

气候对旱地紫色土微生物功能多样性的长期影响^①

李云, 孙波*, 李忠佩

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 研究了暖温带和中亚热带气候对紫色土的理化性质、微生物活性及其多样性的长期影响。将安徽休宁的紫色土分别放置在暖温带的封丘和中亚热带的鹰潭, 18年的旱作定位试验结果表明, 中亚热带紫色土的pH、全N含量、NO₃⁻-N含量和有效P含量显著低于暖温带紫色土; 中亚热带气候条件下紫色土微生物整体活性高于暖温带; 中亚热带气候条件下紫色土微生物对羧酸和糖类利用较多, 而在暖温带气候条件下紫色土微生物对氨基酸和胺类的利用能力较高。说明中亚热带气候条件促进了紫色土微生物对含C化合物的利用, 而暖温带气候条件促进了紫色土微生物对含N化合物的利用。

关键词: 土壤置换试验; 紫色土; 微生物多样性; 中亚热带; 暖温带

中图分类号: S154.36

地球上多种多样的气候类型形成的复杂自然条件影响土壤微生物的生态分布, 土壤微生物是土壤中最活跃的部分, 是土壤分解系统的主要成分, 在推动土壤物质转换、能量流动和生物地化循环中起着重要作用。目前的研究表明土壤微生物受植物、土壤物理化学性质以及农田管理(如作物种类、耕作方式、化学农药和肥料的使用以及农田灌溉等)的影响^[1]。一些实验室模拟试验研究了水分、温度对土壤微生物的影响, 发现在一定温度范围内(0~35℃), 土壤变暖提高土壤微生物活性及呼吸率; 在一定含水量范围内(210~370 g/kg), 土壤呼吸速率与温度呈正相关, 当含水量超出该范围, 土壤呼吸速率则随含水量的变化而降低^[2]。一些研究分析了潮土和红壤长期施肥对土壤微生物的影响, 发现有机肥处理潮土中微生物多样性增加^[3]; 有机肥和NPK处理显著提高了红壤微生物活性, NPK处理对红壤微生物活性的影响小于有机肥处理^[4]。目前对气候条件引起的土壤微生物的长期变化缺乏了解, 而这是理解全球气候变化对农田土壤生态过程影响的基础。因而我们分别在位于暖温带的封丘和中亚热带的鹰潭设置田间试验, 通过人工搬运置换, 使土壤类型保持一致, 保证土壤条件和试验处理的可比性, 对比研究不同气候条件下紫色土中微生物功能多样性的变化规律。

微生物功能多样性信息对于明确不同环境中微生物群落的作用具有重要意义^[5]。BIOLOG微孔板碳源

利用为基础的定量分析是描述微生物群落功能多样性的一种简单、快速的方法^[2, 6-10], 并已广泛应用于评价土壤微生物群落功能的多样性: 不同土壤类型^[11]、不同植被下的土壤^[12]、不同管理方式下的农田土壤^[13-14]和不同植被的根际土壤^[15]。

本文试图阐明紫色土经过18年的长期异地存在后, ①不同气候条件对紫色土基本物理和化学性质的影响; ②不同气候条件对紫色土微生物活性和多样性的影响; ③不同气候条件对紫色土中微生物利用C源种类的影响。

1 材料与方法

1.1 土壤及试验设计

1988年在安徽省休宁县选择由第四纪红黏土发育的旱地紫色土(紫色湿润雏形土, purple-udic cambosols)^[16], 按10 cm分层采集0~50 cm的土壤剖面。在中国科学院鹰潭和封丘野外农业生态试验站设置田间微区试验, 微区的面积为1 m²(1 m×1 m), 每一微区用砖石砌成壁与周围的土壤分开, 壁高65 cm, 露出地表15 cm, 深入地下50 cm。移除微区内0~50 cm的土壤, 然后按土层由深到浅的顺序将采集的紫色土分层置入微区内。3个地点的试验全部种植旱作, 休宁和鹰潭是花生-油菜, 封丘是玉米-小麦。NPK化肥的施肥水平与当地农民的平均水平一致, 在休宁、鹰潭和封丘的年平均用量分别是: N 60 kg/hm²、P 40

