

电子显微镜下放綫菌孢子的初步研究*

阮繼生 蔣宁寿**

(中国科学院微生物研究所, 北京)

放綫菌孢子的形成方式与结构是放綫菌分类的重要特征之一^[1]。以前只借助于光学显微镜研究放綫菌孢子的形态与大小, 由于其分辨率低, 实难反映放綫菌孢子的形态与胞壁结构的真实面目。近年来许多研究者^[2-9] 用电子显微镜研究放綫菌孢子的胞壁结构。并一致指出, 放綫菌孢子外壁除光滑者外, 尚有瘤状、不同长度的刺状和发状^[5-9]。近来, Лещевалье 与 Тихоненко^[13] 确实, 放綫菌孢子外壁的刺是极其稳定的, 不因孢子的年龄及培养基成分而改变。

大多数研究者: Küster^[6], Ettlinger 等^[9] Преображенская 等^[14], Tresner 等^[12] 认为孢子外壁的刺可作为放綫菌分类的特征。象 Küster^[6], Ettlinger 等^[9] 则根据孢子外壁光滑、刺状的不同将放綫菌分成不同的羣(组)。Baldacci 和 Grein^[8] 认为孢子外壁结构与孢子形状有关。Преображенская 等^[14], Tresner 等^[12] 认为孢子外壁结构与气生菌絲体颜色(或孢子颜色)有关。某些放綫菌羣的气生菌絲体颜色与孢子外壁结构有相关性, 但灰色、蓝色、产色、金色、粉红-肉桂色至粉红、黄褐色的气生菌絲体与其胞壁结构则不存有相关性。因而, 有人把胞壁结构作为放綫菌种的分类特征^[14]; 有人作为羣(组)的特征^[6,9]。至今在某些放綫菌分类的会议上^[15] 及文献中尚未做出肯定的结论。有待深入研究。

我们收集了国内外已定名的不同类型的放綫菌种, 借助于电子显微镜研究放綫菌孢子的胞壁结构。目的在于探讨孢子外壁结构与哪些分类特征有相关性; 同时明确胞壁结构在放綫菌分类上的作用。

試驗材料及方法

所用电子显微镜是德国西门子公司-2型, 分辨率 20 Å 左右。載样銅网的直径为 2 毫米。按一般方法制备火棉胶膜。依試用菌种的特点选用下述两种方法之一制片:

1. 气生菌絲体直接貼印法 将要观察的放綫菌接入高氏一号琼胶斜面上(或选用易于形成气生菌絲体的其他培养基)置入 27°C 下 7—15 天, 当气生菌絲体生长好时, 切取一小块带有气生菌絲体的培养基, 将气生菌絲体輕輕貼印在銅网的火棉胶膜上, 这个方法只适于易生长气生菌絲体的放綫菌, 其优点是简便; 但易造成火棉胶膜的破損或在膜上附有培养基的杂质, 影响照片的明晰。

2. 滴液法 将高氏一号琼胶倒入培皿内, 在凝固的琼胶表面上预先灭过菌的玻璃紙, 在玻璃紙上接种一滴放綫菌孢子悬液, 用无菌玻璃刮子将菌液涂开。培皿置于 27°C 下 7—15 天。当气生菌絲体在玻璃紙面上长好后, 剪取一块玻璃紙浸入灭菌水内, 制成孢子悬液, 以毛细管滴在銅网的火棉胶膜上。此法手續复杂, 但可避免培养基杂质的干扰。

* 本工作承閻遜初教授热情的指导; 参加工作还有陈嘉懿, 陈延生二同志, 一并致謝。

** 中国科学院金属研究所。

本文 1963 年 9 月 15 日收到。

經上述两种方法制成的样品,先在光学显微镜下进行鏡檢,选择孢子密度适当者(銅网的每个篩孔內載有 7—10 个孢子)在电子显微镜下以 50000 伏特电压、7000—10000 放大倍数进行观察和摄影。

試驗結果和討論

为便于探討孢壁結構在放綫菌分类上的作用,我們以基內菌絲体、气生菌絲体的顏色及孢子絲的显著特征(高氏一号淀粉培养基),将所研究的代表 101 个种的 177 株菌归納成 15 个羣。研究結果列入表 1:

