

太行山区不同植被群落土壤微生物学特征变化*

杨喜田^{1**} 宁国华² 董惠英¹ 李有¹

(¹河南农业大学, 郑州 450002; ²郑州市环境科学研究所, 郑州 450013)

【摘要】 为评价太行山区不同植被群落土壤微生物学特征, 比较分析了针阔混交林、针叶混交林、针叶纯林、落叶阔叶纯林、灌丛和裸地 6 种不同植被群落中土壤微生物数量、微生物生物量和呼吸强度等指标的变化。结果表明, 6 种不同植被群落土壤中微生物学特征存在较大差异。灌丛地在微生物数量、微生物生物量两项指标中均为最高, 其余植被群落在这两项指标中的顺序从大到小依次为落叶阔叶纯林 > 针阔混交林 > 针叶纯林 > 针叶混交林 > 裸地, 土壤呼吸强度也有相似的变化趋势。在进行退化山地植被恢复时, 应充分重视生态系统的自然恢复能力。

关键词 土壤微生物 植被恢复 微生物生物量 土壤呼吸强度

文章编号 1001-9332(2006)09-1761-04 中图分类号 S718.8 文献标识码 A

Soil microbial characters under different vegetation communities in Taihang Mountain Area. YANG Xitian¹, NING Guohua², DONG Huiying¹, LI You¹ (¹Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; ²Zhengzhou Institute of Environmental Protection, Zhengzhou 450013, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(9): 1761 ~ 1764.

This paper measured the numbers and biomass of soil microbes as well as the soil respiration rate under mixed coniferous - broadleaved forest, mixed coniferous forest, pure coniferous forest, pure deciduous broadleaved forest, shrubs, and bare land in Taihang Mountain area, aimed to evaluate the soil microbial characters under different vegetation communities in this area. The results showed that shrub land had the greatest numbers and biomass of soil microbes, followed by deciduous broadleaved forestland, mixed coniferous - broadleaved forestland, pure coniferous forestland, and bare land. Soil respiration rate had the similar trend. When restoring the vegetations on degraded mountain land, more attention should be paid to the natural restoration capability of forest ecosystems.

Key words Soil microorganism, Vegetation restoration, Microbial biomass, Soil respiration rate.

1 引言

我国低山丘陵区植被生态系统由于受人为破坏而严重退化, 制约着当地社会经济可持续发展。自 20 世纪 80 年代末, 我国在退化或脆弱生态环境恢复和重建方面进行了大量工作, 特别是在恢复森林生态系统过程中, 种类组成、种群生态位、系统结构和动态变化以及快速恢复与重建技术体系等方面开展了大量的研究工作, 退化生态系统不同恢复阶段的生态功能、恢复的速率等, 也是目前的一个研究热点^[4, 8]。

土壤微生物是土壤生态系统中养分在源和汇之间流动的巨大动力, 在植物凋落物分解、养分循环与平衡、土壤理化性质改善中起着重要作用, 高质量土壤具有更强的生物活性和稳定的微生物种群组成^[10]。随着人们对土壤微生物重要生态学意义认识不断加深, 对土壤微生物多样性的研究日益增多^[2, 3, 13]。目前, 人们在研究生态系统不同恢复阶段时, 较多地考虑植被指标以及土壤理化性质变化, 对于土壤微生物学性质研究报道较少^[12, 15, 18]。研究太行山区退化植被恢复过程土壤微生物学特征变化, 对于揭示退化生态系统恢复机理、构建优化植被恢复技术体系具有重要的理论和实践意义。