^①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-407)和国家自然科学基金重大项目(30590381)资助。

*通讯作者 (bsun@issas.ac.cn)

作者简介: 李云(1980—), 女, 陕西长武人, 博士研究生, 主要从事微生物分子生态学研究。E-mail: yli@issas.ac.cn

kg/hm²、K 60 kg/hm², 田间管理与大田条件下相同。

经过 18 年后, 2006 年 11 月在鹰潭试验站微区、封丘试验站微区和休宁县试验地采集土壤样品, 每一小区多点混合取样, 采取表层 0~20 cm 土壤样品, 采集好的样品装入封口聚乙烯袋, 放入保险盒, 带回实验室, 去除植物根系、石块等肉眼可见杂质后, 分成两份, 一份风干过筛用于基本理化性状的测定, 一份

在 -4℃ 冰箱中保存用于 BIOLOG 分析。本试验共计 3 个土样: 封丘紫色土 (FQ-Z), 鹰潭紫色土 (YT-Z), 休宁紫色土 (XN-Z)。

1.2 试验地气候条件概况

在位于暖温带气候条件下的封丘野外生态实验站和中亚热带气候条件下的鹰潭野外生态实验站设置田间微区试验, 试验地主要生态地理地形学特征见表 1。

表 1 试验站点的主要生态地理地形学特征

Table 1 Main ecogeomorphological characteristic of the studied sites

| 试验站点 | 经纬度 | 气候类型 | 年均温 (°C) | 年降水量 (mm) | 无霜期 (天) |
|-----------|-------------------------------------|------------|----------|-----------|---------|
| 封丘农业生态试验站 | E114°32', N35°01' | 暖温带半湿润季风气候 | 13.9 | 605 | 220 |
| 安徽休宁县 | E117°39'~118°26', N29°24'~30°02' | 中亚热带湿润季风气候 | 16.2 | 1614 | 231 |
| 鹰潭农业生态试验站 | E116°55', N28°15' | 中亚热带湿润季风气候 | 17.6 | 1795 | 260 |

1.3 土壤分析方法

土壤有机质的测定采用重铬酸钾容量法-外加热法; 全N的测定采用半微量开氏法; 有效P的测定采用 Olsen-P法; 土壤矿质N用 2 mol/L KCl 溶液浸提, 流动分析仪测定; 速效K用醋酸铵溶液浸提, 火焰光度法测定。

土壤微生物群落功能多样性分析: 使用 BIOLOG 生态测试板 (eco microplate, 美国 matrix Technologies Corporation 生产) 对微生物群落功能多样性进行测定, 该生态板在同一块板上有 96 孔, 分为 3 组, 每组有 32 孔, 其中不含任何 C 源的 1 个孔作为对照, 其余 31 个孔每孔含有 1 种 C 源和氧化还原染料四氮唑蓝。底物利用产生的氧化还原电势的变化可导致染料颜色发生变化。测定方法: 称取相当于 5.00 g 干土重的新鲜土壤, 加入到 45 ml 灭菌 0.85% (w/v) NaCl 溶液中, 振荡 30 min 后取出静止 5 min, 吸取土壤上悬液, 用灭菌的 0.85% NaCl 溶液稀释至细菌密度为大约 10⁵ cfu/ml, 吸取稀释液接种到 ECO 板, 每孔接种量 150 μl。接种后 ECO 板于 25℃ 培养, 分别在 24、48、72、96、120 和 144 h 在 590 nm 波长下测定吸光度 (OD) 值。BIOLOG ECO 微平板和 BIOLOG Reader 购自美国

