

一株生防圆突起链霉菌的分类鉴定

文才艺* 郑东光 陈建光 刘松

(河南农业大学植物保护学院 河南 郑州 450002)

摘要: 菌株 SCY311 是从河南省凤凰山土壤样品中分离到的, 对多种植物病原真菌具有拮抗活性的一株放线菌。为了明确其分类地位, 在形态特征、培养特征、生理生化特征、细胞壁组分测定等传统分类学方法的基础上, 测定和分析了菌株的 16S rRNA 基因序列。结果表明, 菌株 SCY311 在高氏一号培养基上生长良好, 基内菌丝呈褐色; 气生菌丝灰色至鼠灰色, 不产生可溶性色素, 无吸水现象; 孢子链卷曲, 末端形成闭合或开放螺旋; 孢子椭圆或圆柱状, 表面形成结节状突起; 生理生化特征和在国际链霉菌计划(ISP)培养基上的培养特征与圆突起链霉菌 *Streptomyces torulosus* 基本一致; 菌株 SCY311 的 16S rRNA 序列与 *S. torulosus* 的 16S rRNA 序列同源性为 99.9%。因此, 将菌株 SCY311 鉴定为圆突起链霉菌。

关键词: 圆突起链霉菌, 孢子形态, 分类, 拮抗活性

Taxonomy of the *Streptomyces torulosus* strain exhibiting potential for biological control

WEN Cai-Yi* ZHENG Dong-Guang CHEN Jian-Guang LIU Song

(College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: The actinomycete strain SCY311, which exhibited antifungal activity against various plant pathogenic fungi, was isolated from the soil samples collected from Fenghuang Mountain in Henan province in China. Identification of strain SCY311 was conducted by the methods of traditional and molecular biological taxonomy, including determination of morphological characteristics, cultural characteristics, physiological and biochemical properties, cell wall components and 16S rRNA sequences analysis. Results showed that strain SCY311 grew well on Gause's synthetic agar plate. The color of substrate mycelium appeared brown, while that of aerial mycelium went from gray to mouse gray. The strain SCY311 neither produced the soluble pigment nor exhibited hygroscopicity. Spores were arranged in coil chains and the branched spore chains formed open or closed spirals. Spores were oval or columned in ship and the spore wall ornamentation category was knobby. Physiological proper-

基金项目: 河南省公益性重大招标项目(No. 081100911300); 河南省自然科学基金项目(No. 2009B210015)

*通讯作者: Tel: 86-371-63558170; Fax: 86-371-63558170; ✉: cywen@0@hotmail.com
收稿日期: 2010-09-28; 接受日期: 2010-12-08

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

ties and cultural characteristics of the strain SCY311 on the ISP media were in close agreement with that of the *Streptomyces torulosus*. The 16S rRNA gene sequence of strain SCY311 showed 99.9% similarity to that of *S. torulosus*. Based on the results above, the strain SCY311 was identified as *S. torulosus*.

Keywords: *Streptomyces torulosus*, Spore morphology, Taxonomy, Antibiotic activity

放线菌是产生抗生素及其他生物活性物质的主要微生物资源,但是由于研究方法和技术的局限性,目前只有 0.1%–1.0%的放线菌可以得到纯培养,因此仍有极其丰富的放线菌种群有待人们去认识和开发^[1]。放线菌分类的目的不仅在于认识这类微生物,更重要是有助于开发和利用这类微生物资源。与其他微生物分类学一样,放线菌分类学经历了从描述性向实验性、定性化向定量化的研究历程。特别是随着生物化学及分子生物学理论和技术的发展,分子分类学研究已逐渐成为放线菌分类的核心内容,其中 DNA 杂交和 16S rRNA 序列分析已成为属、类群及种鉴定不可或缺的证据,被称为“黄金标准”(Gold standard)^[2–3]。在实际研究工作中,由于 16S rRNA 基因在原核生物中的高度保守性,其在近似种、亚种或同一种内不同菌株之间的鉴别分辨力十分有限。16S–23S rRNA 基因间隔区(Intergenic spacer region, ISR)以其无特定功能和进化速率比 16S rRNA 大 10 倍而成为细菌种以下分类和鉴定的热点^[4–5]。但是,由于 16S–23S rRNA ISR 序列的复杂性以及相关数据库中所提交的序列数量有限,而且 16S rRNA 和 16S–23S rRNA ISR 序列的差异水平究竟为多大时可鉴定为不同的属或种(亚种),至今尚无严格的标准,因此,分子分类并不能解决放线菌分类学研究中的所有问题,形态学和化学分类等传统分类方法仍然是放线菌分类的有效手段之一。

