

红壤生态系统下芽孢杆菌的物种多样性

张华勇 李振高 王俊华 潘映华
(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 红壤地区不同生态系统下芽孢杆菌的物种多样性有所不同。初步结果表明,在多样性指数中,无论是 Shannon-Wiener 指数 H' 还是 Simpson 指数 D 都有如下规律:林地>旱地>水田>侵蚀地。物种的丰富度指数、均匀度指数也有类似规律。也就是说,芽孢杆菌属内物种多样性程度最高的是林地,最低的是侵蚀地。另外,作为物种多样性指数 Shannon-Wiener 指数 H' 比 Simpson 指数 D 在本实验中具有更大的差异区别能力。

关键词 物种多样性;芽孢杆菌;红壤;Shannon-Wiener 指数;Simpson 指数

中图分类号 S154

生物多样性是生物圈的核心组成部分,也是人类赖以生存的重要物质基础。然而,人口的不断增长和人们经济活动的干扰,严重地破坏大自然的生物多样性并威胁人类自身的生存与发展。因此,生物多样性保护已成为国内外普遍关注和研究的热点之一。但是,早期,人们大多着重分析生物多样性的某些重要部分如大型哺乳动物、热带雨林植物等^[1],而对在自然界中多样性复杂的微生物的多样性研究较少,对微生物多样性及其保护的研究上缺乏适合的方法和手段。本文引入动、植物群落物种多样性分析中成功的方法对红壤中不同生态系统下芽孢杆菌属 (*Bacillus*) 细菌的物种多样性进行尝试

性分析。

1 材料与方法

1.1 土样采集

1.1.1 采样地点

土样采自江西兴国、余江,海南屯昌,广东电白、东莞等地区的不同生态系统下的红壤、砖红壤和赤红壤。在不同地区、不同生态系统下的一定范围内 0~40cm 深度,20~40 点多点采样。合计采土样 57 份。

1.1.2 土壤基本理化性质

各类土样的理化性质采用常规分析法测定^[2],具体性状见表 1。

表 1 不同生态系统下土壤样品数及基本理化性质
Table 1 Basic chemical properties of soil samples from different eco-systems

生态 系统	土样 数目	有机质	全 N	全 P	全 K	碱解 N	速效 P	速效 K	pH
		g/kg					mg/kg		
水田	17	16.5~22.0	0.25~1.26	0.41~1.01	1.56~57.1	1.0~11.88	1.2~7.1	12.3~110	5.11~5.55
旱地	10	18.5~21.1	0.46~1.20	1.06~3.42	1.3~27.6	0.73~12.50	2.4~18.2	29.0~140	5.01~5.76
林地	25	16.4~32.8	0.4~1.94	0.34~3.08	1.6~46.8	0.79~16.6	2.0~28	27.7~221	5.25~5.91
侵蚀地	5	2.65~9.2	0.32~0.82	1.10~1.63	9.3~56.5	0.79~13.81	2.8~8.9	39.1~198	4.63~4.98

1.2 芽孢杆菌的鉴定与计数

1.2.1 芽孢杆菌的计数

芽孢杆菌的计数为土壤稀释液在 80 热水浴保持恒温处理 10 分钟后在麦芽琼脂培养基平板上分离培养^[3]。

1.2.2 芽孢杆菌的鉴定

芽孢杆菌的鉴定主要采用菌落形态与生理生化指标相结合的方法^[4,5]。

1.3 多样性指数的计算

Simpson 指数的变型 Gini 指数 D 和 Shannon-

Wiener 指数 H' :