BIOLOG 公司 (BIOLOG, Hayward, USA)。

1.4 数据处理计算公式

$$AWCD = \left[\sum (C - R) \right] / 31$$

式中, AWCD 为每孔溶液吸光值平均变化率, C 为各反应孔溶液的吸光值; R 为对照孔溶液的吸光值。

统计分析采用 SPSS 13.0, 本文的结果均为 3 次重复的平均值, 应用 LSD 法检验处理间的差异程度。

2 结果与分析

2.1 不同气候条件下紫色土的 pH 和养分含量

不同气候条件下紫色土的 pH 和养分含量如表 2 所示。处在中亚热带气候条件下的安徽休宁紫色土的 pH 显著高于处于同样气候条件下的鹰潭紫色土, 但是显著小于处于暖温带半湿润气候条件下的封丘紫色土, 紫色土的 pH 从中亚热带条件下到暖温带的气候条件下显著升高。土壤 NO₃⁻-N 含量的变化规律与土壤 pH 一致, 不同的是休宁紫色土的 NO₃⁻-N 含量是鹰潭的 3 倍多, 封丘的 NO₃⁻-N 含量则是休宁的 8 倍多, 鹰潭的紫色土 pH 和 NO₃⁻-N 含量均最小。

表 2 不同气候条件下土壤 pH 和养分含量

Table 2 Soil pH and nutrient contents under different climatic conditions

| 处理 | pH (H ₂ O) | 有机 C (g/kg) | 全 N (g/kg) | NH ₄ ⁺ -N (mg/kg) | NO ₃ ⁻ -N (mg/kg) | 有效 P (mg/kg) | 速效 K (mg/kg) |
|------|--------------------------|----------------|----------------|--|--|-----------------|------------------|
| XN-Z | 6.60 ± 0.04 b | 13.02 ± 1.62 a | 0.75 ± 0.18 b | 19.73 ± 0.44 b | 2.42 ± 0.01 b | 24.40 ± 3.11 b | 191.45 ± 0.29 a |
| FQ-Z | 6.87 ± 0.04 a | 12.05 ± 0.39 a | 1.17 ± 0.02 a | 18.16 ± 0.75 b | 26.67 ± 0.02 a | 57.20 ± 1.16 a | 146.37 ± 2.29 b |
| YT-Z | 6.19 ± 0.05 c | 10.95 ± 1.30 a | 0.84 ± 0.01 ab | 28.26 ± 0.43 a | 0.78 ± 0.02 c | 21.44 ± 0.51 b | 156.07 ± 11.44 b |

注: 同列数据标有不同字母表示处理间差异显著 (p < 0.05)。

紫色土的有机 C 含量在不同气候条件下变化不大, 虽然没有达到显著性水平, 但是存在一定的差异, 即休宁的最高, 鹰潭的最低, 封丘居中。

不同气候条件下紫色土的全 N 含量、 NH_4^+ -N 含量、有效 P 含量和速效 K 含量的变化规律则各有不同。紫色土全 N 含量在暖温带气候条件下的封丘显著高于中亚热带气候条件下的休宁, 也高于鹰潭, 但与鹰潭的全 N 含量差异没有达到显著水平。中亚热带气候条件下鹰潭土壤 NH_4^+ -N 含量显著高于中亚热带气候下的休宁和暖温带气候下的封丘, 但是休宁和封丘土壤 NH_4^+ -N 含量差异并未达到显著性水平。紫色土有效 P 含量在中亚热带气候的鹰潭和休宁显著低于暖温带气候的封丘, 封丘有效 P 含量是鹰潭和休宁的 2 倍多。中亚热带气候的鹰潭和暖温带气候的封丘紫色土速效 K 的含量显著低于中亚热带气候条件下的休宁。

2.2 不同气候条件下紫色土的微生物群落活性

不同时间微生物对 C 源代谢的总体情况用平均色度 (average well color development, AWCD) 表示。AWCD 值反映了微生物代谢的平均状况。

由图 1 可以看出, 不同气候条件下紫色土微生物群落代谢的 AWCD 值随时间变化曲线的形状符合一般微生物利用基质的规律, 即存在较明显的适应期、对数期和迟缓期等阶段。AWCD 值在不同气候条件下的总体变化趋势为: 中亚热带气候的休宁和鹰潭在整个培养时间内大于暖温带气候条件下的封丘, 且中亚热带气候的休宁又大于鹰潭。