2 研究地区与研究方法

2.1 自然概况

研究地位于太行山王屋山风景区内(34°16' ~ 34°54'N, 112°02' ~ 112°45'E), 地处济源市西部山区王屋乡, 东距济源市 30 km, 南临黄河, 西距洛阳 60 km, 西、北与山西省接壤, 面积 265 km²。受多期构造运动影响, 形成了许多断裂隆起和灰岩山地, 海拔在 600 ~ 1 350 m, 由于长期的风化剥蚀和强烈的侵蚀作用, 许多植被稀少地区土层较薄。气候属北温带大陆性季风气候, 雨量充沛, 绝对最高气温为 38.6 °C, 最低气温为 -20.0 °C, 年平均气温 8.7 °C, 年降雨量 700 ~ 900 mm, 平均湿度 66%^[5]。区域内分布的主要乔灌木树种有侧柏(*Platycladus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、五角枫(*Acer mono*)、毛黄栌(*Cotinus coggygria*)、野皂荚(*Gleditsia microphylla*)、酸枣(*Ziziphus jujuba* var. *spinosa*)、荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)和兴安胡枝子(*Lespedeza davurica*)等, 地被植物有黄背草(*Themeda triandra* var. *japonica*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、中华卷柏(*Selaginella sinensis*)和白草(*Pennis-*

* 国家人事部高层次留学回国人员项目和河南省高校杰出科研人才创新工程资助项目(2005KYCX002, HAIPURT)。

** 通讯联系人。E-mail: xitianyang@yahoo.com.cn

2005-03-30 收稿, 2006-06-23 接受。

tum flaccidum) 等^[14].

2.2 试验设计

选定次生针阔混交林(侧柏栎树混交林)、针叶混交林(侧柏油松混交林)、针叶纯林(不同林分侧柏纯林)、阔叶落叶纯林(刺槐、栎树)、灌丛(荆条、黄栌)和裸地共10个样地作为研究对象,代表6个不同植被群落类型(表1).除灌丛为天然植被外,其它植被类型均为人工恢复.为了排除其它立地因子影响,分别在基岩母质相同(花岗岩)、坡度相近(阳坡中坡位)选取典型地段设置样地,调查样方内乔木、灌木层种类,分别记录其株高、盖度等特征.分别在每一类型样地选取3个土样,采样深度为0~20 cm,取后迅速混合放入无菌袋内并装入冰块,取样箱中保存.在实验室将土样分为两部分,一部分保存于冰箱中并于1周之内完成微生物学特征分析;另一部分风干,进行土壤理化性质测定.

表1 试验地植被群落

Table 1 Vegetation community in tested area

植被群落类型 Types of vegetation community	恢复方式 Restoration method	林龄 Forest age (yr)	郁闭度 Crown density (%)	水分 Water content (%)	全氮 Total nitrogen (g kg ⁻¹)
侧柏油松混交林 ¹⁾	人工 ⁹⁾	30	70	21.92	1.18
刺槐纯林 ²⁾	人工	30	70	20.2	0.74
侧柏纯林 ³⁾ 1	人工	22	80	17.1	0.78
侧柏纯林 2	人工	28	90	16.3	1.09
侧柏纯林 3	人工	16	40	10.35	0.68
侧柏栎树混交林 ⁴⁾	人工	29	80	18.8	0.81
荆条灌丛 ⁵⁾	天然 ¹⁰⁾		100	27.3	5.53
黄栌灌丛 ⁶⁾	天然		100	18.8	3.31
栎林 ⁷⁾	人工	29	95	19.7	1.61
裸地 ⁸⁾			0	11.8	0.38

1) *P. orientalis* and *P. tabulaeformis* mixed forest; 2) *R. pseudoacacia*; 3) *P. orientalis*; 4) *P. orientalis* and *Q. variabilis* mixed forest; 5) *V. negundo* var. *heterophylla*; 6) *C. coggygria*; 7) *Q. variabilis*; 8) Bare land; 9) Artificial; 10) Natural. 下同 The same below.

2.3 分析方法

采用稀释平板法测定土壤微生物量,分析微生物区系组成,采用熏蒸-浸提法测定微生物生物量氮,采用碱吸收法测定微生物呼吸强度^[6].

采用重铬酸钾容量法-稀释热法测定土壤有机质,采用半微量凯氏法测定土壤全氮,采用碱解扩散法测定碱解氮,采用0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃法测定速效磷^[1].

