

文章编号: 1674-9057(2017)04-0665-06

doi:10.3969/j.issn.1674-9057.2017.04.018

亚热带红壤丘陵小流域土地利用类型对土壤微生物活性和土壤呼吸的影响

熊林^{1a}, 林荣科², 王敦球¹, 叶丽丽¹, 蒋金平¹

(1. 桂林理工大学 a. 广西环境污染控制理论与技术重点实验室; b. 广西岩溶地区水污染控制与用水安全保障协同创新中心, 广西 桂林 541004; 2. 广西壮族自治区环境保护科学研究院, 南宁 530022)

摘要:为研究亚热带红壤丘陵区小流域土地利用类型对土壤质量的影响,采集了江西省瑞金市万田乡小流域内5种土地利用类型土壤,分别研究其化学和微生物活性(微生物生物量碳 C_{mic} 、微生物生物量氮 N_{mic} 、呼吸商 q_{CO_2} 、微生物商 q_M 和基础呼吸 BR)等指标。结果表明:土地利用方式显著影响土壤微生物活性,其中 C_{mic} 和 N_{mic} 变化趋势相似,撂荒地的最高,其均值分别为277.1和53.25 mg/kg;旱地农田最低,其值分别为90.31和20.05 mg/kg。 BR 最高的为撂荒地,均值为0.93 $\mu g CO_2-C \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$;旱地农田最小,为0.58 $\mu g CO_2-C \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ 。 q_{CO_2} 与 q_M 表现出相反变化趋势,旱地农田 q_{CO_2} 最高,撂荒地最小;撂荒地 q_M 最高。相关分析结果显示 C_{mic} 和 N_{mic} 与土壤有机碳及全氮均呈显著正相关($P < 0.05$),表明红壤丘陵地区撂荒地 and 次生林地维持着较高土壤质量,而旱地红壤质量相对较差。

关键词:红壤丘陵区;土壤质量;微生物活性;土壤呼吸;土地利用类型

中图分类号: S154

文献标志码: A

0 引言

我国南方红壤是在亚热带生物气候条件下形成的,具有高生产率的潜能,但易高度分化并且出现水土流失^[1]。然而作为我国主要的土壤类型之一,南方红壤地区特别是红壤丘陵区长期不合理的土地利用方式和管理已经造成部分土壤严重的退化,制约了该地区土地资源的可持续利用。合理的土地利用是改善和恢复该区域土壤质量和生态问题的迫切要求^[2]。

土壤微生物活性是土壤微生物生长状况的整体表现,是表征土壤质量、衡量土壤生态系统管理措施和扰动变化的敏感指标。土壤微生物是土壤有机质和土壤养分(C、N、P、S等)转化和循环的动力,它参与有机质的分解和形成、养分的转

化和循环的各个生化过程^[3]。土壤微生物生物量大小虽然仅占土壤有机质的很小一部分,但它是土壤养分的一个重要的源与库。与传统的土壤物理化学指标相比,土壤微生物量碳(C_{mic})和土壤微生物量氮(N_{mic})被看作土壤养分的活性成分,反映了土壤微生物在土壤环境中的适应程度。土壤呼吸强度(BR)和呼吸商(q_{CO_2})是指土壤微生物的呼吸作用,影响微生物活性的各种因素的变化能从土壤呼吸强度和呼吸商表现出来,更能反映微生物在土壤中的实际含量和作用潜力,具有灵敏、准确的优点,常被用于土壤质量评价^[3-7]。因此,综合土壤微生物生物量大小、呼吸强度和呼吸商等指标参数,基本能反映土壤微生物活性的整体状况。近几年,已有不少学者应用土壤微生物等指标对红壤地区土壤质量进行了比较研究,结果表明:

收稿日期: 2016-04-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(41261098);广西矿冶与环境科学实验中心项目(KH2012ZD004);广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划项目(002401013001)

作者简介: 熊林(1989—),男,硕士,研究方向:土壤环境生态,912575299@qq.com。

通讯作者: 蒋金平,博士,副教授,jiangjinping74@163.com。

引文格式: 熊林,林荣科,王敦球,等. 亚热带红壤丘陵小流域土地利用类型对土壤微生物活性和土壤呼吸的影响[J]. 桂林理工大学学报,2017,37(4): 665-670.