在放线菌形态学分类中,孢子表面形态结构是重要的特征性指标之一,通常可描述成光滑(Smooth)、疣状突起(Warty)、刺状突起(Spiny)和毛状突起(Hairy) 4 种类型^[6]。Dietz 和 Mathew^[7]在此基础上又提出了第 5 种形态,即皱褶型(Rugose)。Lyons and Pridham^[8]在对分离自美国爱荷华州(Iowa)土壤样品的几株链霉菌进行分类研究时发现,其孢子表面纹饰(Ornamentation)并不完全符合上述 5 种典型的结构类型,而是形成介于疣状突起和刺

状突起之间的结节状(Knobby)突起,并据此将其鉴定为新种,即圆突起链霉菌(*Streptomyces torulosus* sp. n.),这是国际上首次报道 *S. torulosus*。菌株 SCY311 是我们从河南省新密市凤凰山土壤样品中分离的一株对多种植物病原真菌具有拮抗活性的放线菌。该菌株在生理生化特征、培养特征以及 16S rRNA 序列等方面与 *S. torulosus* 相近,其孢子外壁也形成结节状突起。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 菌种来源:放线菌 SCY311,稻瘟病菌 *Magnaporthe grisea*,稻曲病菌 *Ustilagoideia virens*,小麦全蚀病菌 *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*,小麦纹枯病菌 *Rhizoctonia cerealis*,小麦赤霉病菌 *Fusarium graminearum*,玉米小斑病菌 *Bipolaris maydis*,玉米大斑病菌 *Exserohilum turcicum*,玉米弯孢霉叶斑病菌 *Curvularia lunata*,玉米青枯病菌 *Pythium aphanidermatum*,高粱炭疽病菌 *Colletotrichum graminicola*,辣椒疫霉病菌 *Phytophthora capsici*,西瓜炭疽病菌 *Colletotrichum orbiculare*,黄瓜灰霉病菌 *Botrytis cinerea* 和烟草赤星病菌 *Alternaria alternata* 均由河南农业大学植物病理系植物病害生物防治研究室分离和保存。

1.1.2 主要试剂和仪器:菌株 DNA 提取试剂盒购自天根生化科技(北京)有限公司;PCR 产物回收试剂盒、质粒提取试剂盒和 Marker 均购自上海莱枫生物科技有限公司;德国 Eppendorf 公司 Mastercycler pro S 型 PCR 仪;日本日立公司 S-3400N-II 型扫描电子显微镜。

1.1.3 培养基:高氏一号(G-1);马铃薯葡萄糖琼脂(PDA);国际链霉菌计划(ISP)推荐的 7 种培养基培养基,分别为蛋白胨酵母浸膏琼脂(ISP 1)、麦芽汁酵母琼脂(ISP 2)、燕麦琼脂(ISP 3)、无机盐淀粉琼脂

(ISP 4)、甘油天冬酰胺琼脂(ISP 5)、铁蛋白脲酵母膏琼脂(ISP 6)和酪蛋白琼脂(ISP 7)。以上培养基的配制方法参见文献[9]。

1.2 方法

1.2.1 拮抗活性测定: 采用对峙培养法^[10]。用灭菌的打孔器将 G-1 平板培养基上培养 5 d 的放线菌 SCY311 打成直径为 5 mm 的菌饼, 将菌饼对称接种至距 PDA 平板中心 30 mm 处(菌饼与平板的中心在同一条直线上), 28 °C 培养 2 d 后将直径为 5 mm 的靶标病原菌菌饼接种至 PDA 平板的中央, 重复 3 皿。27 °C 培养 5-7 d 后, 测量抑菌带宽度(SCY311 菌落边缘至同侧靶标病原菌菌落边缘的直线距离); 将 SCY311 纯培养物于 28 °C 培养 30 d 后, 转接至 G-1 斜面培养基继续培养, 记为 F 1, F 1 在相同条件下培养 30 d 后再转接至 G-1 斜面培养基, 记为 F 2, 依此转接, 直至 F 5 代。以小麦纹枯病菌为靶标菌, 用对峙培养法分别测定 F 1、F 2、F 3、F 4 和 F 5 代菌株的拮抗活性。