$$D = 1 - \sum P_i^2 \tag{公式 1}$$
$$H' = - \sum P_i \ln P_i \tag{公式 2}$$

其中 P_i 是第 i 种的个体数占总个体数的比例。

均匀度指数:Shannon-Wiener 指数的均匀度为

$$J_{sw} = \frac{- \sum P_i \ln P_i}{\ln S} \tag{公式 3}$$

本文系中国科学院生物分类区系学科发展特别支持费资助课题〔9723〕和中科院资环局重点基金 资助项目〔KZ952-S1-224〕。

Simpson 指数的均匀度为

$$J_{si} = \frac{1 - \sum P_i^2}{1 - \frac{1}{S}} \quad (\text{公式 4})$$

其中 P_i 是第 i 种的个体数占总个体数的比例, S 为物种丰富度指数^[6, 7]。

2 实验结果

2.1 芽孢杆菌组成

芽孢杆菌的组成结构在不同的生态系统下有所不同, 12 种芽孢杆菌在不同生态系统下土壤样品中所占的比例有很大的差别, 具体见表 2。侵蚀地中蜡质芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)占绝对的优势, 巨大芽孢杆菌(*B.megaterium*)则很少。林地中的 *B. megaterium* 和 *B.cereus* 百分比较为接近, 但后者稍多; 而旱地中是 *B.megaterium* 稍多。到了水田里, *B.megaterium* 所占的比例已远远超过 *B.cereus*。这说明荒地中以 *B.cereus* 最占优势, 但随着耕作程度的增加, *B.cereus* 逐渐减少, 而 *B.megaterium* 取而代之, 成为优势种。这种消长趋势可以作为区分土壤耕作程度的重要标志^[8]。

表 2 不同生态系统下各芽孢杆菌的百分含量(%)

Table 2 Percentage of each *Bacillus.spp* in different eco-systems

	旱地	林地	侵蚀地	水田
巨大芽孢杆菌	21.28	23.35	1.57	41.17
蜡质芽孢杆菌	18.62	25.85	60.09	18.37
地衣芽孢杆菌	0.68	0.34	0	1.07
枯草芽孢杆菌	14.06	10.37	0	4.85
短小芽孢杆菌	35.31	15.89	0	16.25
坚强芽孢杆菌	0	2.07	0	0
多粘芽孢杆菌	4.56	0	0	0.78
环状芽孢杆菌	0	2.96	1.08	0.24
短芽孢杆菌	2.67	4.26	0	0
球形芽孢杆菌	0	14.4	18.62	16.04
蕈状芽孢杆菌	0.84	3.29	18.62	0
浸麻芽孢杆菌	1.98	0.86	0	1.23

2.2 多样性指数

图 1 显示无论是 Shannon-Wiener 指数 H' , 还是 Simpson 指数 D , 都有如下规律: 林地>旱地>水田>侵蚀地。

一般来说, 在不同的生态环境中, 物种资源丰富的生态系统的多样性指数的测度值也较高。由于林地在大多数情况下较少受到人为的干扰, 其中的天然芽孢杆菌资源较丰富, 而使得芽孢杆菌属细菌

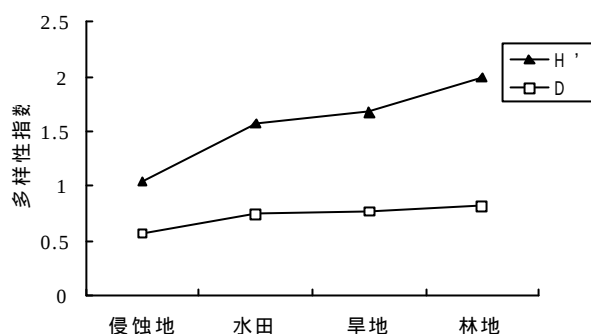


图 1. 不同利用方式下芽孢杆菌物种多样性指数

Fig. 1 Diversity index of *Bacillus* species in different eco-systems

的物种多样性指数明显较高; 旱地土壤地表的原始植被被替换, 部分种类的芽孢杆菌受到一定的扰动; 水田中不但地表原始植被被破坏, 而且还有周期性的渍水, 使得一些适应性较差的种类的分布受到限制; 至于侵蚀地, 则由于植被完全被毁, 又无法涵养水分和保持营养物质, 能够在其中正常生活的细菌较少, 因而芽孢杆菌的数量和种类都很少。表 3 中的 S 和 J_{sw} 、 J_{si} 的数据也分别从物种丰富度和物种均匀度方面证实了这一规律。

表 3 不同生态系统下芽孢杆菌丰富度和均匀度

Table 3 Richness index and evenness index of *Bacillus* species in different eco-systems

生态系统	丰富度 S	均匀度 J_{sw}	均匀度 J_{si}
旱地	9	0.7624	0.8688
林地	11	0.8287	0.8994
侵蚀地	5	0.6502	0.71141
水田	9	0.7134	0.8347