土地的利用方式显著影响土壤质量，土壤微生物活性指标与土壤肥力和土壤健康紧密相关^[8-11]。

为促进我国南方典型红壤丘陵区土地合理利用与土地管理，本文通过分析不同土地类型土壤微生物生物量碳和氮，以及土壤基础呼吸等指标，综合探讨亚热带红壤丘陵区小流域土地利用对土壤微生物活性及土壤呼吸的响应特征，以促进对南方红壤丘陵区土地质量的评价，了解土地利用方式对当地土壤生态过程和土壤质量的影响，为促进该地区土地合理利用和提高土地生产力提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况及样品采集

研究区域位于江西省瑞金市万田乡小流域典型的丘陵区(N 25°56′03″—N 25°56′12″, E 115°6′45″—E 115°46′56″)，土壤母质均是由花岗岩风化物发育形成的红壤。该地区为亚热带季风气候，年平均气温达 18.8 ℃，多年平均降雨量约 1 400 mm。降水分布不均、水土流失严重，4~6 月的降水量几乎占全年的 50%，干湿季节变化较明显，夏、秋之间旱情突出。

样品采集时间为 2014 年 12 月，分别采集撂荒地、次生林地、旱地农田、果园和菜地等 5 种不同土地利用的土壤。其中：次生林地 6 个样地，主要植被为五节芒(*Miscanthus floridulus*)和马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)；5 个多年撂荒地样地，主要植被是五节芒；旱地农田样地共 9 个，耕作方式主要是机械耕作，施用无机肥为主，主要种植花生(*Arachishypogaea*)；9 个果园地，耕作方式主要是中耕，施用农家有机肥为主，主要种植脐橙(*Citrus sinensis Osbeck*)；菜地样地共 3 个，耕作方式主要是中耕，施用农家有机肥为主，主要种植白菜(*Brassica pekinensis*)和辣椒(*Capsicum annuum* L.)。

采用梅花多点法，采集 0~20 cm 表层土壤样品，混合分装于密封袋。在室内除去植物残体等杂物，取少量土样自然风干后用于土壤基本化学性质测定，另一部分保存在 4 ℃冰箱，用于土壤微生物指标分析。

1.2 测定方法及数据处理

pH 值采用水土比 2.5:1(PB-10 酸度计)测定；有机质用重铬酸钾容量-外加热法测定；总氮用半微量定氮蒸馏法测定；总磷采用钼锑抗比色法测定；土壤微生物生物量碳和微生物生物量氮采用氯仿熏蒸-K₂SO₄浸提法^[12]，提取后用 TOC 仪(multi-3100)测定，微生物生物量碳和氮的提取系数分别为 0.38^[13]和 0.45^[14]，土壤基础呼吸采用碱液吸收滴定法测定^[15]。土壤微生物商是微生物生物量碳和有机全碳比值，呼吸商是单位时间内基础呼吸与微生物生物量碳的比值^[16-17]。

数据经 Excel 2010 整理及绘图，采用 SPSS 18.0 软件对各变量进行平均值统计、单因素方差分析及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 土地利用类型对土壤化学特性的影响

红壤丘陵区不同土地利用方式下土壤质量化学指标见表 1。可以看出,5 种土壤利用类型中土壤有机碳含量差异显著($P < 0.05$)，有机质碳含量大小依次为次生林>撂荒地>果园>菜地>旱地农田。各土地利用类型间土壤总氮含量差异显著($P < 0.05$)，次生林地土壤总氮含量最高，撂荒地次之，菜地总氮含量最低且显著低于其他土地利用类型。总磷表现出与有机碳和总氮不同变化趋势，总磷含量以菜地最高，果园和旱地次之，次生林和撂荒地较低。C/N 值同土壤有机质和总氮总体变化趋势一样,变化范围为 7.14~16.75，菜地最大，旱地农田最小。不同土地利用类型之间的 pH 变化