由結果得知,借助于电子显微镜的观察,則发现不同种放綫菌的孢壁結構是多种多样的。按外形結構而論,可分为三个类型,即孢壁光滑者,瘤状者及带有长短不同的刺者。

表 1 放綫菌种的形态、培养特征与电子显微镜下孢壁結構的关系

种 名	株数	基內菌絲体	气生菌絲体	可溶性色素	孢 子 絲	电子显微镜下孢壁結構及孢子形状
1. 球孢放綫菌羣						
<i>Act. globisporus</i> 878 ¹⁾ , 3-282.	2	无色,或淺綠淡黃	淺象牙黃	无,或淺紅褐色	直	光滑、橢圓、球形
<i>Act. streptomycini</i> 01 ¹⁾	1	无色至淺紅褐色	淺黃淺綠色	无,或有时略帶淺綠色	直	光滑、橢圓
<i>Act. citreofluorescens</i> 2161 ¹⁾ , 12 ²⁾	2	淺桂皮淡棕	乳白、杏仁黃	无	直、波曲	光滑、橢圓
<i>Act. chrysomallus</i> 1817 ¹⁾ , 7-1.	2	淺黃色	乳白,淺茉莉黃	金黃色	直	光滑、長橢圓
<i>Act. bacillaris</i> 444 ²⁾	1	香水玫瑰黃帶褐色調	淺酪黃色	淺褐色	直	光滑、橢圓、杆狀
<i>Act. levoris</i> 6/6	1	无色(生長不良)	乳白	无	直	光滑、球形
<i>Act. vulgaris</i> 070 ²⁾	1	茉莉黃或褐綠色	乳白	无或淺黃綠色	直	光滑、球形
<i>Act. rubiginosohelvolus</i> 3-53, 3-346.	2	淺醬紫	淺黃綠	紅紫色	直	光滑、杆狀
<i>Act. odorifer</i> 3-498	1	淺芥黃	米黃	无	直	光滑、橢圓、圓形
<i>Str. griseus</i> A-75 ²⁾	1	淺芥黃	淺甘草黃	无	直	光滑、橢圓
2. 黃色放綫菌羣						
<i>Act. aureofaciens</i> 9002 ²⁾	1	淺黃褐色	粉白	无	直	光滑、橢圓、杆狀
<i>Str. sulphureus</i> 3007 ²⁾	1	淺芥黃	象牙白	无	直	光滑、圓、橢圓
<i>Str. gougeroti</i> 10975 ²⁾	1	金黃帶褐色調	米粉、粉白	无	直、波曲	光滑、長或短杆狀

注: 1) 菌种来自苏联;
2) 菌种来自波兰;
3) 菌种来自日本;菌号右上方不加标記者,系關遜初教授等人鉴定,并已发表;由本所菌种保藏組及放綫菌分类組的同志供給,特此致謝。

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

(續 表)

种 名	株数	基内菌絲体	气生菌絲体	可溶性色素	孢 子 絲	电子显微镜下胞壁结构及孢子形状
<i>Str. parvus</i> NRRL B-1255 ²⁾	1	浅山鸡黄	乳白、蚌肉白	无	直	光滑、杆状
<i>Act. flaveolo-spheroides</i> 8-25	1	山鸡黄	浅尘灰、乳白	黄	直	光滑、球状
<i>Act. cinnamonensis</i> 154-T3 ³⁾	1	浅黄褐	粉白	无, 浅褐	直	光滑、柱状、椭圆、杆
<i>Act. luteolutescens</i> 7-1	1	虎皮黄	浅黄或灰黄	黄	直	光滑、圆、长或短杆状
<i>Act. flaveolus rectus</i> 8-11	1	深桂皮淡棕	象牙白	浅米黄	直	光滑、椭圆、短杆状
<i>Act. fulvoviolaceus</i> 8 ¹⁾	1	浅黄	粉白	无	螺旋	光滑、柱状、圆形
<i>Act. microflavus</i> 04-4	1	浅火岩棕	浅淡玫瑰灰	无	螺旋	光滑、椭圆
<i>Act. flavus</i> 5-15	1	岩石棕	浅鹿角棕	岩石棕	螺旋	光滑、椭圆
<i>Act. aureus</i> 2-22	1	浅土黄	象牙白	无	螺旋	光滑、椭圆
3. 灰色放线菌羣						
<i>Act. griseolus</i> NRRL B-1062 ²⁾ , 2-75	2	浅芥黄	浅灰色	无	直	光滑、长或短杆状
<i>Act. fasciculus</i> 2-59, 2-63.	2	珠母灰	浅灰	无	直	光滑、椭圆、杆状
<i>Act. flexuogriseolus</i> 2.125	1	灰黑	雁灰	无, 微褐	直、波曲	光滑、椭圆
<i>Str. bikiniensis</i> 11062 ²⁾	1	龟背灰	浅灰	无	直	光滑、长短杆状
<i>Act. rochei</i> 10739 ²⁾	1	微黄	浅褐灰	无	直	光滑、椭圆
<i>Act. cellulosa</i> 1485, 829.	2	黄褐色	淡灰色	黄色	螺旋	光滑、圆、椭圆
<i>Act. ahygroscopicus</i> 508, 605.	2	初无色、后浅黄	先白后至褐灰	无, 或黄色	螺旋	刺极细小、瓜子形
未定名菌 4034	1	先无色、后黄	灰白	无, 黄色	螺旋	刺短而细、球形、椭圆
<i>Act. macrosporogriseus</i> 2-46, 2-43.	2	芒果黄至黄灰	尘灰至银灰	无	螺旋	瘤状、椭圆
<i>Act. cyaneoalbus</i> 3 ¹⁾	1	深灰	中灰	无	螺旋	刺短而细小、椭圆
<i>Act. atrogriseus</i> 2-92	1	浅桂皮淡棕	褐灰	无	螺旋	光滑、椭圆、球形
4. 黑衣草放线菌羣						
<i>Act. lavendularectus</i> 1-7	1	浅黄褐色	浅金棕色、淡玫瑰灰	无	直	光滑、椭圆

(續 表)