1.2.2 形态及培养特征观察: 采用插片法^[11]观察基内菌丝。利用扫描电子显微镜观察孢子链和孢子的形态特征并拍照。培养特征参照文献[12]提供的色谱图描述。

1.2.3 生理生化特征测定: 菌株 SCY311 的生理生化测定参照文献[13]。

1.2.4 细胞壁化学组分分析: 采用快速薄板层析法^[14-15]对菌株 SCY311 进行全细胞壁氨基酸及糖型分析。

1.2.5 16S rRNA 序列分析: 参考姜淑梅等^[16]的方法提取菌株 SCY311 的基因组总 DNA 并对 16S rDNA

序列进行 PCR 扩增^[17]。Primer A: 5'-AGAGTTTGAT CCTGGCTCAG-3', Primer B: 5'-AAGGAGGTGATC CAGCCGCA-3', PCR 反应条件为: 94 °C 4 min; 94 °C 1 min, 55 °C 1 min, 72 °C 2 min, 30 个循环; 72 °C 10 min; 4 °C 保存。PCR 产物用 TaKaRa Agarose Gel DNA Purification Kit Ver. 2.0 回收, 然后进行转化和酶切验证, 转化后的质粒由宝生物工程(大连)有限公司完成序列测定。所测得的 16S rRNA 序列提交至 GenBank, 并与数据库中已有序列进行 BLSAT 分析比对, 选取同源性较高的链霉菌菌株的 16S rRNA 序列作为参比对象, 运用 ClustalX 1.8 软件进行多重序列匹配排列(Multiple alignments)分析, 通过 MEGA 4.0 软件, 采用邻接法(Neighbor-Joining)构建系统进化树^[18]。

2 结果与分析

2.1 菌株 SCY311 的抑菌谱

研究结果表明, 菌株 SCY311 对 *U. virens*、*P. aphanidermatum*、*P. capsici*、*C. orbiculare* 等 14 种植物病原真菌具有较强的拮抗作用(图 1, 表 1)。菌株连续转接 5 代后, 对小麦纹枯病菌的拮抗活性保持不变(图 2), 说明该菌株对小麦纹枯病菌具有稳定的拮抗活性, 有一定的生防潜能。

2.2 菌株 SCY311 的形态及培养特征

菌株 SCY311 在 G-1 培养基上生长 1-3 d 时, 菌落呈白色, 之后逐渐呈灰色至鼠灰色, 单菌落边缘呈丝状, 不产生可溶性色素, 无吸水现象。基内菌丝发达, 多分枝; 气生菌丝丰富, 孢子链卷曲, 末端形成闭合或开放的螺旋; 孢子椭圆或圆柱状, 表面形成结节状突起(图 3), 与文献[8]报道的结果一致。

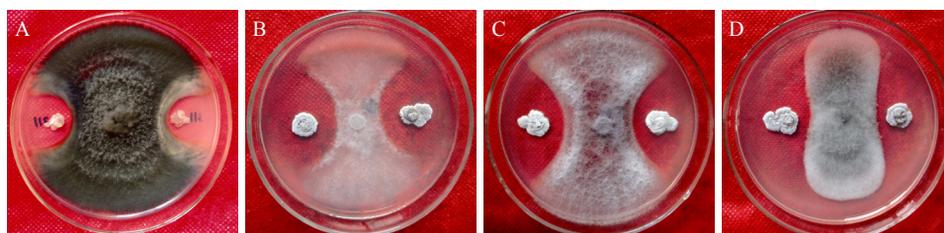


图 1 菌株 SCY311 对 4 种植物病原真菌的抑菌效果

Fig. 1 Inhibition effect of strain SCY311 on four pathogenic fungi strains

Note: A: *U. virens*; B: *P. aphanidermatum*; C: *P. capsici*; D: *C. orbiculare*.