表 1 不同土地利用类型的土壤化学性质特征
Table 1 Soil chemical properties in different land use types

土地利用类型	pH	土壤有机质碳/(g·kg ⁻¹)	总氮/(g·kg ⁻¹)	总磷/(g·kg ⁻¹)	C/N
撂荒地	4.94±0.07a	26.96±2.59a	2.70±0.12a	0.22±0.01d	9.96±0.90b
次生林	4.76±0.06a	27.46±1.86a	2.74±0.05a	0.23±0.02d	10.01±0.85b
旱地农田	4.73±0.18a	14.79±1.45c	2.06±0.12b	0.66±0.07c	7.14±0.72c
果 园	4.91±0.19a	22.18±0.69b	2.22±0.10b	0.99±0.01b	10.01±0.66b
菜 地	4.94±0.03a	20.52±0.26b	1.22±0.04c	1.26±0.01a	16.75±0.73a

注:同一列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)，下同。

范围在 4.73 ~ 4.94，其值差异不显著 ($P > 0.05$)，说明红壤区土地利用类型不会显著影响土壤的酸碱度，其中果园、菜地和撂荒地略高于次生林和旱地农田，可能是在果园和菜地这两种土地利用类型中受肥料投入的影响。结果表明，不同土地利用类型人为活动干扰程度的不同，土壤化学性质也产生了明显的变化：次生林和撂荒使得表层土壤化学性质变得更好，更有利于土壤化学性质恢复^[6]。

3.2 土地利用类型对土壤微生物量的影响

土壤微生物量指土壤中体积小于 $5.0 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ 的生物总量，是活的土壤有机质部分，包括微生物生物量碳、微生物生物量氮等^[12-13, 15]。土壤微生物生物量变化主要受到土壤环境条件、地表植被特征、土地利用方式等因素的综合影响^[3-4, 11]。土地利用方式会影响植物残体和根系分泌物在土壤中的积累，从而引起土壤微生物量在不同土地利用方式下表现出差异^[18]。微生物商是土壤微生物生物量碳与土壤有机碳的比值，它充分反映了土壤中活性有机碳所占的比例，从微生物学的角度揭示土壤肥力的差异^[19-20]。微生物生物量碳和微生物生物量氮比值反映微生物群落结构信息，其显著变化喻示着微生物群落结构变化，是微生物生物量变化的首要原因^[21]。

研究区不同土地利用类型土壤中微生物生物量碳 (C_{mic}) 和微生物生物量氮 (N_{mic}) 如图 1 所示，红壤微生物生物量碳平均值变化范围在 90.31 ~ 277.1 mg/kg，5 种土地利用类型之间微生物生物量碳差异显著 ($P < 0.05$)：最高为撂荒地，平均值为 277.1 mg/kg；其次为次生林，平均值为 172.7 mg/kg；微生物生物量碳最低的是旱地农田，平均值为 90.31 mg/kg。撂荒地土壤微生物生物量碳显著高于其他土地利用类型土壤，微生物生物量碳含量大小依次为：撂荒地 > 次生林 > 果园 > 菜地 > 旱地农田。土壤微生物生物量氮的变化规律类似土壤微生物生物量碳，撂荒地土壤微生物生物量氮最高，次生林地次之，旱地农田最低，撂荒地和次生林地微生物生物量氮显著高于其他 3 种土壤利用方式 ($P < 0.05$)，而旱地、菜地、果园两两之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