将 BIOLOG ECO 盘中的 31 种 C 源分成 6 大类后可以看出 (图 2), 不同气候条件下紫色土的微生物对 C 源的利用形式存在很大差异。中亚热带气候的休宁

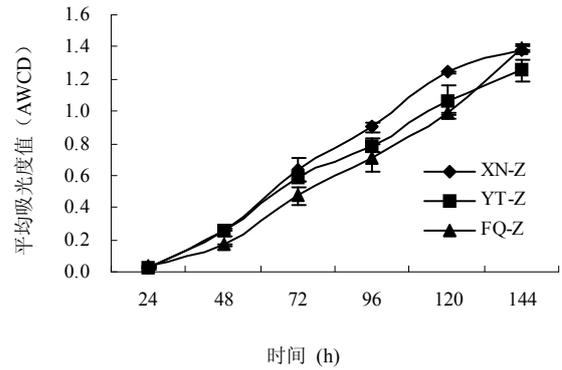


图 1 不同气候条件下 AWCD 值随时间的变化

Fig. 1 Variations of AWCD under different climatic conditions (vertical T bars indicate standard deviations)

和鹰潭紫色土对各类 C 源的利用能力都很大, 尤其是聚合物和氨基酸类 C 源。中亚热带气候紫色土与暖温带气候紫色土相比较在对各类 C 源的利用能力上大部分都存在显著性差异, 且中亚热带气候的休宁和鹰潭紫色土对各类 C 源的利用能力仍存在不同。中亚热带气候的休宁和鹰潭紫色土对聚合物和氨基酸的利用能力均显著高于暖温带气候的封丘紫色土。在对糖类的利用能力上, 暖温带气候和亚热带气候紫色土没有显著差异。中亚热带气候的休宁紫色土对羧酸的利用能力显著高于中亚热带气候的鹰潭和暖温带气候的封丘, 鹰潭和封丘没有显著差异; 对酚类化合物的利用能力则是中亚热带气候的鹰潭紫色土显著高于中亚热带气候的休宁和暖温带气候的封丘, 休宁和封丘没有显著差异; 对胺类的利用能力, 从高到低的顺序为: 鹰潭紫色土 > 休宁紫色土 > 封丘紫色土, 且 3 种气候条件下的紫色土对胺类的利用能力均差异显著。

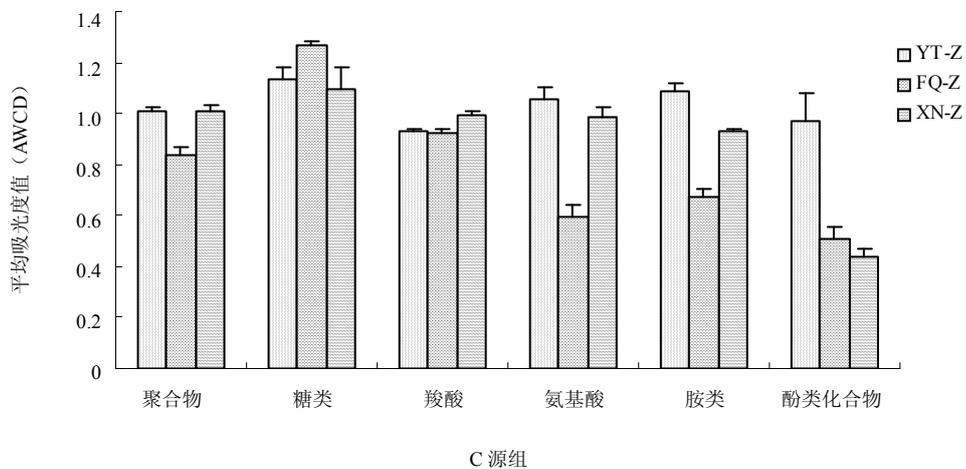


图 2 C 素利用中不同组 C 源的平均吸光度值

Fig. 2 AWCD after 96 h for different C source groups (vertical T bars indicate standard deviations)

