

云南土壤放线菌生态分布的研究*

徐丽华 杨宇容 姜成林

(云南省微生物研究所、云南大学 昆明 650091)

摘 要 云南具有极为复杂的地理气候。根据云南省不同的地质、地理、土壤、气候、植被特点选择样区,采集土壤样品,研究了云南不同地区、不同生态环境放线菌的生态分布与植被的关系。将云南土壤放线菌区系划分为热带区系、亚热带高原区系、滇西北高山区系和雪山区系四种类型。对云南土壤放线菌区系的特点进行了讨论。

关键词 云南,土壤放线菌,区系类型,区系特点

云南位于北回归线两侧,属亚热带和热带高原季风气候类型。地势由西北向东南呈阶梯状递降,高差十分悬殊。由此形成了复杂的立体地理气候,有终年积雪的高山,有海拔仅 67m 的干热河谷,包括了从黑龙江到海南岛的全部气候类型。根据不同的地质、地理、土壤、气候、植被特点,并参考云南植被区系的区域划分^[1]选择样区。行程 11000 多 km 的范围内采集土壤样品,对云南土壤放线菌的生态分布及特点进行了系统研究。

1 材料和方法

1.1 土壤样品

从云南的西双版纳、德宏、迪庆、曲靖、昆明、文山等 13 个地区的 50 多个样区中,采集土壤样品。取 0~20cm 土层的土壤,5~10 个穴的土壤混合为一份样品。每一个样区中的每种植被类型的样品至少 20 份。样品装入无菌纸袋,风干。分别于采集后的 3~10d 内分离放线菌。

1.2 放线菌的分离及鉴定

中温菌: 选用甘油-门冬酰胺琼脂、蔗糖察氏琼脂、甘油-精氨酸琼脂^[2]、HV 琼脂^[3]、淀粉-酪素琼脂、几丁质琼脂,上述培养基中加 50mg/L 重铬酸钾,做稀释平板分离。置 28℃ 培养 7~35d 后挑菌。

高温菌: 选用甘油-门冬酰胺琼脂、蔗糖察氏琼脂、1/2 牛肉膏-蛋白胨琼脂、高氏 1 号琼脂、燕麦片琼脂,均加 MgSO₄ 0.5g/L,重铬酸钾 25mg/L。土壤样品置 120℃ 处理 1h 后,进行稀释平板分离,置 55℃ 培养 5~7d 内挑菌。

低温菌: 选用甘油-门冬酰胺琼脂、土壤浸汁琼脂,均加重铬酸钾 50mg/L,做稀释平板分离,8℃ 培养 30d 后挑菌。

通过形态学鉴定、部分菌的细胞壁化学(Becker 等^[4])、磷脂(Lechevalier 等^[5])及醌

* 国家自然科学基金、云南大学 211 工程基金资助的重大项目。

本文于 1995 年 6 月 26 日收到。

(Collins^[6])分析, 将菌株鉴定到属。

2 结果和讨论

2.1 云南若干地区土壤放线菌的分布

云南若干地区土壤放线菌分布的研究结果见表 1。

云南土壤放线菌种类十分丰富, 分离到了 23 个菌属。其中勐腊、滇东北、滇东南等地区种类最丰富, 分离到 12~15 个菌属。在滇东南、勐腊、元江等热带地区中链霉菌比例最低, 仅占 79%~83%, 这表明上述地区的稀有放线菌数量最多。而在中甸、玉龙雪山等高寒山区土壤中链霉菌比例占 99% 左右。

2.2 云南放线菌区系类型的划分

根据云南土壤放线菌生态分布的特点, 结合云南的气候类型, 作者认为云南的土壤放线菌区系可划分为以下四种类型。

2.2.1 热带类型: 这个类型包括西双版纳、河口和元江河谷等气候炎热地区, 其特点有三: 第一, 放线菌的数量平均在 10^6 / g 干土左右。除勐腊的旱地土壤和元江的菜地土壤外, 这几个地区土壤放线菌的数量差别并不大。第二, 根据 Goodfellow 等^[7]的建议, 孢囊放线菌属、钦氏菌属等应并到链霉菌属内, 因此这几个地区土壤放线菌的组成也很相近, 以链霉菌(胞壁 I 型)、诺卡氏菌(IV 型)、马杜拉放线菌(III 型)及游动放线菌(II 型)四个类群均匀分布为特征。第三, 这几个地区的放线菌区系比起邻近的泰国土壤要复杂得多。兰道生从泰国耕作土分离到的仅有链霉菌属, 尚有 15% 的菌株未鉴定。上述地区至少有 15 个属分布。