图 2 是不同土地利用类型土壤微生物商和微生物生物量碳氮比值。土壤微生物碳与有机碳的比值 (q_m) 在 0.56% ~ 1.03%，在前人报道的 0.5% ~

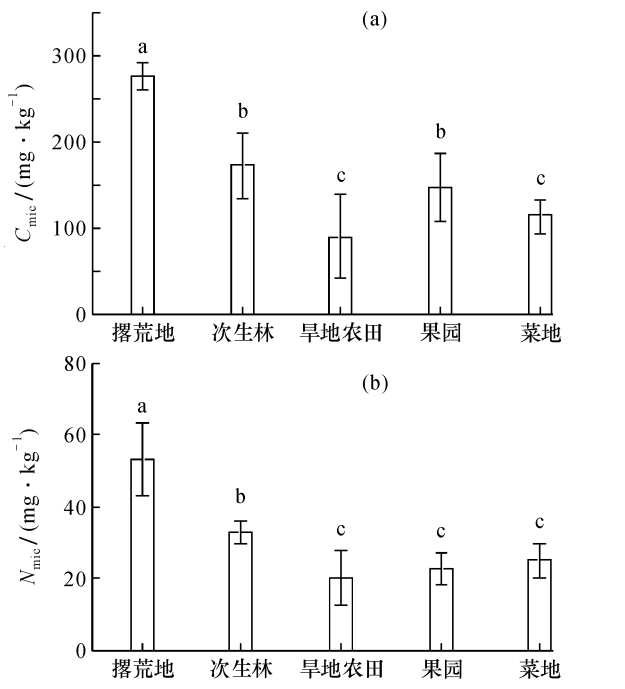


图 1 不同土地利用类型土壤微生物生物量碳(a)、氮(b) (不同小写字母表示处理间差异显著,下同)
Fig. 1 Soil microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen in different land use types

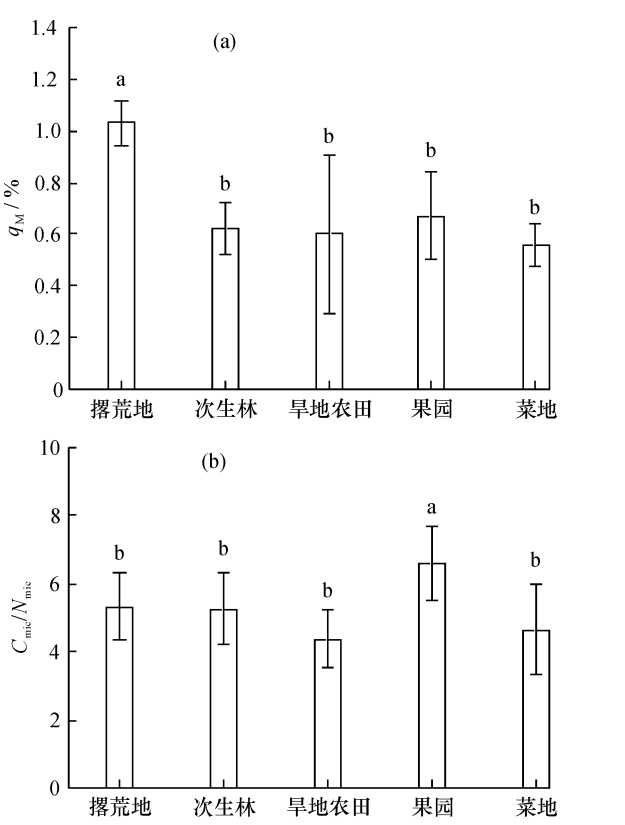


图 2 不同土地利用类型土壤微生物商(a)和微生物生物量碳氮比值(b)
Fig. 2 Soil microbial quotient (a) and $C_{\text{mic}}/N_{\text{mic}}$ (b) in different land use types

4.0% 范围之内^[22], 但相对偏低, 表明我国南方红壤丘陵区土壤环境普遍较差, 肥力偏低。在这 5 种土地利用类型中, 撂荒地和次生林地 q_M 较高, 而旱地农田 q_M 最低, 可见研究区旱地农田肥力质量较差。微生物生物量碳和氮比值 (C_{mic}/N_{mic}) 在果园地中较高, 其他地中较低。所有样地 C_{mic}/N_{mic} 值在 3.31 ~ 7.91, 平均值为 5.30, 与陈国潮等^[8] 的研究结果基本一致, 即: 红壤不同土地利用方式影响微生物碳氮比变化的范围为 4.1 ~ 8.2, 平均值为 6.2。