种 名	株数	基内菌絲体	气生菌絲体	可溶性色素	孢 子 絲	电子显微镜下孢壁结构及孢子形状
<i>Act. lavendulae</i> 9000 ²¹⁾	2	浅褐、黄褐	紫灰色	无、浅褐	直、螺旋	光滑、圓形、短杆状
<i>Act. rubrolavendulae</i> 100	1	浅紅或紅褐	浅紫灰	浅紅	直、螺旋	光滑、杆状、橢圓
<i>Str. venezuelae</i> 2831 ²²⁾	1	玳瑁黄	浅金鶯黄	无	直	光滑、长杆状
5. 弗氏放线菌属						
<i>Act. fradiae</i> NRRL-117 ²³⁾ , 10745 ²⁴⁾	2	浅淡咖啡或虎皮黄	淡米粉至浅芝蓝紫	无	直	光滑、橢圓、杆状
<i>Act. splendens</i> 4f-33	1	褪色玫瑰、浅灰泥棕	褪色玫瑰	与其基絲色相应	螺旋	光滑、长杆状
<i>Act. roseoviridis</i> 4f-41	1	虎皮黃至稠叶棕	粉白	无或浅黄	直	瘤状突起、橢圓
<i>Act. roseoflavus</i> 12-22	1	柞叶棕	浅米色	浅黄色	螺旋	光滑、杆状、橢圓
未定名菌 04-118	1	軟木黄	浅鲑魚紅	无	螺旋	光滑、橢圓、杆状
6. 吸水放线菌属						
<i>Act. hygrosopicus</i> 21-146, 21-125, 21-9	3	桂皮淡棕至浅駝黄	初白至淡黃, 当淡黃至灰色时出現吸水斑	桂皮淡棕至浅駝黄	螺旋	光滑、瓜子形
7. 產色放线菌属						
<i>Act. castaneoglobosus</i> 17-5	1	豆沙色、微紅褐	落英淡粉略帶褐灰色	紅褐	直	光滑、长短杆状、球状
<i>Act. fumosus</i> 877	1	暗駝棕	烟灰、淡銀灰	浅棕	直	光滑、长杆状
<i>Act. cylindrosporus</i> 9-356	1	可可棕至淡咖啡	雁灰、中灰	与基絲色相似	直、波曲	光滑、长杆状、橢圓
未定名菌 164	1	橡树棕	深粉白	与基絲色相应	直	光滑、橢圓
<i>Act. aureochromogenes</i> B315	1	栗棕	淡紅灰、褐灰	浅褐	螺旋	光滑、橢圓
<i>Act. agglomeratus</i> 6.133	1	褐色	浅橡树棕灰色	与基絲色相应	螺旋	光滑、圓、橢圓
<i>Act. inversochromogenes</i> 9-17	1	芒果棕	淡褐灰	芒果棕、褐色	螺旋	光滑、橢圓
<i>Act. variabilis</i> 9-378	1	火岩棕	先玫瑰粉后灰色	与其基絲色相似	螺旋	刺粗略长、約等于孢子直径的1/2、橢圓、杆状
<i>Act. sp.</i> 9-275	1	柞叶棕	浅中紅灰	无	螺旋	光滑、橢圓、球形
8. 橙紅色放线菌属						
<i>Act. aurantiacus</i> A-12	1	橙色	介壳淡粉紅	无	直	光滑、杆状
<i>Act. longissimus</i> 3024	10	橙紅色	粉紅、橙紅	无	直	光滑、短杆状、橢圓

(續 表)

种 名	株数	基内菌絲体	气生菌絲体	可溶性色素	孢 子 絲	电子显微镜下胞壁结构及孢子形状
<i>Act. longissimus</i> var. <i>rameus</i> 5008	5	橙紅	浅粉紅、粉白	无	直	光滑、橢圓、杆状
<i>Act. bruneoaurantiacus</i> S2007	1	初鮮黃后橙	灰白色	黃色	螺旋	光滑、杆状、橢圓
<i>Act. aurantiacogriseus</i>	1	橙色	白色至浅灰	褐色	螺旋	光滑、杆状、橢圓
<i>Act. coeruleoaurantiacus</i> 18-6, 18-7	2	橙色	先豆汁黃后灰白	无	螺旋	光滑、柱状
<i>Act. longisporus ruber</i> 4.44, 12-19	2	紫紅	初白后粉紅	浅紅褐	直、螺旋	光滑、杆状
<i>Act. longispororuber spiralis</i> 12-8	1	暗紫花紅	浅唐菖蒲紅	无	螺旋	光滑、杆状、橢圓
9. 紅灰色放綫菌羣						
<i>Act. griseoruber</i> 20917	10	玉紅	象灰	无	螺旋	光滑、长杆状
<i>Act. rubrocyindrosporus</i> 22850	5	紅色、紅褐	浅蟹螯紅帶黑灰色調	浅蟹螯紅	螺旋	光滑、短柱形
<i>Act. rubrochromogenes</i> Sh-135	3	豆沙至暗紅	海鷗灰	紅色或豆沙色	螺旋	光滑、橢圓
<i>Act. rubrogriseus</i> AK-5 等	10	紅	浅粉紅	微黃	螺旋	光滑、橢圓
<i>Act. glomeroaurantiacus</i> 1464 等	5	紅橙	粉紅	无	螺旋	光滑、橢圓
10. 青色放綫菌羣						
<i>Act. coeruleofuscovirens</i> 17, 14-35	2	浅褐	青灰綠	浅褐(或无)	直	光滑、长杆状、橢圓
<i>Act. glaucus</i> 4507	1	黃褐	初浅綠青藍后青灰色	浅褐	螺旋	刺細长、約与孢子直径等长、长橢圓
<i>Act. coeruleofuscus</i> 14-17, 14-1, 5226.	3	浅褐	綠青藍色	浅褐或无	螺旋	刺粗略长、約等孢子直径 1/2、橢圓
<i>Act. glaucoviolaceus</i> 3639	1	葡萄醬紫	浅灰綠	暗紫色	螺旋	刺粗略长、約等孢子直径 1/2、橢圓
11. 綠色放綫菌羣						
<i>Act. viridis</i> 3372 ²⁾	1	黃綠	浅銀灰	无	直	光滑、柱状、杆状
<i>Act. olivoviridis</i> 6 ¹⁾	1	浅橄欖灰至焦茶綠	淡灰	无	直	光滑、短杆状
<i>Act. fulvoviridis</i> 7 ¹⁾	1	錫刺綠	深淡銀灰	无	直、波形	光滑、短柱状、圓
<i>Act. fulvoviridis</i> S2801	1	新禾綠至淡灰綠	中灰、石板灰	草黃綠	直	瘤状、短杆状
<i>Act. olivaceus</i> 3335 ¹⁾ (美国)	1	焦茶綠	浅灰	无	螺旋	瘤状、圓、橢圓、杆状