从气候条件看, 西双版纳高温多雨, 旱季有雾, 元江则是高温少雨, 气候干燥; 从现存的植被看, 前者为热带季节性雨林, 后者为稀疏灌草丛。为什么放线菌区系比较相近? 根据许再富等^[8]的调查, 17 世纪元江的森林复盖率在 75% 以上, 18、19 世纪仍在 70% 左右, 1958 年也有 61.5%, 到 1982 年仅有 19.3%。在 19 世纪以前这个地区的植被主要是热带季雨林、热带季节性雨林。目前个别沟谷还有残存的季节雨林存在。这就是说 80 年前这个地区的植被和西双版纳是相似的, 那时元江的气候也不像现在这样干燥。因此, 认为放线菌区系的这种相似性反映了过去两地气候、植被的相似性。

2.2.2 亚热带高原类型: 这个类型包括云南高原广大地区, 西到滇西, 东至曲靖, 金沙江与红河之间海拔在 1600~2600m 之间。气候特点是冬暖夏凉, 年平均气温 15~20℃。

从总体上看, 亚热带高原的放线菌区系与热带类型比较接近, 主要差别有两点: 第一, 亚热带高原有小瓶菌及链轮丝菌的分布。而热带类型未发现, 或不常见。第二, 胞壁 III 型的小双孢菌、小四孢菌、链孢囊菌等比较常见。

2.2.3 滇西北高山类型: 这个类型包括金沙江海拔 1800m 以上河谷地区, 滇西北海拔 3000~3500m 的高原, 系我国横断山脉南缘地段, 金沙江第一个“V”字形大转弯周围地区。金沙江河谷气温高而雨量极少, 仅 300mm 左右, 是云南北极干旱地区; 中甸高原, 玉龙雪山, 白芒雪山海拔 3500m 以下地段气温低, 年平均气温仅 5℃ 左右, 冬天寒冷, 夏日凉爽湿润。尽管两者的气候、植被完全不同, 但放线菌区系分布却很相似, 这可能反映了它们的微生物区系是同源的。这个类型有两个共同的特点: 第一, 主要有链霉菌、小单孢菌、

表1 云南若干地区土壤放线菌的分布

Table 1 Actinomycete population of some areas in Yunnan ($10^7/g$ dry wt.)

属 Genus	勐腊	元江	哀牢山	鸡足山	昆明	大理	剑川	楚雄	金沙江	中甸	玉龙雪山	白马山	河西	滇北	滇东	滇南
链霉菌 <i>Streptomyces</i>	355	830	288	2620	3294	3430	2500	3000	1130	1022	1116	395	1297	708		1750.5
(%)	83	83	92	98	86	98	97	85	97	99	99	98	92	85		79
坎氏菌 <i>Chainia</i>	0.4			3				10						1.2		
孢囊放线菌 <i>Actinosporangium</i>	0.8	0.3								0.3	0.2			1.2		
小链孢菌 <i>Microstreptospora</i>				1									0.6			
链轮丝菌 <i>Streptovorticillium</i>	30	44	4	29	187	1.6	21	270	6.9	2.6	2.2	3.4	41	51		270.7
小单孢菌 <i>Micromonospora</i>	1.7		2	3.5	32								0.6	1.2		
游动放线菌 <i>Actinoplanes</i>					6.2											
小瓶菌 <i>Ampullariella</i>						0.3										
指孢囊菌 <i>Dactylosporangium</i>	1.6		0.8								0.1			1.2		4.3
小孢链菌 <i>Catellatospora</i>					5.8	6.1	44	70		0.6				4.1	3.0	16.2
链孢囊菌 <i>Streptosporangium</i>	0.1	0.3	0.6													
马杜拉放线菌 <i>Actinomadura</i>	1.2	28.1	0.8	3.5	116.2	1.8	0.5	60	19	1.8		1.4	18.9	11.8		83.5

续表 1

属 Genus	勐 元	哀 牢 山	鸡 足 山	昆 明	大 理	剑 川	鹤 雄	金 沙 江	中 甸	玉 龙 雪山	白 芒 雪山	滇 西	滇 北	滇 东	滇 南
小双孢菌 <i>Microbispora</i>		0.2			0.2		20					5.9	1.5		2.4
小四孢菌 <i>Microtetraspora</i>		0.2			0.2	1	30					9	5.3		3.5
小多孢菌 <i>Micropolyspora</i>		0.3	1.5												
假诺卡氏菌 <i>Pseudonocardia</i>		0.6													
糖单孢菌 <i>Saccharomonospora</i>												2.9	1.2		0.9
双孢放线菌 <i>Actinobispora</i>					0.1				0.5	4.0		20	1.2		1.2
糖多孢菌 <i>Saccharopolyspora</i>	9.5	45		30.8	4.6			2.1	0.4			20.3	3.2		15.5
诺卡氏菌 <i>Nocardia</i>	13.1	39	7.9	10.7	138.8	2.0			1.3	0.6		14.1	42.4		48.8
红球菌 <i>Rhodococcus</i>	11.9	15.4													0.3
原小单孢菌 <i>Promicromonospora</i>					25										
高温放线菌 <i>Thermoactinomyces</i>	0.1	2	1.1					0.1	0.1	0.1	0.1	24.8	83.4		5.6
未鉴定 <i>Unidentified</i>	1.8	4.4	5.3		0.3	3		2.9		2		1.1	5.5		4.5
总数 <i>Total</i>	427	1008	313	2666	3839	3453	3190	1163	1034	1123	401	1440	920	2219.3	
属数 <i>No. of genera</i>	12	10	12	7	10	9	7	5	9	5	6	12	14	15	