3.3 土地利用类型对土壤基础呼吸 (BR) 与呼吸商 (q_{CO_2}) 的影响

土壤基础呼吸 (BR) 主要来源于微生物的呼吸作用, 可作为衡量土壤微生物总活性或作为评价土壤肥力的指标^[23]。由图 3a 可以看出, 不同土地利用类型土壤基础呼吸之间差异显著 ($P < 0.05$), 撂荒地土壤基础呼吸值最大, 而旱地农田土壤基础呼吸值最小, 分别为 $0.93 \mu g CO_2-C \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ 和 $0.58 \mu g CO_2-C \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ 。呼吸商 (q_{CO_2}) 是指土壤基础呼吸强度与微生物生物量碳的比值, 反映土壤

环境受胁迫程度^[16]。由图 3b 可以看出, 不同土地利用类型土壤呼吸商与土壤基础呼吸呈现相反的规律, 且差异显著 ($P < 0.05$), 大小依次是旱地农田 > 菜地 > 果园 > 次生林 > 撂荒地。

3.4 不同土地利用类型土壤各质量因子相关分析

土壤质量因子之间相关分析结果见表 2。可以看出, 总有机质碳和总氮呈显著正相关 ($r = 0.623, P < 0.01$), 总磷与总氮呈显著负相关 ($r = -0.824, P < 0.01$)。 C_{mic} 同总有机质碳和总氮呈正相关 (相关系数分别为 $r = 0.755, P < 0.01$ 和 $r = 0.595, P < 0.01$)。 N_{mic} 同总有机质碳 ($r = 0.682, P < 0.01$) 和总氮 ($r = 0.567, P < 0.01$) 也呈显著正相关, 可见总有机质碳和总氮显著影响土壤微生物生物量。 q_M 同总有机质碳 ($r = 0.371, P < 0.05$)、总氮 ($r = 0.382, P < 0.05$)、 C_{mic} ($r = 0.866, P < 0.01$) 及 N_{mic} ($r = 0.740, P < 0.01$) 显著正相关, 表明微生物商主要由土壤微生物生物量决定。 C_{mic}/N_{mic} 同 C_{mic} 显著正相关 ($r = 0.405, P < 0.05$)。基础呼吸 (BR) 同土壤总有机质碳 ($r = 0.922, P < 0.01$)、总氮 ($r = 0.686, P < 0.01$)、 C_{mic} ($r = 0.733, P < 0.01$) 及 N_{mic} ($r = 0.715, P < 0.01$) 显著正相关。呼吸商 q_{CO_2} 同总有机质碳 ($r = -0.631, P < 0.01$)、总氮 ($r = -0.354, P < 0.05$)、 C_{mic} ($r = -0.813, P < 0.01$) 及 N_{mic} ($r = -0.690, P < 0.01$) 显著负相关, 表明土壤微生物生物量显著影响基础呼吸和呼吸商。

4 讨论

土壤微生物生物量碳、氮是评价土壤质量变化的灵敏指标, 但不同土地利用类型、耕作方式、施肥管理都会对其造成影响^[6,9,11]。本研究表明, 撂荒地和次生林地土壤微生物生物量碳和氮高于其他土地利用类型: 一方面, 由于撂荒地、次生林土壤每年有大量的凋落物和营养元素重新还原到地表, 且大量根系分泌物集中在土壤表层, 为微生物新陈代谢提供丰富的碳源和氮源, 促进了土壤微生物生长繁殖; 同时大量凋落物的覆盖保持了土壤表层含水量, 为土壤微生物提供了良好的生存环境^[14]; 另一方面, 撂荒地和次生林地表土层的人为干扰较小, 土壤物理结构良好, 为土壤微生物提供了适宜的生境, 提高了土壤微生物生物量, 改善了土壤微生物活性和生态功能。果