(續 表)

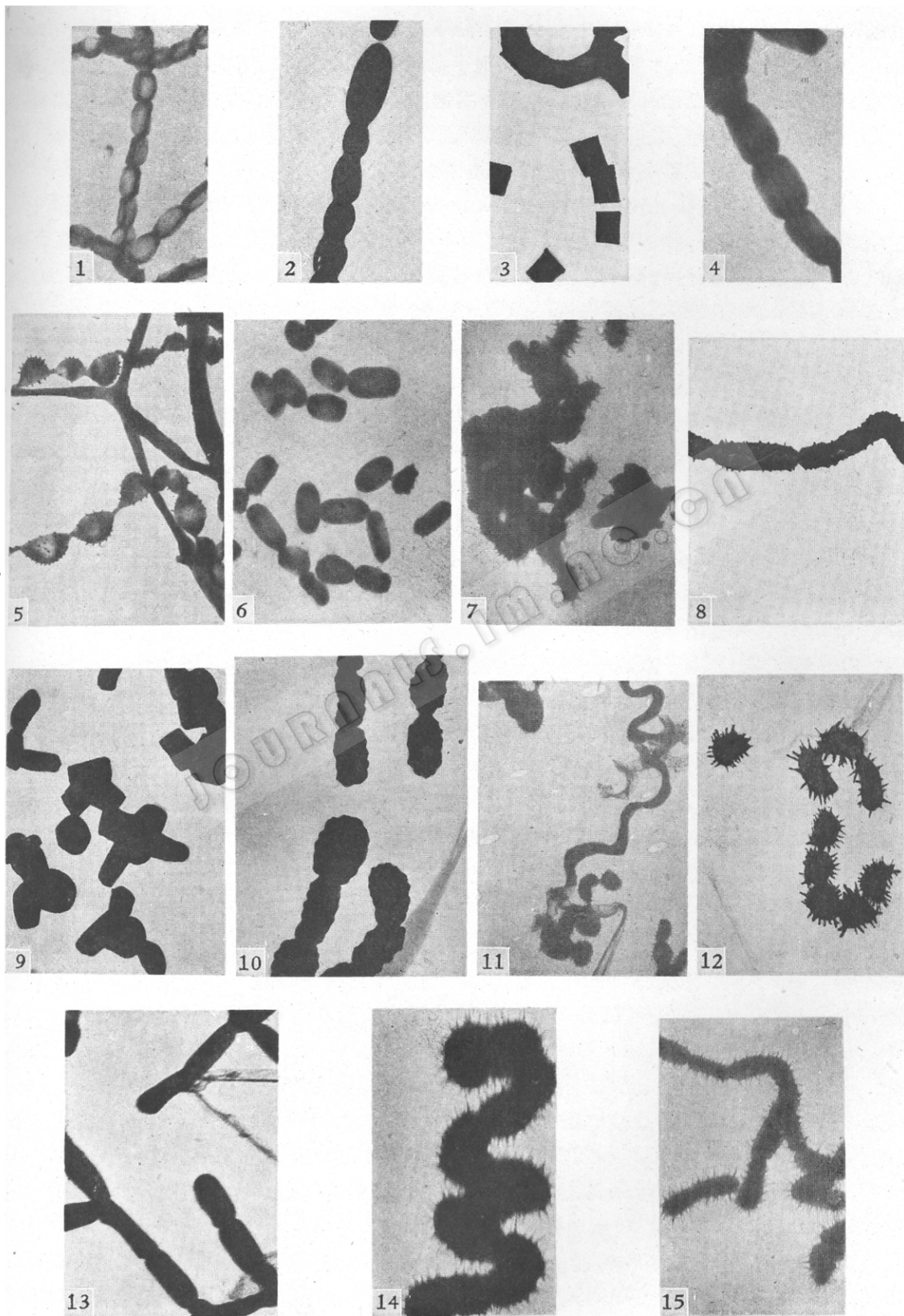
种 名	株数	基内菌絲体	气生菌絲体	可溶性色素	孢 子 絲	电子显微镜下孢壁 結構及孢子形状
<i>Act. olivaceus</i> 8238 ⁽¹⁾	1	淺黃綠	灰白色	黃	直	光滑、橢圓、杆状
<i>Act. flavoviridis</i> 19.3	1	淡灰綠至枯 綠	猴毛灰	无或淡黃綠	螺旋	刺极細小、杆状
<i>Act. olivaceoviridis</i> 19.2	1	草黃綠至棕 叶綠	銀鼠灰	无或淡黃綠	螺旋	刺极細小、杆状、橢圓
<i>Act. viridochromogenes</i> 3356 ⁽⁴⁾	1	山鸡褐至蜩 蜋綠	汉白玉至淺 淡齒綠灰	淺褐	螺旋	刺細長、約等于孢子 直径 1/2、橢圓
12. 藍色放綫菌羣						
<i>Act. griseocoebicolor</i> n-85 等	3	晶石紫	深珊瑚灰	与基絲色相 似	直	光滑、杆状
<i>Act. cyaneofuscatus</i> 3-6	1	深藍色	月灰	深藍	直	光滑、杆状、柱状
<i>Act. coelicolor</i> 6、10147 ⁽¹⁾	2	深藍色、淺 靛青	淺鯨魚灰	藍色	螺旋	光滑、圓形、橢圓
<i>Act. cyaneogriseus</i> N. 390	1	初无后藍色	灰色	无	螺旋	光滑、杆状、橢圓
<i>Act. cyanens</i> 10L-7	1	搪磁藍	初象牙白后 中灰	无	螺旋	光滑、橢圓
<i>Act. cinereocoelicolor</i> 5、10.	2	晶石紫	淺橡树棕	紅駝	螺旋	光滑、橢圓、杆状
13. 紫色放綫菌羣						
<i>Act. sp.</i> 3—1300	1	醬紫	淺鶴頂紅	紫紅	直	光滑、短杆状及長 杆状
<i>Act. purpurascens</i> NRRL B-1454 ⁽⁸⁾	1	蓝光甲基紫	淺龙眼魚紫	滿天星紫	螺旋	刺状、粗短、橢圓
<i>Act. griseoviolaceus</i> 13-38	1	淺暗駝棕至 淺紫	淡灰色	无	螺旋	刺細長、約等于孢子 直径 1/2、短杆状、圓
<i>Act. violaceus</i> 829 ⁽¹⁾	1	牽牛紫	青哈壳紫并 帶灰色調	紫色	螺旋	刺細長、約等于孢子 直径 1/2、短柱状
<i>Act. sp.</i> 13-1	1	鴛鴦紫	淡青蓮	紅褐	螺旋	刺粗略長、約等于孢子 直径 1/2、橢圓
14. 黑化放綫菌羣						
<i>Act. nigrificans</i> 16-3. 4.137.	2	烏黑	烟灰色	淺黑	螺旋	刺极細小、長杆状
15. 輪生放綫菌羣						
<i>Act. aureovercillatus</i> 1077 等	7	橙色	淺粉紅	无	輪生一、二 級長、頂端 呈半圓圈	光滑、長杆状
<i>Act. aureocirculatus</i> 735	1	橙紅	粉紅	无	輪生一、二 級、波曲	光滑、橢圓
<i>Act. rubroverticillatus</i> 22-32	1	鵝掌黃	淺粉紅色	黃	輪生一、二 級、短、直	光滑、杆状、橢圓
<i>Act. biverticillatus</i> 12-52	1	褪色玫瑰至 枣紅	粉色	无	同上	光滑、橢圓、長杆状