表2 不同植被群落土壤微生物区系及数量

Table 2 Composition and numbers of soil microorganisms in different vegetation community in Taihang Mountain (×10⁴ CFU·g⁻¹)

植被群落类型 Type of vegetation community	微生物总数 Total number of microorganisms	细菌 Bacteria		放线菌 Antinomies		真菌 Fungi	
		数量 Number	百分含量 Percent(%)	数量 Number	百分含量 Percent(%)	数量 Number	百分含量 Percent(%)
侧柏油松混交林	3243	2698	83.20	455	14.03	90	2.77
刺槐纯林	2706	1278	47.23	1360	50.26	68	2.51
侧柏纯林 1	2191	1240	56.60	935	42.67	16	0.73
侧柏纯林 2	3169	2069	65.29	1093	34.49	7	0.22
侧柏纯林 3	2721	2340	86.00	379	13.93	2	0.07
侧柏栎树混交林	4089	3150	77.04	924	22.60	15	0.36
荆条灌丛	22278	16460	73.89	5570	25.00	248	1.11
黄栌灌丛	22160	21164	95.51	905	4.08	91	0.41
栎林	21337	20670	96.88	560	2.62	107	0.50
裸地	63	57	90.48	5	7.93	1	1.59

土壤微生物量C采用氯仿熏蒸-K₂SO₄提取测定.称取相当于烘干土重20 g湿土,放入100 ml小烧杯中,连同盛有60 ml左右无酒氯仿的小烧杯(里面放入少量抗暴沸物质),放入真空干燥箱内,真空干燥底部加入少量水和稀碱(1 mol L⁻¹ NaOH).用真空泵抽成真空,使氯仿沸腾,并持续2 min,关闭真空干燥箱阀门,将真空干燥箱放入25℃培养箱中,保持24 h.取氯仿(倒回瓶中重复使用),除尽干燥底部碱,再用真空泵反复抽气,直到土壤不再闻到氯仿味为止.加入0.5 mol L⁻¹ K₂SO₄溶液(1:2土水比),振荡30 min(25℃,200 r min⁻¹)后迅速用中速广谱过滤,滤液立即测定或在熏蒸开始的时候另取等量土样,同上述方法用K₂SO₄溶液浸提,同时做空白对照.以熏蒸和未熏蒸土样提取有机C、N差值分别除以转换系数K_C(0.45)和K_N(0.45)计算土壤微生物量^[7].

3 结果与分析

3.1 不同植被群落土壤微生物区系的变化

土壤微生物区系变化能够敏感反映土壤质量变化过程,而其中数量变化是人们在研究中通常使用的指标^[13].从表2可知,不同植被群落土壤微生物数量变化较大.裸地是植被群落退化最严重的类型,其细菌、放线菌、真菌及总氮均最低,主要原因可能是其土壤有机质含量较低,仅为1.36 g kg⁻¹,导致微生物生长所需能源匮乏,生长缓慢.土壤微生物量最多的是荆条灌丛和黄栌灌丛,二者总氮分别达到2.24×10⁸和2.22×10⁸ CFU·g⁻¹,然后是栎树纯林2.14×10⁸ CFU·g⁻¹,且3种植被群落类型中优势类群均为细菌,细菌在黄栌灌丛、荆条灌丛、栎树林土壤微生物总氮分别占95.51%、73.88%和96.88%.不同植被群落类型土壤微生物量大小依次为灌丛地>阔叶纯林>针叶纯林>针叶混交林>针阔混交林>裸地.

3.2 不同植被群落土壤微生物量的变化

土壤微生物量反映参与调控土壤中能量和养分循环以及有机物质转化的微生物量,并能在检测到土壤总氮或总氮变化之前表现出较大差异,是更具敏感性的土壤质量指标.从表3可以看出,不同植被群落中土壤微生物量碳、氮存在显著差异,且同一类型不同林分组成(刺槐栎

林; 荆条黄栌) 之间也存在显著差异. 微生物生物量碳从大到小依次为荆条灌丛 > 栎林 > 黄栌灌丛 > 侧柏油松混交林 > 侧柏栎树混交林 > 刺槐纯林 > 侧柏纯林 1 > 侧柏纯林 2 > 侧柏纯林 3 > 裸地. 从图 1 可以看出, 微生物生物量碳与土壤有机质碳 ($P < 0.01$) 以及土壤总氮与土壤微生物量氮 ($P < 0.01$) 之间均呈显著正相关关系.