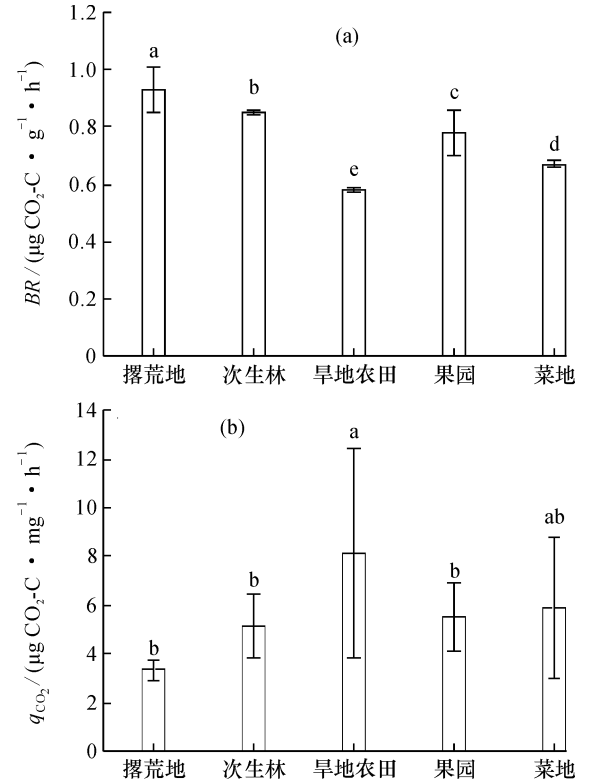


图3 不同土地利用类型土壤基础呼吸 (BR) (a) 与呼吸商 (q_{CO_2}) (b)

Fig. 3 Soil basal respiration (BR) (a) and respiratory quotient (q_{CO_2}) (b) in different land use types

表2 土壤养分与土壤微生物量指标相关系数									
Table 2 Correlation coefficients between soil nutrient and soil microbial indexes									
	TOC	TN	C_{mic}	N_{mic}	C_{mic}/N_{mic}	q_M	BR	q_{CO_2}	TP
TOC	1								
TN	0.623**	1							
C_{mic}	0.755**	0.595**	1						
N_{mic}	0.682**	0.567**	0.892**	1					
C_{mic}/N_{mic}	0.338	0.165	0.405*	-0.029	1				
q_M	0.371*	0.382*	0.866**	0.740**	0.404*	1			
BR	0.922**	0.686**	0.733**	0.715**	0.321	0.422**	1		
q_{CO_2}	-0.631**	-0.354*	-0.813**	-0.690**	-0.463**	-0.813**	-0.545*	1	
TP	-0.458**	-0.824**	-0.509**	-0.595**	0.173	-0.332	-0.498**	0.175	1

注：*表示 $P < 0.01$ ，*表示 $P < 0.05$ 。TOC—土壤有机碳 (total organic carbon)；TN—总氮 (total nitrogen)； C_{mic} —微生物生物量碳 (microbial biomass carbon)； N_{mic} —微生物生物量氮 (microbial biomass nitrogen)； C_{mic}/N_{mic} —微生物生物量碳/氮 (microbial biomass carbon/nitrogen)； q_M —微生物商 (microbial quotient)；BR—基础呼吸 (basal respiration)； q_{CO_2} —呼吸商 (respiratory quotient)；TP—总磷 (total phosphorus)。

园土壤每年有较多的农药和肥料的投入，能够显著影响土壤微生物活性。菜地土壤由于当地农药杀虫剂的使用，导致微生物区系的改变和微生物量下降。旱地农田由于长期粗放管理，土壤经常处于干湿交替状态，难以维持较高的微生物生物量。由此可见，微生物生物量的变化可以预示土地利用方式的管理效果，撂荒地和种植次生林是较好维持和恢复土壤质量的土地利用方式。