(續 表)

种 名	株数	基内菌絲体	气生菌絲体	可溶性色素	孢 子 絲	电子显微镜下孢壁结构及孢子形状
<i>Act. biverticillatopsis</i> S3885 等	5	枣紅	野蔷薇紅	无	輪生一、二級, 中長	光滑、长杆状
<i>Act. purpoverticillatus</i> n-125	1	烟紅	浅洋蔥紫	蓝色	輪生一、二級, 短、直	光滑、杆状、橢圓
<i>Act. aureoveruales</i> 12-53 等	3	紅色	淡米粉	黄色	同上	光滑、橢圓
<i>Act. pentaticus</i> n-121	1	火岩棕	蚌肉白	浅黄褐	同上	光滑、橢圓
<i>Act. cineroverticillatus</i> 22-37	1	褪色玫瑰至浅褐	淡灰白	无	同上	光滑、橢圓、杆状
<i>Act. lilacinoverticillatus</i> 22-30	1	浅黄	粉紅至淡米粉	无	同上	光滑、橢圓
<i>Act. fradioverticillatus</i> 22-14	1	污黄至黄褐色	黄白至淡粉	淡污黄	同上	光滑、橢圓、杆状

孢壁光滑者有属于球孢放线菌羣 *Act. globosporus* (图 1) 的 10 个种; 黄色放线菌羣 *Act. aureofaciens* 的 12 个种; 灰色放线菌羣中直孢子絲者: *Act. griseolus* (图 4), *Act. fasciculus*; *Act. flexuogriseolus*, *Act. bikiniensis*; 熏衣草放线菌羣中: *Act. lavendularectus*, *Act. lavendulae*; 弗氏放线菌羣中 *Act. fradiae* (图 2), *Act. splendens*, *Act. roseoflavus*; 吸水放线菌羣中的 *Act. hygroscopicus*; 产色放线菌羣中的 *Act. castaneoglobosus*, *Act. fumosus*, *Act. cylindrosporus* (图 6), *Act. aureochromogenes*, *Act. agglomeratus*, *Act. inversochromogenes* 及两个未定名的菌种; 橙色放线菌羣 *Act. aurantiacus* 等 8 个种; 紅灰色放线菌羣 *Act. griseoruber*, *Act. rubrocyindrosporus* (图 3) 等 5 个种; 青色羣中的直絲放线菌 *Act. coeruleofuscorectus* (图 13); 綠色放线菌羣中的直孢子絲菌; *Act. viridis* (图 9),