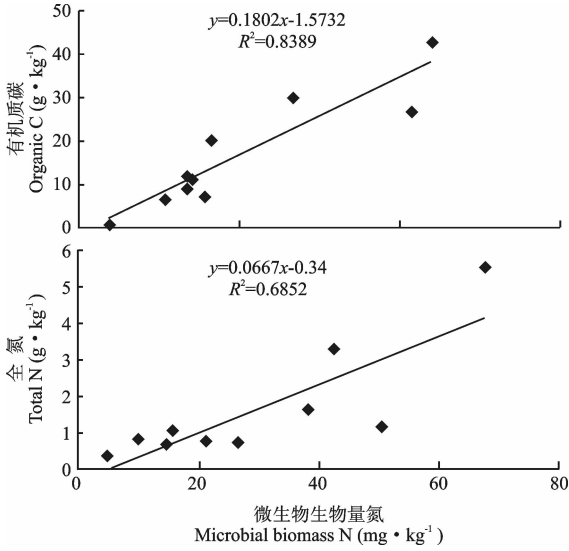


图 1 土壤微生物量碳、氮与土壤有机质碳、全氮的关系
Fig. 1 Relationships between microbial biomass C and soil organic C, microbial biomass N and total N.

3.3 不同植被群落土壤微生物呼吸强度的变化

土壤呼吸作用由土壤生物能量代谢产生, 土壤呼吸强度可以反映土壤微生物的活性^[16]. 土壤呼吸强度最高值分别出现在荆条灌丛、黄栌灌丛和栎树纯林中(表 3). 土壤微生物呼吸强度与土壤微生物量碳显著相关(图 2), 土壤有机质含量高的地方有较高的微生物生物量, 同时又有较高的呼吸强度, 故荆条灌丛、黄栌灌丛、栎树纯林地中有较高的土壤微生物活性.

表 3 不同植被群落类型的土壤微生物生物量碳、氮及有机质碳和呼吸强度
Table 3 Microbial biomass C, N and organic carbon, basal respiration in different vegetation community

植被群落类型 Type of vegetation community	有机质碳 Organic C (g kg ⁻¹)	微生物生物量碳 Microbial biomass C (mg kg ⁻¹)	微生物生物量氮 Microbial biomass N (mg kg ⁻¹)	呼吸强度 Basal respiration (mg CO ₂ -G g ⁻¹ d ⁻¹)
侧柏油松混交林	34.49 e	82.7 d	32.3 d	38.7 e
刺槐纯林	20.07 bc	67 e	26.4 cd	22 a
侧柏纯林 1	15.25 b	67 e	21.2 c	29.8 b
侧柏纯林 2	12.08 b	79 cd	15.6 b	35.3 bc
侧柏纯林 3	10.88 b	53.4 b	15.2 b	14.8 a
侧柏栎树混交林	19.07 b	70 cd	30.4 d	58.1 d
荆条灌丛	73.61 e	220 g	67.6 g	179.9 f
黄栌灌丛	51.39 d	134 e	42.4 e	147.4 e
栎林	45.39 d	207 f	50.2 f	154.6 e
裸地	0.79 a	18.3 a	5 a	12.5 a

同列不同字母表示差异不显著 ($P < 0.05$) Data in the same column followed by different letters meant significant difference at 0.05 level.