土壤基础呼吸反映微生物区系活动，以及土壤生物活性、肥力和通透性，随着土壤碳氮输入量的增加，土壤微生物呼吸强度会增强。本研究表明，撂荒地和次生林系统中土壤基础呼吸高于其他3种土地利用类型，并且与总有机质碳和微生物生物量呈显著正相关，说明在撂荒地及次生林土壤环境中较高的微生物生物量，微生物处于良好的生存状态，利于养分的存储和循环，并且可以维持土壤生态系统的正常功能。呼吸商是反映环境因素、管理措施等变化对土壤微生物活性影响的重要指标，相对稳定的生态系统而言，受干扰的生态系统呼吸商会增加^[24]。呼吸商越小，意味着微生物用于抵御环境胁迫所消耗碳占的比例越小，而用于微生物生长繁殖的生物量碳占的比例相对较大^[16-17]，表明稳定的土壤系统具有相对较高的微生物量和活性。研究结果显示，多年撂荒地和次生林系统呼吸商低于其他3种土地利用类型，因为撂荒地和次生林土壤生态系统相对稳定，具有相对较高的微生物生物量和活性。相反旱地农田基础呼吸速率最低、呼吸商较大，表明研究区旱地农田土壤微生物活性效率较低，生活在一个胁迫的环境中^[19,25]。其原因可能是由于

旱地强烈的农业生产活动导致微生物代谢功能降低，微生物需要消耗更多的资源生存，导致土壤质量有下降的趋势。

5 结 论

研究了亚热带典型红壤丘陵区小流域土地利用类型(撂荒地、次生林、旱地农田、果园和菜地)土壤微生物活性及土壤呼吸等指标，结果表明该研究区多年撂荒地和次生林地土壤微生物活性较高，微生物生物量碳、氮及土壤基础呼吸等指标显著高于其他土地利用方式，土壤质量相对较好，其次是果园和菜地，而旱地农田土壤微生物活性较低，土壤质量最差。过度的土壤干扰活动可能是土壤质量变差的主要原因，而撂荒与种植次生林则有利于该红壤丘陵区土壤质量恢复。

参考文献：

[1] Zhang B, Zhang T L, Zhao Q G. Soil erosion in various farming systems in subtropical China [J]. Pedosphere, 1996, 6 (3): 225 - 233.

[2] Xu R K, Zhao A Z, Li Q M, et al. Acidity regime of the red soils in a subtropical region of southern China under field conditions [J]. Geoderma, 2003, 115 (1): 75 - 84.

[3] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响 [J]. 土壤学报, 2002, 39 (1): 89 - 96.

[4] 臧逸飞, 郝明德, 张丽琼, 等. 26 年长期施肥对土壤微生物量碳、氮及土壤呼吸的影响 [J]. 生态学报, 2015, 35 (5): 1445 - 1451.

[5] 铁展畅, 阿不都克尤木, 巴依木热杜夫·P·B, 等. 塔吉克斯坦不同土地利用方式对土壤微生物区系及活性的影响 [J]. 西北农业学报, 2014, 23 (5): 177 - 184.

[6] 王晓龙, 胡锋, 李辉信, 等. 红壤小流域不同土地利用方式对土壤生物量碳氮的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25 (1): 143 - 147.