2.3 不同气候条件下微生物群落的代谢特征指纹

对微生物代谢特征指纹的分析采用多元统计方法中的主成分分析法 (PCA)。某个时刻 31 种 C 源代谢的吸光度形成了描述微生物群落代谢特征的多元向量, 通过 PCA 分析可以将 C 源代谢的多元向量变换为互不相关的主元向量, 并在降维后的主元向量空间中用点的位置直观反映不同微生物群落的代谢特征。

根据对吸光度变化曲线的分析发现, 96 h 前后的吸光度数据能够最大程度地反映不同微生物群落的代谢特征差异, 因此被用于不同气候条件下紫色土微生物代谢特征的分析。将各气候条件下测得的 96 h 前后的吸光度数据进行 PCA 分析, 得到的主元向量中前 5 个主成分可以表征 85% 原变量的特征, 并且前几个主成分的重要性显著高于其他主成分。取第 1 主成分 (PC1) 和第 2 主成分 (PC2) 做图表征微生物的代谢特征, 结果如图 3 所示。

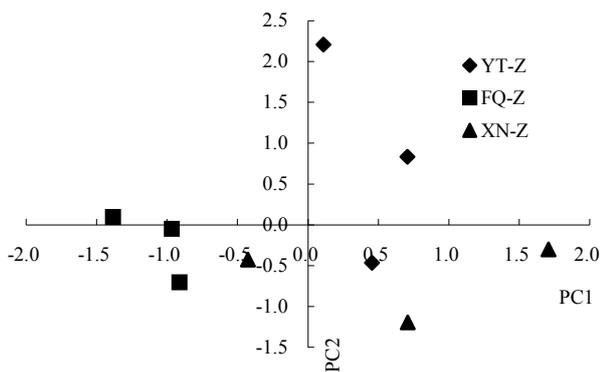


图 3 不同气候条件下土壤微生物群落 PCA 分析

Fig. 3 PCA analysis results for soil microbial community under different climatic conditions

由图 3 可以看出, 不同气候条件下紫色土在 31 种 C 源构建的典型变量坐标系中存在明显的空间分异。中亚热带气候的鹰潭紫色土和休宁紫色土在 PC2 轴上分开, 而且鹰潭紫色土在 PC2 轴上的得分值明显高于休宁紫色土。暖温带气候的封丘紫色土与中亚热带气候的休宁紫色土在 PC1 轴上区分开, 暖温带气候的封丘紫色土与中亚热带气候的鹰潭紫色土在 PC1 和 PC2 轴均产生差异, 鹰潭紫色土在 PC2 轴上的得分值显著高于封丘紫色土。从分析结果 PC1 轴和 PC2 轴的组成因子来看, PC1 主要反映了糖类和羧酸的利用情况, PC2 主要反映了糖类和氨基酸的利用情况。可见, 不同气候条件下紫色土微生物对 C 源的选择性利用存在明显差异, 反映了不同气候条件下紫色土微生物利用 C 源的种类发生了转移, 这也暗示不同气候条件紫色

土生态系统微生物群落功能的生化特征发生改变, 因而不同气候条件下紫色土的群落结构和功能多样性则会发生相应的变化。中亚热带气候的休宁紫色土和鹰潭紫色土微生物利用 C 源上的主要区别在于, 休宁紫色土微生物主要利用糖类和羧酸, 鹰潭紫色土主要利用氨基酸和胺类。暖温带气候的封丘紫色土微生物利用 C 源的种类在羧酸和胺类上与鹰潭紫色土产生差异, 在酚类化合物上与休宁紫色土产生差异。