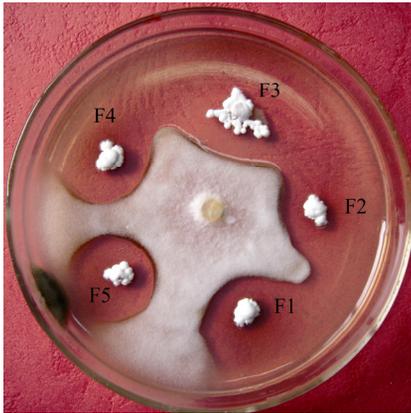


图 2 菌株 SCY311 继代培养后对小麦纹枯病菌的抑制作用

Fig. 2 Inhibition effect of different generations from the original strain SCY311 on *Rhizoctonia cerealis*

Note: F 1, F 2, F 3, F 4 and F 5 means the number of generation from the original strain SCY311, respectively.

SCY311 在 ISP 培养基上的培养特征见表 2。菌株在 ISP 1、ISP 2 和 ISP 6 上生长良好, 气生菌丝灰色, 基内菌丝棕色至暗棕色; 在 ISP 3、ISP 4 和 ISP 7 上生长状况一般, 气生菌丝灰色至鼠灰色, 基内菌丝无色; 在 ISP 5 上生长较弱, 基内菌丝浅棕色; 除

在 ISP 6 上产生黄棕色可溶性色素外, 均无可溶性色素产生。

2.3 菌株 SCY311 的生理生化特征

由表 3 可见, 菌株 SCY311 能使明胶液化, 淀粉水解弱, 能产生 H_2S 和黑色素, 不能使牛奶凝固与胨化, 硝酸盐还原, 纤维素上不生长, 耐盐性为 7%。可利用肌醇、鼠李糖、果糖、蔗糖、甘露糖、葡萄糖和木糖, 不利用阿拉伯糖和棉子糖。

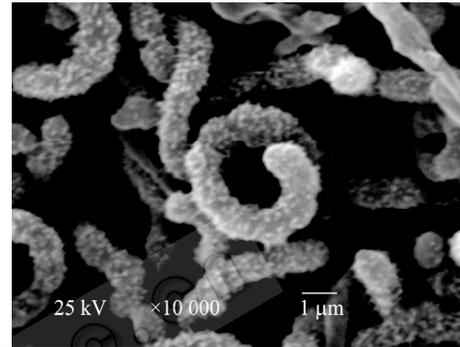


图 3 菌株 SCY311 孢子链及孢子的形态结构(×10 000)

Fig. 3 Morphological structure of the spore chain and spores of strain SCY311 as observed with scanning electron microscopes (×10 000)

表 1 SCY311 对 10 种植物病原真菌的抑菌带
Table 1 Inhibition effect of strain SCY311 on ten pathogenic fungi strains

植物病原真菌 Plant pathogenic fungi	抑菌带 Inhibition belt (mm)	植物病原真菌 Plant pathogenic fungi	抑菌带 Inhibition belt (mm)
<i>Alternaria alternata</i>	14.6	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	13.3
<i>Botrytis cinerea</i>	15.3	<i>Exserohilum turcicum</i>	16.2
<i>Bipolaris maydis</i>	13.2	<i>Fusarium graminearum</i>	13.4
<i>Curvularia lunata</i>	11.8	<i>Magnaporthe grisea</i>	12.8
<i>Colletotrichum graminicola</i>	13.5	<i>Rhizoctonia cerealis</i>	18.1

表 2 菌株 SCY311 在 ISP 培养基上的培养特征
Table 2 Cultural characteristics of strain SCY311 on ISP media

培养基 Media	生长状况 Growth	气生菌丝 Aerial mycelium	基内菌丝 Substrate mycelium	可溶性色素 Soluble pigment
Tryptone yeast extract broth (ISP 1)	Abundant	Gray	Dark brown	None
Yeast malt agar (ISP 2)	Abundant	Gray	Brown	None
Oatmeal agar (ISP 3)	Moderate	Mouse gray	Colorless	None
Inorganic salt starch agar (ISP 4)	Moderate	Gray	Colorless	None
Glycerol asparagine agar (ISP 5)	Poor	Trace (Pale gray)	Light brown	None
Peptone yeast extract iron agar (ISP 6)	Abundant	Gray	Brown	Yellow brown
Tyrosine agar (ISP 7)	Moderate	Gray	Colorless	None