- 图 1. 球孢菌羣 *Act. globosporus* (876) 7000×
 图 2. 弗氏菌羣 *Act. fradiae* (NRRL-117) 8000×
 图 3. 紅灰色菌羣 *Act. rubrocyindrosporus* (22850) 8000×
 图 4—5. 灰色菌羣
 图 4. 直孢絲者 *Act. griseolus* (4000) 10000×
 图 5. 螺旋孢絲者 *Act. ahygroscopicus* (508) 10000×
 图 6—7. 产生菌羣
 图 6. 直孢絲者 *Act. cylindrosporus* (9-356) 8000×
 图 7. 螺旋孢絲者 *Act. variabilis* (9-378) 8000×
 图 8. 黑化放线菌羣 *Act. nigrificans* (16-3) 10000×
 图 9—12. 綠色菌羣
 图 9. 直孢絲者 *Act. viridis* (3372) 8000×
 图 10. 螺旋孢絲者 *Act. olivaceus* (3335) 10000×
 图 11. 螺旋孢絲者 *Act. olivaceoviridis* (19.2) 7000×
 图 12. 螺旋孢絲者 *Act. viridochromogenes* (3356) 8000×
 图 13—15. 青色菌羣
 图 13. 直孢絲者 *Act. coeruleofuscorectus* (17) 10000×
 图 14. 螺旋孢絲者 *Act. coeruleofuscus* (14-17) 10000×
 图 15. 螺旋孢絲者 *Act. glaucus* (4507) 10000×



Act. olivoviridis, *Act. fulvoviridis*, *Act. olivaceus*, (S2801); 蓝色放线菌羣的 *Act. griseo-coelicolor*, *Act. coelicolor*; 紫色羣中的直孢子絲的一株未定名的菌 (3-1300); 輪生放线菌羣 *Act. aureovercillatus* 等 11 个种。上述这些种的基内菌絲体为黄色、黄褐、浅咖啡、浅褐、栗棕、橙红、红色、绿色、蓝色及紫色。而其气生菌絲体为乳白、黄色、米粉、粉红、紫灰、灰色。它们的孢子絲大多数是直的, 极少数为螺旋形。

孢壁瘤状者象灰色放线菌羣中 *Act. macrosporogriseus* 基内菌絲体芒果黄至黄灰, 气生菌絲体银灰, 孢子絲螺旋形; 弗氏放线菌羣中 *Act. roseoviridis*, 其基内菌絲体虎皮黄至稠叶棕, 气生菌絲体粉白, 孢子絲直; 綠色放线菌羣中的 *Act. olivaceus* (3335) (图 10) 及 *Act. fulvoviridis* (S2801) 其基内菌絲体为焦茶绿、新禾绿、气生菌絲体灰色。前者的孢子絲螺旋形, 后者为直的。

孢壁刺状者可分三种类型:

1. 刺短而细, 象灰色放线菌羣中的 *Act. ahygroscopicus* (图 5), *Act. cyaneoalbus*; 綠色放线菌羣中的 *Act. flavoviridis*, *Act. olivaceoviridis* (图 11); 黑化放线菌 *Act. nigriticans* (图 8)。

2. 刺粗略长, 其长度约等于孢子直径的 1/2 者如: 青色放线菌羣中的 *Act. coeruleofuscus* (图 14), *Act. glaucoviolaceus*; 綠色放线菌羣中的 *Act. viridochromogenes* (图 12); 紫色放线菌羣的 *Act. violaceus*, *Act. purpurascens*, *Act. griseoviolaceus* 及一未定名的菌种 (13-1); 产色放线菌羣中的 *Act. variabilis* (图 7)。

3. 刺细长, 约与孢子直径等长者, 象青色放线菌的 *Act. glaucus* (图 15)。

总之, 凡是上述孢壁刺状者, 其基内菌絲体有黄灰、黄褐、綠色、紫色或烏黑色。气生菌絲体多为灰色、綠青蓝色、浅紫色。但其孢子絲皆为螺旋形。

为了进一步了解放线菌孢子形状和孢壁结构的稳定性及刺的形成过程, 我们对 *Act. ahygroscopicus*, *Act. coeruleofuscus*, *Act. viridochromogenes*, *Act. violaceus*, *Act. globisporus*, *Act. rubrocyllindrosporus* 不同生长时期的孢子 (3, 7, 15, 25 天) 进行了系统的观察。结果表明: *Act. globisporus*, *Act. rubrocyllindrosporus* 从 3—25 天的孢子外壁都是光滑的 (图 1, 3), 未观察到一个刺; 而 *Act. ahygroscopicus*, *Act. coeruleofuscus*, *Act. viridochromogenes*, *Act. violaceus* 生长 3 天的孢子絲尚未开始分化成孢子, 此时未观察到刺。而至第 7 天时大多数孢子絲已分裂成孢子, 在成熟孢子的壁上都着生有刺 (图 5), 可是其中未分化成孢子的孢子絲仍成条形, 外壁光滑 (图 5)。当生长 7—25 天时, *Act. ahygroscopicus* (图 5), *Act. coeruleofuscus* (图 14), *Act. viridochromogenes* (图 12), *Act. violaceus* 的孢壁都着生其所固有的刺, 而每个种孢壁的刺形与大小在 7—25 天内无显著变化。由此得知: 孢壁结构是极其稳定的, 孢壁光滑者不論孢子处于任何生长时期都没有刺。而孢壁刺状者, 其刺大多数是在孢子开始分裂或成熟时才形成。孢壁的刺一旦形成, 则不因孢子的生长时期而改变和消失。这一结果与 Лешевалье 和 Тихоненко^[13] 的报导基本一致。

至于孢子形状与大小的问题, 从大量观察及孢子不同生长时期的研究中得知: 同种内不同菌株的孢子; 同株内不同的孢子絲; 甚至同一孢子絲所分化成的孢子, 其形状与大小也经常不同, 椭圆中伴有杆状 (图 2, 10, 11, 12), 或是椭圆、球形、杆状同时并存, 其大小