3 讨论

中亚热带气候的紫色土 pH、全 N 含量、 NO_3^- -N 含量和有效 P 含量显著小于暖温带气候的紫色土, 说明中亚热带气候的紫色土搬运到暖温带气候条件下存在较长时间后 (18 年), 土壤的 pH 和基本理化性状已经显著发生变化, 这是气候和时间双重因子对土壤作用的结果。由于气候条件的不同, 造成土壤的水热状况亦不尽相同, 暖温带半湿润气候条件干燥, 不利于微生物的新陈代谢, 结果土壤中积累的有机质分解缓慢, 土壤养分得不到快速释放, 所以土壤速效养分含量高, 而中亚热带湿润气候温度和湿度条件对微生物的活动极为有利, 故土壤中有有机质分解快而含量低、全量和速效养分因微生物活性较强分解了有机质和矿物成份而得以增加。

中亚热带气候条件下的紫色土中微生物整体活性高于暖温带气候。中亚热带水分、热量条件充分, 微生物生长旺盛, 其活性也高; 暖温带水分和热量条件相对较差, 微生物生长缓慢, 其活性也相对较低。大气温度升高通过改变土壤的理化性状来影响土壤微生物, Saleska 等^[17]和 Wan 等^[18]研究揭示, 气温升高导致土壤温度升高湿度降低, 这些影响可能引起土壤微生物群落中一些特定微生物生理和生长特性的变化^[19], 原因在于不同的微生物对土壤温度和湿度有不同的耐受力^[20-21]。暖温带和亚热带主要的气候差异在于水分和温度, 中亚热带水分和温度条件都高于暖温带, 这直接改变土壤的理化形状, 从而间接造成土壤微生物活性的变化。

不同气候条件下紫色土的群落结构和功能多样性发生相应的变化。中亚热带气候的紫色土微生物较多的利用羧酸和糖类, 而暖温带气候的紫色土微生物对氨基酸和胺类的利用能力则较高, 这也表明中亚热带气候的紫色土微生物对含 C 化合物的利用能力强, 暖温带气候的紫色土微生物对含 N 化合物的利用能力强。这可能是由于不同的气候条件改变了土壤微生物的整体组成, 从而使微生物对 C 源的利用产生分异。

20 世纪 90 年代以来, 土壤质量的微生物学特性及

分子生态足迹作为对生态系统演变的灵敏响应不断得到注意^[22]。BIOLOG方法表征的只是土壤中快速生长或富营养微生物的活性,而不能反映土壤中生长缓慢的微生物的活性^[23],所以用BIOLOG方法得到的结论仅提供给我们不同气候带下紫色土微生物的有限信息,更深入更多的信息需要我们探究如何将分子生物学的新技术成功应用于土壤中,从微观角度来了解土壤微生物,将微生物群落结构与其功能联系起来,使土壤生态系统健康、持续发展。

参考文献:

- [1] Liu B, Tu C, Hu SJ, Gumpertz M, Beagle JR. Effect of organic, sustainable, and conventional management strategies in grower fields on soil physical, chemical, and biological factors and the incidence of Southern blight. *Applied Soil Ecology*, 2007, doi: 10.1016/j.apsoil.06.007
- [2] 王淼, 姬兰柱, 李秋荣, 刘延秋. 土壤温度和水分对长白山不同森林类型土壤呼吸的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(8): 1234-1238
- [3] Chu HY, Lin XG, Fujii T, Morimoto S, Yagi K, Hu JL, Zhang JB. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. *Soil Biol. Biochem.*, 2007, 39: 2971-2976
- [4] 乔洁, 毕利东, 张卫建, 沈仁芳, 张斌, 胡锋, 刘艳丽. 长期使用化肥对红壤性水稻土中微生物生物量、活性及群落结构的影响. *土壤*, 2007, 39(5): 772-776
- [5] Preston-Mafham J, Boddy L, Randerson PF. Analysis of microbial community functional diversity using sole-carbon-source utilization profiles—a critique. *FEMS Microb. Ecol.*, 2002, 42: 1-14
- [6] Choi K, Dobbs FC. Comparison of two kinds of Biolog microplates GN and ECO in their ability to distinguish among aquatic microbial communities. *J. Microb. Methods*, 1999, 36: 203-213
- [7] Garland JL. Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 1997, 24: 289-300
- [8] Garland JL, Mills AL. A community-level physiological approach for studying microbial communities // Ritz K, Dighton J, Giller KE. *Beyond the Biomass: Composition and Functional Analysis of Soil Microbial Communities*. London: Wiley-Sayce Publications, 1994: 77-83
- [9] Hollibaugh JT. Relationship between thymidine metabolism, bacterioplankton community metabolic capabilities, and sources of organic matter. *Microb. Ecol.*, 1994, 28: 117-131
- [10] Joanne F, William JK, Li W, Dickie PM, Boraie A, Kepkay PE. Metabolic activity of bacterioplankton communities assessed by flow cytometric and single carbon substrate utilization. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1996, 136: 213-225
- [11] Garland JL, Mills AL. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source-utilization. *Appl. Environ. Microb.*, 1991, 57: 2351-2359
- [12] Susan J. Grayston, Cindy E. Prescott. Microbial communities in forest floors under four trees species in coastal British Columbia. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 37: 1157-1167
- [13] Williams MA, Rice CW. Seven years of enhanced water availability influences the physiological, structural, and functional attributes of a soil microbial community. *Applied Soil Ecology*, 2007, 35: 535-545
- [14] Buyer JS, Drinkwater LE. Comparison of substrate utilization assay and fatty acid analysis of soil microbial communities. *J. Microb. Methods*, 1997, 30: 3-11
- [15] Grayston SJ, Wang S, Campbell CD, Edwards AC. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.*, 1998, 30: 369-378
- [16] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. *中国土壤系统分类检索(第三版)*. 合肥: 中国科技大学出版社, 2001
- [17] Saleska SR, Harte J, Torn MS. The effect of experimental ecosystem warming on CO₂ fluxes in a montane meadow. *Global Change Biology*, 1999, 5: 125-141
- [18] Wan S, Luo Y, Wallace LL. Change in microclimate induced by experimental warming and clipping in tall grass prairie. *Global Change Biology*, 2002, 8: 754-768
- [19] Panikov NS. Understanding and prediction of soil microbial community dynamics under global change. *Applied Soil Ecology*, 1999, 11: 161-176
- [20] Avrahami S, Liesack W, Conrad R. Effects of temperature and fertilizer on activity and community structure of soil ammonia oxidizers. *Environmental Microbiology*, 2003, 5: 691-705
- [21] Fierer N, Schimel JP, Holden PA. Influence of drying-rewetting frequency on soil bacterial community structure. *Microbial Ecology*, 2003, 45: 63-71
- [22] Glover L. Anne (convenor). *Composition of soil microbial and fauna communities: New insight from new technologies* 17th WCSS Abstracts Bangkok Thailand, 2002: 263-298
- [23] Konopka A, Oliver L, Turoo RF. The use of carbon substrate utilization patterns in environmental and ecological microbiology. *Microbiol. Ecol.*, 1998, 35(2): 103-115

Long-Term Effect of Climate Condition on Soil Microbial Diversity of Purple Soil Upland

LI Yun, SUN Bo, LI Zhong-pei

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

Abstract: Soil microbial structure composition can influence soil ecological function, it is very important to know the diversity of the microbial community in different environments. We examined the spatial patterns of soil physical and chemical properties, soil microbial activity and diversity and C sources used by soil microbe at two regions, i.e., Fengqiu and Yingtan, which represent the warm temperate and semi-humid monsoon climate and the mid-subtropical humid monsoon climate respectively. Soil pH, contents of total N, NO_3^- -N and available P under the mid-subtropical climatic condition were significantly lower than under the warm temperate climatic condition, but soil microbial activity under the mid-subtropical climatic condition were higher under the warm temperate climatic condition. Soil microorganism used more carboxylic acid and carbohydrates under the mid-subtropical climatic condition, but used more amino acid and amines under the warm temperate climatic condition. In a word, soil microorganism utilized compound containing carbon under the mid-subtropical climatic condition but utilized compound containing nitrogen under the warm temperate climatic condition.

Key words: Soil reciprocal transplantation experiment, Purple soil, Microbial diversity, Middle subtropical zone, Warm temperate zone