表3 菌株 SCY311 的生理生化特征
Table 3 Physiological and biochemical properties of strain SCY311

测定项目 Test items	结果 Results	碳源利用 Utilization of carbon source	结果 Results
Melanin pigmentation	+	D-fructose	+
Production of H ₂ S	+	D-glucose	+
Liquefaction of gelatin	+	D-mannitol	+
Starch hydrolysis	W	D-xylose	+
Coagulation of milk	-	I-inositol	+
Peptonization of milk	-	L-arabinose	-
Nitrate reduction	+	L-rhamnose	+
Degradation of cellulose	-	Raffinose	-
Tolerance to NaCl	Up to 7%	Sucrose	+

Note: +: Positive results; -: Negative results; W: Weak.

2.4 菌株 SCY311 的细胞壁化学组分分析

细胞壁水解液的 TCL 分析结果表明, 菌株 SCY311 的细胞壁化学组成中含有 L,L-DAP、甘氨酸和天冬氨酸, 无特征性糖, 糖型 C, 细胞壁化学组分属于 I 型。符合链霉菌属的化学分类特性。

2.5 菌株 SCY311 的分子鉴定结果

菌株 SCY311 的 16S rRNA 序列长度为 1 522 bp, GenBank 登录号为 GU045546。将该序列与 GenBank 数据库中相关序列进行 BLAST 分析, 选取同源性较高的 10 株链霉菌菌株的 16S rRNA 序列构建系统发育树, 如图 4 所示, 菌株 SCY311 与 *S. torulosus* (AB184686) 和 *S. hygroscopicus* (AB184560)

处于进化树中的同一分支, 同源性均为 99.9%。但是, 菌株 SCY311 在纯培养过程中没有吸水现象, 生理生化特征也与 *S. hygroscopicus* 差别较大, 所以, SCY311 应归属于 *S. torulosus*。Lyons 对 *S. torulosus* 进行分类学研究时曾讨论过 *S. torulosus* 和 *S. hygroscopicus* 在分类学上的关系, Tresner HD 等^[19]根据 *S. hygroscopicus* 孢子表面结构特征将其归为皱褶型(Rugose), 而 Lyons 则认为 *S. hygroscopicus* 孢子表面呈皱褶型与其吸水性有关, 并通过孢子表面的超微结构分析和培养过程中是否出现吸水现象, 将 *S. torulosus* 菌株和 *S. hygroscopicus* 菌株严格区分开来。从我们的研究结果来看, *S. torulosus* 与 *S. hygroscopicus* 的确存在一定的进化关系。

3 讨论

在研究菌株的培养特征、生理生化特征和孢子表面结构特征的基础上, 结合 16S rRNA 序列分析结果, 将菌株 SCY311 鉴定为圆突起链霉菌, 暂命名为 *S. torulosus* SCY311。

自 Lyons 和 Pridham 于 1971 年首次报道 *S. torulosus* 以来, 除了对其孢子表面结构进行了更为深入地研究外^[20], 尚未见对该菌株其他方面的研究报道。GenBank 数据库中, 除了我们提交的 16S rRNA 序列(GU045546)外, 还有 2 个序列, 即 AB184686 和 AJ781367, 分别由日本学者 Tamura (2004) 和比利

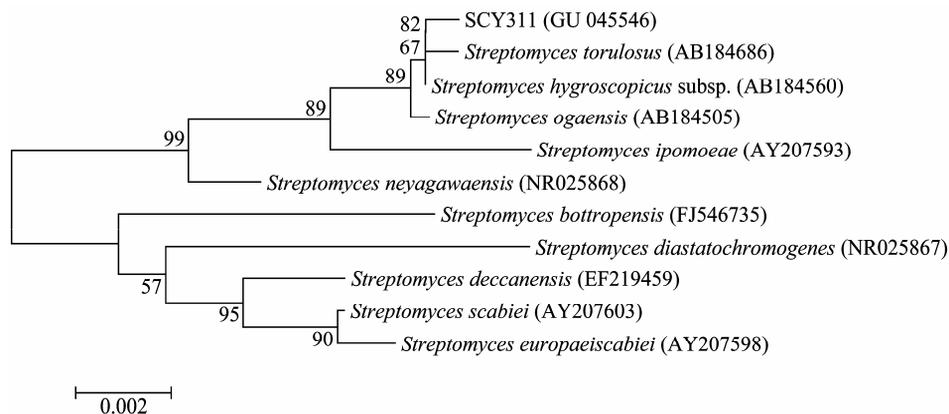


图4 基于菌株 SCY311 16S rRNA 序列与近似种 16S rRNA 序列构建的系统进化树

Fig. 4 Phylogenetic tree based on 16S rRNA sequences between strain SCY311 and other closely related species