[7] 俞慎, 李勇, 王俊华, 等. 土壤微生物生物量作为红壤质

- 量生物指标的探讨 [J]. 土壤学报, 1999, 36 (3): 413 - 422.
- [8] 陈国潮, 何振立. 红壤不同利用方式下的微生物量研究 [J]. 土壤通报, 1998, 29 (6): 276 - 278.
- [9] 龙健, 黄昌勇, 滕应, 等. 矿区废弃地土壤微生物及其生化活性 [J]. 生态学报, 2003, 23 (3): 496 - 503.
- [10] 杨尚东, 吴俊, 谭宏伟, 等. 南方红壤区西南桦和马尾松人工林土壤微生物活性及细菌多样性比较 [J]. 环境学报, 2014, 23 (3): 415 - 422.
- [11] 刘启明, 朱艺贞, 焦玉佩, 等. 生态恢复红壤区土壤微生物活性的对比研究 [J]. 地球与环境, 2015, 43 (4): 420 - 424.
- [12] Vance E D, Brooks P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1987, 19 (6): 703 - 707.
- [13] Ocio J A, Brookes P C. An evaluation of methods for measuring the microbial biomass in soils following recent additions of wheat straw and characterization of the biomass that develops [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1990, 22(5): 685 - 694.
- [14] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1985, 17(6): 837 - 842.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [16] Anderson T-H, Domsch K H. The metabolic quotient for CO_2 (q_{CO_2}) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1993, 25 (3): 393 - 395.
- [17] 彭艳, 李心清, 程建中, 等. 贵阳喀斯特地区植被类型与季节变化对土壤微生物生物量和微生物呼吸的影响 [J]. 地球化学, 2010, 39 (3): 266 - 273.
- [18] 杨刚, 何寻阳, 王克林, 等. 不同植被类型对土壤微生物量碳氮及土壤呼吸的影响 [J]. 土壤通报, 2008, 39 (1): 189 - 191.
- [19] 周焱, 徐宪根, 王丰, 等. 武夷山不同海拔梯度土壤微生物生物量、微生物呼吸及其商值 (q_{MB} , q_{CO_2}) [J]. 生态学报, 2009, 28 (2): 265 - 269.
- [20] 张帆, 黄凤球, 肖小平, 等. 冬季作物对稻田土壤微生物量碳、氮和微生物熵的短期影响 [J]. 生态学报, 2009, 29 (2): 734 - 738.
- [21] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 等. 不同施肥制度土壤微生物量碳氮变化及细菌群落 16S rDNA V3 片段 PCR 产物的 DGGE 分析 [J]. 生态学报, 2007, 27 (3): 1079 - 1085.
- [22] Wardle D A. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: a global-scale synthesis [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1998, 30 (13): 1627 - 1637.
- [23] Omay A B, Rice C W, Maddux L D, et al. Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization [J]. Soil Science Society of America Journal, 1997, 61 (6): 1672 - 1678.
- [24] 易志刚, 蚊伟民, 周丽霞, 等. 鼎湖山主要植被类型土壤微生物生物量研究 [J]. 生态环境, 2005, 14(5): 727 - 729.
- [25] 周春娟, 贾夏, 董岁明. 低质量分数 Pb 对冬小麦幼苗根微域土壤酶活性、微生物量 C 及土壤呼吸的影响 [J]. 西北农业学报, 2012, 21 (2): 178 - 183.

Effects of land use types on microbial activities and soil respiration of small watershed in subtropical red soil hilly region

XIONG Lin¹, LIN Rong-ke², WANG Dun-qiu¹, YE Li-li¹, JIANG Jin-ping¹

(1. a. Guangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control Theory and Technology; b. Guangxi Collaborative Innovation Center for Water Pollution Control and Water Safety in Karst Area, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China; 2. Scientific Research Academy of Guangxi Environmental Protection, Nanning 530022, China)

Abstract: Comprehensive management of land in small watershed is very important in our country, the land use patterns affects soil quality change, and soil microbial activities are important factors in soil quality. In order to reveal that the effects of land use types on soil quality in low hilly red soil area, we determined soil chemical and microbial activities (including microbial biomass carbon (C_{mic}), microbial biomass nitrogen (N_{mic}), respiratory quotient (q_{CO_2}), microbial quotient (q_{M}), soil basal respiration (BR)) factors in five types land in Ruijin, Jiangxi province. The results showed that land use patterns significantly affected soil microbial activity in low hilly red soil region, and C_{mic} and N_{mic} were highest in abandoned land, the values were 277.1 mg/kg and 53.25 mg/kg, respectively. But the lowest values in dry farmland were 90.31 mg/kg and 20.05 mg/kg, respectively. BR has the highest value in abandoned land, the value was $0.93 \mu\text{g CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, but the lowest was $0.58 \mu\text{g CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ in dry farmland. q_{CO_2} and q_{M} also showed significant difference in different land use types, but q_{CO_2} was lowest in dry land and highest in abandoned land. The value of q_{M} was high in abandoned land. The results of correlation analysis showed that soil microbial biomass under different land use had significantly positive correlation with soil organic carbon and total nitrogen ($P < 0.05$). It showed that the abandoned land and secondary forest soils maintained better quality than other land use patterns, and the soil quality of dry farmland was the worst.

Key words: red soil hilly region; soil quality; microbial activities; soil respiration; land use types