马杜拉放线菌、糖多孢菌和诺卡氏菌分布,区系组成比较单调。第二,链霉菌占97%以上,放线菌的数量在 $10^6/g$ 干土左右。

2.2.4 雪山区系:此类型包括海拔3500m以上的高山,作者仅研究过白芒雪山海拔3500~4500m地段。主要特点有三:第一,放线菌数量少,大约为 $6 \times 10^4/g$ 干土左右。第二,放线菌组成比较单调,只有链霉菌,小单孢菌,马杜拉放线菌及诺卡氏菌分布。稀有放线菌占10%~35%。第三,低温放线菌约占放线菌总数之半。

总的来讲,热带类型与亚热带高原类型之间的差别较小,这两种类型与滇西北高山类型及雪山类型之间的差别明显。

2.3 放线菌区系分布与植被的关系

2.3.1 原始森林:所研究的八个地区的原始林分布于全省热带雨林、亚热带和高寒地带。八个原始林的放线菌总数仅为 $482 \times 10^3/g$ 干土,最多是大围山 $1414 \times 10^3/g$ 干土,最少是白马雪山,仅 $32.5 \times 10^3/g$ 干土。

这八个原始林的土壤平均分离到9个属,比其他任何植被土壤丰富得多。除白马雪山以外都分离到7个属以上。链霉菌仅占79%。

原始林土壤放线菌区系的显著特点是数量不多而组成复杂;链霉菌类群、游动放线菌类群,马杜拉放线菌类群,诺卡氏类群分布比较均匀;链霉菌占的比例较少。

2.3.2 次生林:由于气候和树种的不同,人工砍伐程度的不同以及森林复盖率、土壤、水分之不同,次生林之间水、热、气、有机质等均有很大差异。所研究的16个地区遍布全省,地处寒温热,放线菌的数量差异达一个数量级,从 $275.3 \times 10^3/g$ 干土~ $3459 \times 10^3/g$ 干土,平均 $1199.6 \times 10^3/g$ 干土。平均分离到6.7个属,比原始林少得多。链霉菌占88%。链霉菌、小单孢菌、马杜拉放线菌及诺卡氏菌广为分布,有70%的样区发现了链孢囊菌属。

2.3.3 荒地和旱地:荒地主要指森林砍伐以后未更新、未耕种或耕种后放荒多年的土地。通常土壤水分较少,主要植被为草丛。云南的旱地多数耕作水平低,采样时正值旱季,水分少,主要作物为玉米、小麦、大麦、马铃薯等。

对全省11个地区的荒地和7个地区的旱地的研究表明,旱地的放线菌略多于荒地,链霉菌所占比例也高于荒地。尽管从它们分离到的放线菌的平均属数很相近,从荒地平均分离到5.9个属,从旱地分离到5.4个属,且小双孢菌、糖单孢菌、指孢囊菌均未发现。荒地的放线菌区系大体属于次生林和旱地的过渡类型。

2.3.4 蔬菜地:一般来说蔬菜地耕作水平高,土壤肥沃,水分充足。从全省8个地区的蔬菜地平均分离到6.5个属的放线菌,以链霉菌(88%)、小单孢菌、马杜拉放线菌、糖多孢菌、诺卡氏菌的分布较广泛。中甸高原的蔬菜地在低洼处,地下水位高,通气较差,更重要的是气候寒冷,因此放线菌数量较少($863.7/g$ 干土),且仅分离到链霉菌和小单孢菌。蔬菜地分离到的放线菌平均达 $5963 \times 10^3/g$ 干土,比其他植被高5~10倍。

2.3.5 水田:水田的水、热、气条件与上述各种植被的土壤均不相同。从6个地区的水田仅分离到11个属,其他植被土壤经常见到的游动放线菌、链孢囊菌等均较少。链霉菌占76%,小单孢菌和诺卡氏菌占的比例较大。