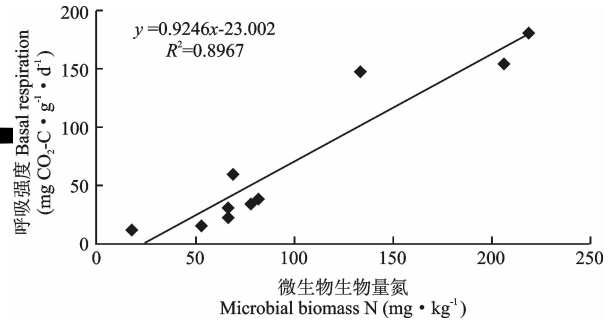


图 2 土壤微生物量 C 与呼吸强度含量关系
Fig. 2 Relationship between microbial biomass C and basal respiration.

4 讨 论

4.1 太行山植被恢复过程中不同植被群落土壤微生物学特征存在较大差异. 从数量上看, 荆条灌丛和黄栌灌丛地中无论是土壤微生物量还是细菌数都最高, 分别达到 2.24×10^8 和 1.65×10^8 CFU · g⁻¹ 及 2.22×10^8 和 2.12×10^8 CFU · g⁻¹. 这可能是因为灌丛植物地上部分生长量大, 可以为土壤微生物提供大量凋落物, 更重要的原因是其根系发达, 密集于土壤表层, 根系分泌物和死亡根是微生物丰富的能源物质^[10]. 侧柏油松混交林中微生物量很小, 仅高于裸地, 这可能是由于针叶混交林郁闭度低, 密度小, 根系对土壤产生影响小, 同时凋落物少且不易分解, 造成土壤微生物生长缓慢. 这与有些研究结果^[11] 存在一些矛盾, 可能是由于试验地的林分及森林郁闭度的不同造成的. 在同一林型中, 土壤微生物量随林分郁闭度的增大而增加. 刺槐纯林由于郁闭度较小, 对土壤有机质影响较小, 土壤微生物量微生物生物量均低于栎树纯林和侧柏栎树混交林.

4.2 在有机质含量较高的荆条灌丛和黄栌灌丛以及栎树纯林, 微生物生物量碳分别达到 220、134 和 207 mg · kg⁻¹, 同样在有机质含量较低的样地上, 出现了较低的微生物生物量碳, 这与近年来一些研究结论相同^[17]. 灌丛地中有较多根系及其分泌物, 微生物不仅在数量上而且在生物量上均大大超过其他植被群落类型. 微生物生物量从高到低依次为灌丛地 > 阔叶纯林地 > 针阔混交林地 > 针叶纯林地 > 针叶混交林地 > 裸地. 土壤微生物量碳、氮可以作为评价植物群落恢复状况的一个指标.

4.3 灌丛地微生物量微生物生物量高于其它林地的结论似乎与一般生态演替规律相反. 因为灌丛和林地光合产物分配格局迥异, 前者大量集中在浅表层根系区域, 而退化土壤恢复初期, 未经土壤有机质积累过程, 林地土壤养分地上部得不到输入, 限制了土壤质量的迅速发展^[9], 草地垦植为林地后微生物生物量迅速下降. 对于不同林地, 凋落物的质量和数量是决定因子. 因此, 在进行退化土壤恢复时, 应该充分重视土壤生态系统的自然恢复能力(草地或灌丛的有机质积累阶段), 适当采取造林措施, 而不宜大面积种植灌木. 在植被重建中也应注意选择适宜树种和适宜的混交方式.

