于进一步采集和分离研究。来源于木榄叶片组织的菌株 I07A-01824 是链霉

菌属的已知种(黄白链霉菌种)的一员,其代谢产物对 HH22 和 SS04 都有抑菌作用,菌株 I07A-01824 产生的具有良好抗菌活性的化合物 A18 为首次在天然产物中发现。以上研究结果也显示出从新来源的旧物种中寻找新化合物的希望。

致谢:真诚感谢山口国家红树林生态自然保护区英罗管理站的同志们在样品采集时给予的热情帮助和指导。

### 参 考 文 献

- [1] Bacon CW, White JF. Microbial Endophytes. New York: Marcel Dekker Inc, 2000.
- [2] Li JY, Harper JK, Grant DM, et al. Ambuic acid, a highly functionalized cyclohexenone with antifungal activity from *Pestalotiopsis* spp. and *Monochaetia* sp.. *Phytochemistry*, 2001, **56**(5): 463–468.
- [3] Athiresam KBL. Biology of mangroves and mangroves Ecosystems. *Advances in Marine Biology*. New York: Academic Press, 2001(40): 81–251.
- [4] 李文均, 徐平, 徐丽华, 等. 极端环境中的放线菌资源. *微生物学通报*, 2003, **30**(4): 125–127.
- [5] 顾觉奋, 罗学刚. 极端微生物活性物质的研究进展. *中国天然药物*, 2003(14): 252–256.
- [6] Han L, Huang XS, Sattler I, et al. Two new constituents from mangrove *Bruguiera gymnorhiza*. *J Asian Nat Prod Res*, 2007(9): 327–331.
- [7] Huo C, Liang H, Tu G, et al. A new 5, 11-epoxymegastigmane glucoside from *Acanthus ilici-*

- folius*. *Nat Prod Res*, 2008(22): 896–900.
- [8] Wu J, Xiao Q, Huang J, *et al.* Xyloccensin O and P, unique 8,9,30-phragmalin ortho esters from *Xylocarpus granatum*. *Org Lett*, 2004(6): 1841–1844.
- [9] Hong K, Gao AH, Xie QY, *et al.* Actinomycetes for marine drug discovery isolated from mangrove soils and plants in China. *Marine Drugs*, 2009(7): 24–44.
- [10] 赵莉莉, 李秋萍, 魏玉珍, 等. 以 SecA 为靶点的新型抗绿脓杆菌药物细胞水平筛选模型的建立和应用. *微生物学通报*, 2008, **35**(12): 1926–1931.
- [11] 张明, 肖春玲, 郝雪秦, 等. 以 DNA 回旋酶 B 亚基为靶点的抗结核药物筛选模型的建立及初步应用. *中国抗生素杂志*, 2004, **29**(12): 742–745.
- [12] 徐丽华, 李文均, 刘志恒. 放线菌系统学—原理、方法及实践. 北京: 科学出版社, 2007: 40–47, 66–80, 119–128.
- [13] Han NN, Yan LL, Zhang YQ, *et al.* Naturally occurring antimycin A<sub>18</sub> produced by an endophytic *Streptomyces albidoflavus* isolated from a mangrove plant. *J Antibiot*, 2010, accepted.
- [14] Rong XP, Guo YP, Huang Y. Proposal to reclassify the *Streptomyces albidoflavus* clade on the basis of multilocus sequence analysis and DNA-DNA hybridization, and taxonomic elucidation of *Streptomyces griseus* subsp. *solvifaciens*. *Syst Appl Microbiol*, 2009(32): 314–322.
- [15] Matsuda S, Adachi K, Matsuo Y, *et al.* Salinisporamycin, a novel metabolite from *Salinispora arenicora*. *J Antibiot (Tokyo)*, 2009, **62**(9): 519–526.
- [16] 徐小雄, 林海鹏, 阮继生, 等. 从红树植物根际土壤选择性分离小双孢菌. *微生物学通报*, 2009, **36**(9): 1299–1304.

## 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, 已取得北京市工商行政管理局正式批准的广告经营许可证(京海工商广字第 8107 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的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:** 从 2007 年起, 各公司与此四刊签订的广告费用请汇入以下新账号:

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; 010-64807521

联系人: 武文 王闵

电子信箱: gg@im.ac.cn

网 址: <http://journals.im.ac.cn>