Note: The figures at each branch points represent percentage based on 1 000 resample; Numbers in the parenthesis are the sequence accession numbers in GenBank; Bar: 0.002 sequence divergence.

时学者 Lanoot (2005)提交,他们之间的序列同源性均为 99.9%。以上 16S rRNA 序列分析结果印证了 Lyons 等学者根据孢子表面形态结构特征对链霉菌进行分类鉴定的科学性。为了进一步明确菌株 SCY311 的分类地位,我们还测定了其 16S-23S rRNA ISR 序列(GenBank 登录号为 GU358066),但是在 BLAST 比对结果中没有与之匹配的 *S. hygrosopicus* 和 *S. torulosus* 16S-23S rRNA ISR 序列,我们从数据库中也未搜索到 *S. hygrosopicus* 和 *S. torulosus* 的相关序列,说明数据库中暂时还没有这 2 种链霉菌的 16S-23S rRNA ISR 序列提交,这也反映了 16S-23S rRNA ISR 序列分析方法在放线菌分类研究中的局限性。

Lyons 和 Pridham 认为,在扫描电子显微镜下, *S. torulosus* 孢子表面的突起结构为细胞壁纹饰(Ornamentation)不可分割的组分之一;而在透射电镜下,其孢子表面为典型的结节状突起,如同粘贴在孢子外壁的片状(Flakes)结构,明显区别于 Dietz 报道的刺状、皱褶、毛状或疣状结构^[8]。我们将菌株 SCY311 的扫描电镜观察结果分别与文献[7]、[8]报道的结果进行比对后发现,SCY311 孢子外壁结构与 *S. hygrosopicus* 孢子外壁结构相差甚远,而与 *S. torulosus* 孢子外壁结构吻合,属于典型结节状突起。在培养特征和生理生化特征方面,除了在阿拉伯糖和棉子糖的利用方面存在差异外,菌株 SCY311 与 *S. torulosus* 完全一致。但两者在拮抗活性方面存在较大的差异,如 *S. torulosus* 对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌等多种细菌具有较强的抑制作用,对巴氏酵母抑制作用较弱,不抑制白色假丝酵母^[21],而菌株 SCY311 对小麦纹枯病菌、水稻稻曲病菌等多种植物病原真菌具有较强的抑制作用,显示出良好的植物病害生物防治潜力。目前,国内外对 *S. torulosus* 的研究仅限于分类学方面,而将其作为产生活性物质的资源微生物,尤其是在植物病害生物防治方面的应用尚未见报道。鉴于 *S. torulosus* SCY311 及其代谢产物对多种植物病原真菌具有稳定的拮抗活性,我们将在该菌株发酵条件和代谢产物的分离纯化等方面进行深入研究,以期从中获得新型抗菌活性物质。

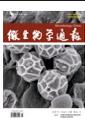
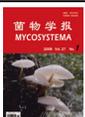
参 考 文 献