2.4 云南土壤放线菌区系的特点

作者从云南全省不同植被类型、不同气候条件、不同土壤采集的 4200 多份土样共分离到 23 个属的放线菌。刘志恒等从西双版纳发现了异壁放线菌属^[9]和拟诺卡氏菌属^[10], 张国伟等发现类链霉菌属^[11], 姜朝瑞等发现无定形放线菌属^[12]。因此云南的土壤放线菌至少有 27 个属, 约占除放线细菌、多腔孢囊菌以外全世界已发现的放线菌总属数之半。可以肯定, 随着分离方法的改进和研究工作的深入, 还会发现更多的属。

云南的土壤放线菌区系可划分为热带区系, 亚热带高原区系, 滇西北高山区系和雪山区系。前两者的放线菌区系比较复杂, 也比较相近, 没有明显的界限。这与植物区系不同。滇西北高山的区系较单调。前两类区系与后两类区系之间的差异比较显著。显然这种划分与植物区系的划分并不完全吻合。

除了雪山极冷地区外, 放线菌区系分布与植被、土壤的关系密切。按原始森林, 次生林, 旱地, 荒地, 蔬菜地的顺序, 放线菌的数量逐渐增加。放线菌的区系则呈 V 字形分布, 原始林放线菌区系最复杂, 平均分离到 9 个属, 旱地最少, 才 5.4 个属, 然后荒地、蔬菜地分离的属数又上升。蔬菜地肥力高, 放线菌的数量最多, 种类也比较复杂。水田的放线菌区系的特点是链霉菌较少(76%), 而诺卡氏菌类放线菌占的比例大。

实验证明, 原始森林是放线菌最丰富的地方, 从放线菌区系分布的角度也证明了保护原始森林的极端重要性。

越是干旱、贫瘠的土壤, 放线菌的数量越少, 种类也少, 链霉菌占的比例也越大。这可能是由于链霉菌的孢子化程度高、对营养的要求比稀有放线菌低、抗旱能力高所致。土壤耕作水平高、水分适中, 通气好, 放线菌的数量就多, 稀有放线菌的数量也多。

从生态角度看, 链霉菌属、小单孢菌属、马杜拉放线菌属、诺卡氏菌属是常见的放线菌, 它们的出现率有 70% 以上。

链霉菌是分布最广、经济价值最大的放线菌。它们占土壤放线菌的 90% 左右, 这是土壤放线菌区系的一个显著特点。就大部分土壤而言, 链霉菌又以灰褐类群和金色类群最多, 约占 70% 左右, 烬灰类群、吸水类群最少, 其他类群的数量也不多。

土壤中广泛分布着高温放线菌, 其分布的上限在云南亚热带地区为海拔 3500m, 主要有链霉菌属、高温放线菌属、小单孢菌属和马杜拉放线菌属。

致谢 谢桂兰、郭光远等同志参加部分实验, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1982.
- [2] 姜成林, 徐丽华. 微生物学通报, 1985, 12: 218~220.
- [3] Hayakawa M, Nonomura H. *Actinomycetes*, 1989, 3: 95~104.
- [4] Becker B, Lechevalier M P, Lechevalier H A. *Appl Microbiol*, 1965, 13(2): 236~243.
- [5] Lechevalier M, P, Lechevalier H A. *Actinomycete Taxonomy*. Arlington: AV, 1980. 227~291.
- [6] Collins M D. *Chemical Methods in Bacterial Systematics*. New York: Academic Press, 1985. 267~285.
- [7] Goodfellow M, Williams S T, Alderson G. *System Appl Microbiol*. 1986, 8: 55~60.
- [8] 许再富. 云南植物研究, 1985, 7: 403~412.
- [9] 刘志恒, 张亚美, 阎逊初. 微生物学报, 1984, 24: 295~298.
- [10] 刘志恒, 阮继生, 阎逊初. 微生物学报, 1984, 24: 26~29.

- [11] 张国伟, 邢桂香, 阎逊初. 微生物学报, 1984, 24: 189~194.
[12] 姜朝瑞, 阎逊初. 微生物学报, 1984, 24: 129~133.

A STUDY ON THE ECOLOGICAL DISTRIBUTION OF SOIL ACTINOMYCETE IN YUNNAN

Xu Lihua Yang Yurong Jiang Chenglin

(Yunnan Institute of Microbiology, Yunnan University, Kunming 650091)

Abstract Since the end of 70', about 4200 soil samples of collected from 22 selected areas of throughout Yunnan. The distribution and biological characteristics of actinomycetes in soil of various vegetations and climatic types were studied. The types and features of actinomycete population, and the relationship between the distribution and habitats were discussed. The population of soil actinomycete of Yunnan based on the research results can be divided into the tropical type, the subtropical plateau type, the cool temperature mountain type and the snowy mountain type.

Key words Yunnan, Soil actinomycetes, Actinomycete population