2.3 两种多样性指数的比较

$$\frac{H'_{\text{林地}} - H'_{\text{侵蚀地}}}{H'_{\text{侵蚀地}}} = 0.8989 > \frac{D_{\text{林地}} - D_{\text{侵蚀地}}}{D_{\text{侵蚀地}}} = 0.4376,$$

也就是说, Shannon-Wiener 指数 H' 作为物种多样性指数比 Simpson 指数 D 具有更大的差异区别能力。

3 讨 论

生物多样性的初步分析结果显示, 水田、旱地、林地、侵蚀地等不同生态系统下芽孢杆菌属内的物种多样性程度最高的是林地生态系统, 多样性程度最低的是侵蚀地。这是因为在一些原始环境里的微生物与生态环境及其他生物之间在长期的演化过程中形成了特定群落结构, 其中微生物种类和组成也比较稳定, 所以, 从遗传资源或基因多样性的保护角度来考虑, 保持原始植被, 特别是林地植被不受

干扰是保护芽孢杆菌和其他微生物资源的重要途径。

本实验采用的 Simpson 多样性指数实际上是其变型 Gini 指数 D 。因为 Simpson 指数 $\bar{e} = \sum P_i^2$ 本身是对多样性的反面集中性的度量 (即优势性指数), 而 $D = 1 - \bar{e}$ 则可作为多样性测度指标。 D 是对富集种相对多度敏感的指数。而 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 实际是用来度量从群落中随机抽取的个体属于某个种的不确定性。当总体中种数一定, 且各种间数量分布均匀时, H' 最大, 多样性最高; 若有两个数量皆为均匀分布的总体, 物种数目多的 H' 大, 多样性也较高。Shannon-Wiener 多样性指数属于对稀疏种敏感的一类指数。对本实验来说, Shannon-Wiener 指数 H' 作为物种多样性指数比 Simpson 指数 D 具有更大的差异区别能力。在有些情况下, 多样性指数大的群落的物种均匀度指数不一定高, 这主要是因为物种的均匀度指数还受各物种个体数量之间的差别程度的影响。

致 谢 土壤样品由张桃林研究员、杨艳生研究员、孙波副研究员、潘剑君副教授和李忠佩副研究员等组成的野外考察队采集, 在此表示感谢。

参考文献

- 1 王献溥、刘玉凯编著, 生物多样性的理论与实践, 北京: 中国环境科学出版社, 1994, 1~15
- 2 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 433~449
- 3 许光辉、郑洪元主编. 土壤微生物分析方法手册, 北京: 农业出版社, 1986, 105
- 4 Gibson, T and Gordon, R. E. Bacillus. In: Buchanan, R. E. et al. (Eds.). Bergey's Manual Determinative Bacteriology (Eighth Edition). The Williams and Wilkins company, Baltimore, 1974, 529~550
- 5 Gordon, R.E., Haynes, W. C. et al. The genus Bacillus. Washington, D. C. United States Department of Agriculture, 1973, 4~107
- 6 马克平. 试论生物多样性的概念. 生物多样性, 1993, 1 (1): 20~22.
- 7 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I: α -多样性的测度方法 (上). 生物多样性, 1994, 2 (3): 162~168.
- 8 张华勇, 李振高等. 不同利用方式下红壤芽孢杆菌分类区系. 见: 中国科学院红壤生态实验站编. 红壤生态系统研究 (第 6 集), 北京: 中国农业科技出版社, 2001, 146~151

DIVERSITY OF BACILLUS SPECIES IN DIFFERENT RED SOIL ECO-SYSTEMS

Zhang Huayong Li Zhengao Pan Yinghua Wang Junhua

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract Diversity of *Bacillus* species varies with eco-system in the red soil region. Initial results of the study show that Shannon diversity index and Simpson diversity index have the same trend: forestland > upland > paddy field > eroded land. The richness index and the evenness index of the species have a similar trend, that is, forestland is the highest and eroded land the lowest. Besides, the results also show that Shannon-Wiener index is more useful than Simpson index to distinguish differences.

Key words Species diversity, Bacillus, Red soil, Shannon-Wiener index, Simpson index