相差也悬殊。因此,大多数放綫菌种的孢子形状与大小不具有专一性,很难作为放綫菌的分类特征。这一結果与 Преображенская 等^[11], Tresner 等^[12]的报导是相吻合的。但是我們也发现,某些放綫菌的柱形孢子 [*Act. rubrocylindrosporus* (图 3), *Act. fumosus*], 及瓜子形的孢子 [*Act. ahygroscopicus* (图 5)] 無論在任何生长时期其形状与大小是較稳定的。应该指出,某些稳定形状的孢子象柱状,瓜子形等可作为分类的特征,其他不稳定形状的孢子难以作为放綫菌种的分类特征。

由上述結果可获得下列有关孢壁結構的初步規律:

1. 孢壁結構有光滑、瘤状及刺形,它較孢子形状更为稳定,可作为放綫菌种的分类特征之一。同时,由 Преображенская 等^[11] Tresner 等^[12]及本文的上述結果难以同意 Baldacci 和 Grein 的关于孢壁結構与孢子形状相关性的結論^[8]。

2. 孢壁結構与气生菌絲体顏色的关系并非絕对的。象气生菌絲体乳白、黄色、黄灰、粉紅、淡紫灰者其孢壁光滑,这一点,与 Преображенская 等^[11], Tresner 等^[12]的有关結果是相同的。但他們认为孢壁刺状者,其气生菌絲体青色、紫色、藍綠色或灰色^[11,12]。而本文的結果却与此不同,象同为灰色气生菌絲体的灰色、产色、綠色放綫菌羣中,孢子絲直形者(灰色羣—*Act. griseolus* (图 4), *Act. flexuogriseolus*; 产色羣—*Act. fumosus*, *Act. cylindrosporus* (图 6), *Act. castaneoglobosus*; 綠色羣—*Act. viridis* (图 9), *Act. olivoviridis* (6)), 其孢壁光滑,而孢子絲螺旋形者(灰色羣—*Act. ahygroscopicus* (图 5); 产色羣—*Act. variabilis* (图 7); 綠色羣—*Act. olivaceoviridis* (图 11), *Act. flavoviridis*, *Act. viridochromogenes* (图 12) 孢壁刺状; 紫色放綫菌羣(气生菌絲体灰色、紫色)的直孢子絲菌; 一株未定名菌(3-1300)的孢壁光滑,而其中螺旋形孢子絲者: *Act. violaceus*, *Act. purpurascens*, *Act. griseoviolaceus*, 及一未定名菌(13-1)的孢壁則都为刺状; 青色气生菌絲体羣中 *Act. coeruleofuscorectus* 的孢子絲直,孢壁光滑(图 13),而孢子絲螺旋形者(*Act. glaucus* (图 15), *Act. coeruleofuscus* (图 14), *Act. glaucoviolaceus*)其孢壁亦为刺形;同时,其他放綫菌羣中,孢子絲螺旋者而孢壁为刺状或光滑,但直孢子絲放綫菌的孢壁沒有一个是刺状的,Преображенская 等 1959 年也观察这一現象。鉴于此,我們认为,在灰色、产色、綠色、青色、紫色放綫菌羣中,其孢壁的刺不取决气生菌絲体的顏色,而是与孢子絲形状有关。

至于孢壁結構在放綫菌分类上的作用,不同学者有不同的見解。象 Ettlinger 等^[9], Küster^[6]将孢壁結構作为放綫菌羣(組)的分类特征,以孢壁的不同而划分成不同的放綫菌羣。这就将分类系統上(形态、培养特征)相差遙远的菌种并在一起,以致降低了孢子絲及培养特征在分类上的重要价值。Преображенская 等只将孢壁結構的不同局限于气生菌絲体顏色,未表示出灰色、蓝色、产色、金色放綫菌羣中孢壁結構多样性的原因及其与基本分类单位——种的关系。因而,他們认为孢壁結構不宜作为放綫菌种的分类特征。但我們的結果却表明:某些气生菌絲体顏色(白、乳白、黄、粉紅、淡紫灰)与孢壁結構存有相关性。但在灰色、产色、綠色、紫色放綫菌羣中,不同种的孢壁結構与气生菌絲体的顏色无明显的关系,而是与其重要分类特征——孢子絲的形状有关。直孢子絲菌的孢壁都是光滑的,沒有一个是刺状的,而孢子絲螺旋者其孢壁多为刺状。因此,我們同意 Красильников 的观点^[4],孢壁結構不能作为放綫菌羣(組)的分类特征,只能做为同一培养特征羣內不同种的

分类特征之一。应该指出,不能以孢壁结构这一特征单独的来定种,必须综合培养特征及孢子丝等特性才会正确地鉴别同羣(組)内的不同的种。

結 論

1. 借助于电子显微镜研究了 177 株放线菌(属于 101 个种)的孢壁结构及孢子形状。

2. 孢壁结构可分三种类型:光滑,瘤状,刺状。但以刺形及其长度又可分为三种:刺极短而细;刺粗略长,长度约等于孢子直径 1/2;刺细长约与孢子直径等长。孢壁结构(光滑,瘤状,刺形与大小)极其稳定,同种内不同菌株的孢壁结构基本相同。

3. 孢壁的刺是在孢子丝开始分化成孢子或孢子成熟时才形成。刺形与大小不易改变和消失。

4. 孢壁结构与气生菌丝体颜色的关系并非绝对的。气生菌丝体乳白、黄白、黄、黄灰、粉红、淡紫灰色的孢壁光滑(这与 Преображеская, Tresner 的结果一致),但难于同意他们关于青色、青绿、蓝绿色孢子都为刺状的论断。在我们的结果中象灰色、产色、紫色、青色、绿色菌羣的孢壁一般为刺状,但其中直孢子丝菌的孢壁都是光滑的,螺旋者多为刺状。同时,无论气生菌丝体颜色如何,在直孢子丝放线菌中从未观察到刺状孢子。因此,初步认为,孢壁的刺更与孢子丝形状有关,而与气生菌丝体颜色的关系则较不明显。