参考文献

- 1 Bao S-D (鲍士旦). 2000. Soil and Agricultural Chemistry Analysis. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 2 Cai Y-F (蔡燕飞), Liao Z-W (廖宗文), Zhang J-E (章家恩), et al. 2003. Effect of ecological organic fertilizer on tomato bacterial wilt and soil microbial diversities. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14** (3): 349 ~ 353 (in Chinese)
- 3 Chen S-H (陈素华), Sun T-H (孙铁珩), Zhou Q-X (周启星), et al. 2002. Interaction between microorganisms and heavy metals and its application. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **13** (2): 239 ~ 242 (in Chinese)
- 4 Cheng J-M (程积民), Wang H-E (万惠娥), Du F (杜锋). 2001. Recovery and reconstruction of degraded shrub-grass vegetation in semi-arid region of Loess Plateau. *Sci Silvae Sin* (林业科学), **37** (4): 50 ~ 57 (in Chinese)
- 5 Hu B (胡斌), Yin G-X (尹国勋), Qi Y-A (齐永安), et al. 2000. Karst features and tourist development prospect of the national scenic spot of Mount Wangwushan in Jiyuan area, west Henan, China. *Henan Geol* (河南地质), **18** (4): 262 ~ 270 (in Chinese)
- 6 Li F-L (李阜隶), Yu Z-N (喻子牛), He S-J (何绍江). 1996. Experiment of Microbiology in Agriculture. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 7 Lin Q-M (林启美), Wu Y-G (吴玉光), Liu H-L (刘焕龙). 1999. Modification of fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carhop. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **18** (2): 63 ~ 66 (in Chinese)
- 8 Liu J (柳江), Hong W (洪伟), Wu C-Z (吴承祯), et al. 2002. The niche characters of dominant species in shrub layer of restoring communities in degraded red soil. *J Plant Resour Environ* (植物资源与环境学报), **11** (2): 11 ~ 16 (in Chinese)
- 9 Liu M-Q (刘满强), Hu F (胡锋). 2003. Seasonal dynamics of soil microbial biomass and its significance to indicate soil quality under different vegetations restored on degraded red soil. *Acta Pedol Sin* (土壤学报), **40** (6): 937 ~ 944 (in Chinese)
- 10 Sun B (孙波), Zhao Q-G (赵其国), Zhang T-L (张桃林), et al. 1997. Soil quality and sustainable environment III. Biology indicators in the appraisal of soil quality. *Soils* (土壤), **22** (3): 225 ~ 234 (in Chinese)
- 11 Tian C-M (田呈明), Liu J-J (刘建军), Liang Y-M (梁英梅). 1999. Rhizosphere microorganisms and soil bio-chemical properties at Huoditang forest region of the Qinling Mountains. *Bull Soil Water Conserv* (水土保持通报), **19** (2): 19 ~ 22 (in Chinese)
- 12 Xie L-L (谢龙), Chen Q-B (陈秋波), Wang Z-H (王真辉), et al. 2004. A review of effects of soil environmental changes on soil microbe. *Chin J Trop Agric* (热带农业科学), **24** (3): 39 ~ 47 (in Chinese)
- 13 Yang F (杨芳), Xu Q-F (徐秋芳). 2002. Advance in studies on diversity of microorganism in soil. *J Zhejiang For Sci Technol* (浙江林业科技), **22** (6): 39 ~ 41 (in Chinese)
- 14 Yun Z-M (云正明). 1989. Study on Integrative Forest Engineering in Taihang Mountain. Beijing: China Forestry Press. (in Chinese)
- 15 Zhang C-B (张崇邦), Yang J-C (杨靖春). 1996. Preliminary on respiration of soil microorganism under different vegetation on *Aneurolepidium chinense* grassland of northeast China. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **7** (3): 293 ~ 298 (in Chinese)
- 16 Zhang J-E (章家恩). 1999. The scope and content of study on soil biodiversity and its sustainable exploitation. *Chin Biodivers* (生物多样性), **7** (2): 140 ~ 144 (in Chinese)
- 17 Zhang J-E (章家恩), Liu W-G (刘文高), Hu G (胡刚). 2002. The relationship between quantity index of soil microorganisms and soil fertility of different land use systems. *Soil Environ Sci* (土壤与环境学报), **2** (2): 140 ~ 143 (in Chinese)
- 18 Zheng H (郑华), Ouyang Z-Y (欧阳志云), Wang X-K (王效科), et al. 2004. Effects of forest restoration patterns on soil microbial communities. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15** (11): 2019 ~ 2024 (in Chinese)

作者简介 杨喜田, 男, 1965年生, 博士, 主要从事恢复生态学和植被恢复技术研究, 发表文章40余篇. 森林: 0371-63555498; E-mail: xitianyang@yahoo.com.cn

责任编辑 肖红