- [1] 刘志恒,姜成林. 放线菌现代生物学与生物技术[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 9.
- [2] Mullie CJ. Use of 16S rRNA gene sequence for the description of new species//Peter A, McNamara. Trends in RNA research[M]. New York: Nova Science Pub Inc, 2006: 270-272.
- [3] Stackebrandt E, Goebel BM. Taxonomic note: a place for DNA-DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary, 1994, 44(4): 846-849.
- [4] Nguimbi E, Li YZ, Gao BL, et al. 16S-23S ribosomal DNA intergenic spacer regions in cellulolytic myxobacteria and differentiation of closely related strains[J]. Systematic and Applied Microbiology, 2003, 26(2): 262-268.
- [5] Nagpal ML, Fox KF, Fox A. Utility of 16S-23S rRNA intergenic spacer region methodology: how similar are interspace regions within a genome and between strains for closely related organisms?[J]. Journal of Microbiological Methods, 1998, 33(3): 211-219.
- [6] Tresner HD, Davies MC, Backus EJ. Electron microscopy of *Streptomyces* spore morphology and its role in species differentiation[J]. Journal of Bacteriology, 1961, 81(1): 70-80.
- [7] Dietz A, Mathews J. Classification of *Streptomyces* spore surfaces into five groups[J]. Applied Microbiology, 1971, 21(3): 527-533.
- [8] Lyons AJ, Pridham TG. *Streptomyces torulosus* sp. n., an unusual knobby-spored taxon[J]. Applied Microbiology, 1971, 22(2): 190-193.
- [9] Shirling EB, Gottlieb D. Methods for characterization of *Streptomyces* species[J]. International Journal of Systematic Bacteriology, 1966, 16(3): 313-340.
- [10] Angelini P, Pagiotti R, Granetti B. Effect of antimicrobial activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil on antagonistic potential of *Pleurotus* species against *Trichoderma harzianum* in dual culture[J]. World J Microbiol Biotechnol, 2008, 24(2): 197-202.
- [11] 方中达. 植病研究方法[M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 243-249.
- [12] 中国科学院微生物研究所放线菌分类组. 链霉菌鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 1975: 1-31.
- [13] 阎逊初. 放线菌的分类和鉴定[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 268-1048.
- [14] 王平. 测定放线菌菌体中氨基酸和单糖的快速方法

- 薄层层析法[M]. 微生物学通报, 1986, 13(5): 228-231.
- [15] 梁蓉芳, 袁德军, 夏涛, 等. 放线菌细胞壁化学组分分析方法的研究[M]. 微生物学通报, 1990, 17(4): 247-249.
- [16] 姜淑梅, 张龙, 戴世鲲, 等. 一种简单、有效的适于PCR操作的放线菌 DNA 提取方法[J]. 生物技术, 2007, 17(1): 39-41.
- [17] Brunel B, Givaudan A, Lanois A, et al. Fast and accurate identification of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* species by restriction analysis of PCR-amplified 16S rRNA gene[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1997, 63(2): 574-580.
- [18] Tamura K, Dudley J, Nei M, et al. MEGA4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0[J]. Molecular Biology and Evolution, 2007, 24(8): 1596-1599.
- [19] Tresner HD, Backus EJ. A broadened concept of the characteristics of *Streptomyces hygroscopicus*[J]. Applied Microbiology, 1956, 4(5): 243-250.
- [20] Vobis G, Zimmermann C. Fine structure of the knobby spore type of *Streptomyces torulosus*[J]. Archives of Microbiology, 1984, 138(3): 229-232.
- [21] 詹远. 圆凸起链霉菌. <http://spt.im.ac.cn/readResource.php?id=6665>. 2004.

征订启事

2011 年中科院微生物所期刊联合编辑部联合征订

	《微生物学报》月刊(每月 4 日出版), 单价 55.00 元, 全年定价 660 元。刊号: ISSN 0001-6209; CODEN WSHPA8。国内邮发代号: 2-504; 国外邮发代号: BM67。
	《生物工程学报》月刊(每月 25 日出版), 单价 65.00 元, 全年定价 780 元。刊号: ISSN 1000-3061; CODEN SGXUED。国内邮发代号: 82-13; 国外邮发代号: BM5608。
	《微生物学通报》月刊(每月 20 日出版), 单价 48.00 元, 年价 576 元。刊号: ISSN 0253-2654; CODEN WSWPDI。国内邮发代号: 2-817; 国外邮发代号: BM413。
	《菌物学报》双月刊(单月 15 日出版), 单价 80 元, 全年定价 480 元。刊号: ISSN 1672-6472; CODEN JXUUAЕ。国内邮发代号: 2-499; 国外邮发代号: Q723。
订阅	欢迎广大读者直接与本刊发行部联系订购, 我们将按期免费为您邮寄。
	汇款地址: (100101)北京市朝阳区北辰西路 1 号院 3 号中科院微生物所 B401
	收信人: 《 》编辑部; 电话: 010-64806142; E-mail: bjb@im.ac.cn
	请在附言处注明“订刊费”及所订期刊名称、年代、卷、期和数量。