5. 孢壁结构(光滑、瘤、刺状)及柱形、瓜子形的孢子可作为同一羣内种的分类特征之一。不能以孢壁结构这一性状单独的来定种,但须同培养特征及孢子丝等特性综合考虑才具有分类价值。

参 考 文 献

- [1] Красильников, Н. А.: *Определитель бактерий и актиномицетов*, 1949.
- [2] Крисс, А. Е; и Исаев, Б. М.: *Микробиол.* **14**: 172—176, 1945.
- [3] Carvajal, F.: *Mycologia*, **38**: 587—595, 1946.
- [4] Bringmann, G.: *Ztb. Bakter. Parasitk.* **1**: 157, 349, 1951.
- [5] Flaig, W. Beutelspacher, H. Küster, E. und Segler-Holzweissig, G.: *Plant and soil*, **4**: 118—127, 1952.
- [6] Küster, E.: *Atti. vl Intern. Congr. Microbiologi.* **1**: 114—116, 1953.
- [7] Никитина, Н. И.: *Актиномицеты глубооспориновой группы*, Дисс. Москва, 1957.
- [8] Baldacci, E. and Grein, A.: *Giorn. Microbiol.*, **1**: 28—34, 1955.
- [9] Ettlinger, L; Corbar, R. und Hütter, R.: *Experientia*. **14**: 334—335, 1958., *Arch. Mikrobiol.* **31**: 326—358, 1958.
- [10] Itagaki, S; Furukawa, M. and Kinoshita, S.: *Botanical magazine*. Tokyo. **72**: 857—858; 465—473, 1959.
- [11] Преображенская, Т. П., Кудрина, Е. С; Максимова, Т. С; Свешникова, М. А. и Боярская, Р. В.: *Микробиол.* **28** (4): 623—627, 1959; **29** (1): 51—55, 1960.
- [12] Tresner, H. D; Davies, M. C.; and Backus, E. J.: *J. Bact.* **81**(1): 66—80, 1961.
- [13] Лешевалье, Х. А; и Тихоненко, А. С.: *Микробиол.* **19**(1): 43—50, 1960.
- [14] Красильников, Н. А.: *Известия. А. Н. СССР. Серия Биологическая.* **4**: 576—591, 1962.
- [15] Раутенштейн, Я. И.: *Микробиол.* **29** (6): 926—935, 1960.

ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОР АКТИНОМИЦЕТОВ

Юань Цзи-шэн, Цзян Нин-шуо*

(Институт микробиологии АН КНР, Пекин)

С помощью электронного микроскопа изучалась структура поверхности и форма спор 177 культур актиномицетов, принадлежащих к 103 видам.

Структура поверхности спор актиномицетов разделена на три типа: гладкая, бугористая и шиповая. Характеристики оболочки спор у разных штаммов одного и того же вида оказываются одинаковыми.

Установлено, что у видов, воздушный мицелий которых с белой, желтой, желто-серой, розовой окраской, структура поверхности спор бывает гладкой (рис. 1. 2. 3). Оболочки спор у видов актиномицетов с прямыми спороносцами и серой окраской, относящихся к серой группе (*Act. griseolus*, рис. 4, *Act. flexuogriseolus*), хромогенной группе (*Act. fumosus*, *Act. cylindrosporus* рис. 6, *Act. castaneoglobosus*), зеленой группе (*Act. viridis* рис. 9, *Act. olivoviridis* (6), *Act. fulvoviridis* (S 2801), имеют гладкую структуру, а у видов со спиральными спороносцами в серой группе (*Act. ahyscopicus* рис. 5, *Act. sp.* 4084), хромогенной группе (*Act. variabilis* рис. 7.), зеленой группе (*Act. olivaceoviridis* рис. 11, *Act. flavoviridis*, *Act. viridochromogenes* рис. 12.) бывают шиповые выросты. Такие явления также наблюдаются в других группах. Например, у видов с прямыми спороносцами в фиолетовой группе оболочка гладкая, а у спиральных актиномицетов: *Act. violaceus*, *Act. purpurascens*, *Act. griseoviolaceus*—с шиповыми выростами. Вид, имеющий прямые спороносцы в голубой группе (*Act. coeruleofuscorectus* рис. 13.), с гладкой оболочкой, а спиральные спороносцы: *Act. glaucus* рис. 15, *Act. glaucoviolaceus*, *Act. coeruleofuscus* рис. 14, с шиповыми выростами. Кроме этого из всех изученных нами видов с прямыми спороносцами ни в одном случае не наблюдались шиповые выросты. Вследствие этого, мы пришли к такому выводу, что структура оболочки спор не в абсолютной зависимости от воздушного мицелия, а зависит от спороносцев, и не согласны с таким рассуждением, что голубоватый голубовато-зеленый воздушный мицелий имеет шиповые выросты (Т. П. Прображенская, Н. Д. Tresner).

Структура поверхности спор (гладкая, бугористая, шиповая) и форма её (цилиндрическая, семечкообразная) могут применены только для подразделения видов внешне однородных групп. Ими нельзя пользоваться как основными дифференцирующими показателями. Эти признаки, однако, приемлемы в систематике актиномицетов только в сочетании с морфологическими и культуральными признаками.

*(Институт металла АН КНР)