

辽宁省不同土地利用对土壤微生物量碳氮的影响

赵先丽,吕国红,于文颖,李丽光,李昌杰

(中国气象局沈阳大气环境研究所,沈阳 110016)

摘要 通过野外调查采样和室内氯仿熏蒸提取法分析,研究了辽宁省旱地、稻田、湿地、草地、森林、果园 6 种不同土地利用方式共计 35 个样地表层土壤(0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm)对土壤微生物量碳(SMBC)和土壤微生物量氮(SMBN)的影响。结果表明,土地利用方式对土壤微生物量有显著影响,其中土壤微生物量碳依次为森林>湿地>稻田>旱地>果园>草地;土壤微生物量氮则为森林>旱地>稻田>果园>湿地>草地。土壤微生物量碳氮均表现为森林显著高于其他土地利用方式,湿地、稻田、旱地、果园高于草地。除旱地和稻田,土壤微生物量碳随土层加深含量递减,而土壤微生物量氮在 6 种土地利用类型中,均表现为随土层加深含量递减。相关分析表明,土壤微生物量碳、氮之间显著相关,土壤微生物量碳、氮是可以表征土壤肥力的敏感因子。

关键词 辽宁省;土地利用方式;土壤微生物量碳;土壤微生物量氮

中图分类号 S153.6 文献标志码 A 文章编号 1672-2043(2010)10-1966-05

Effects of Different Land Use Patterns on Soil Microbial Biomass Carbon and Nitrogen in Liaoning Province, China

ZHAO Xian-li, LV Guo-hong, YU Wen-ying, LI Li-guang, LI Chang-jie

(Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016, China)

Abstract Soil microbial biomass carbon(SMBC) and soil microbial biomass nitrogen(SMBN) are the important factors to evaluate soil quality and fertility. The objective of this study is to discuss the effect of different land use patterns on contents of SMBC and SMBN. Based on the field investigation, six land use patterns with 35 sampling sites were selected in Liaoning Province, including dry land, paddy field, wetland, grassland, woodland and orchard. Soil samples of three soil layers, i.e. 0~10 cm, 10~20 cm and 20~30 cm, were collected from September 19 to 28, 2007 by soil profile method. SMBC and SMBN contents were measured by chloroform fumigation extraction method. Results showed that the effects of land use patterns on soil microbial biomass were significant. The contents of SMBC and SMBN were obviously different in different land use patterns of Liaoning Province. The order of SMBC contents in 0~30 cm deep soil layer was woodland>wetland>paddy field>dry land>orchard>grassland, while that of SMBN contents was woodland>dry land>paddy field>orchard>wetland>grassland. SMBC and SMBN contents were all higher in woodland than in other five land use patterns, while those were all lower in grassland. The deeper soil layers were, the less SMBC contents were in woodland, wetland, grassland and orchard. There was not an obvious rule for SMBC contents in dry land and paddy field. The deeper soil layers were, the less SMBN contents were in six land use patterns. There was a significant positive correlation between SMBC and SMBN. Their correlation coefficient(*R*) reached 0.894 6. It suggested that the contents of SMBC and SMBN were the sensitive indicators for soil fertility. The results could provide references for agricultural structure regulation and management in Liaoning Province.

Keywords Liaoning Province; land use pattern; soil microbial biomass carbon; soil microbial biomass nitrogen

土地利用是人类干预土壤质量最重要、最直接的活动。它通过不同物质的时空配置和循环、干扰和调整土壤生物化学循环过程,改变原有土壤的营养循环

强度、总量和路径以及土壤生物的代谢活动,从而使土壤供应作物的营养水平发生变化,并且导致土壤生物学质量的改变。不同利用方式对土壤生物学性状的影响也逐渐引起大家重视^[1]。

土壤微生物量是土壤有机质的活性部分,也是土壤中最活跃的因子,它是指土壤中体积小于 $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ 的生物总量,但活的植物体如植物根系等不包括在内,是活的土壤有机质部分^[1-4]。土壤微生物量碳

收稿日期 2010-05-06

基金项目:中国气象局 2007 年多轨道业务建设项目东北地区生态与粮食安全监测评价预警业务系统;国家重点基础研究发展计划资助项目(2004CB418507-1)

作者简介 赵先丽(1977—),女,山东阳谷人,硕士,助研,主要从事生态气象方面研究。E-mail zhaoxianli2001@yahoo.com.cn

(SMBC)和土壤微生物量氮(SMBN)占土壤有机碳和全氮的比例通常仅为1%~5%,但它们是土壤有机碳中最活跃的部分和植物所需养分重要的“源”和“库”^[5-6]。土壤微生物量碳和氮不仅是研究土壤有机碳和氮素循环及其转化过程的重要指标,而且是综合评价土壤质量和肥力状况的指标之一^[4-6]。影响土壤有机质、氮素及微生物量碳和氮含量的自然因素包括土壤母质和气候条件等,而人为因素则主要包括土地利用和耕作管理方式等。研究表明,在气候和土壤等自然条件基本相同的条件下,土地利用方式对土壤微生物量碳和氮的含量具有影响^[1-2,6]。

土壤微生物量能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对应微生物数量,被认为是土壤活性养分的储库,是植物生长可利用养分的重要来源。研究不同土地利用方式下土壤微生物特征的差异对于提高土壤肥力,合理和可持续地利用土壤资源具有重要意义^[1]。

本文通过对辽宁省典型样区进行土壤采样和分析,探讨不同土地利用方式对辽宁土壤微生物量碳和氮含量的影响,为土地利用结构的合理性和农业结构调整与管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

辽宁省位于中国东北地区南部(118°53'E~125°46'E,38°43'N~43°26'N),属于温带大陆型季风气候区。境内雨热同季,日照丰富,积温较高,冬长夏暖,春秋季节短,雨量不均,东湿西干。全省阳光辐射年总量为496.6~605.0 kJ·cm⁻²。年日照时数为2 200~2 950 h。1月平均气温-4.5~-17℃,7月平均气温22~27℃,年平均气温5~11℃。年平均无霜期为125~220 d,一般无霜期均在150 d以上。辽宁省是东北地区降水量最多的省份,年平均降水量为450~1 150 mm。东部山地丘陵区年降水量在1 100 mm以上;西部山地丘陵区与内蒙古高原相连呈半干旱特色,年降水量在400 mm左右,是全省降水最少的地区;中部平原降水量比较适中,年平均在600 mm左右。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集

2007年9月19日—9月28日采用挖剖面的方法随机采样,取0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm 3个层次的土壤,共6种土地利用类型:旱地(玉米、谷子、高粱、花生)、稻田、湿地(芦苇)、草地、森林和果园,35

个样地。采集的土样过2 mm筛,去除石砾和根系,测定土壤微生物量碳和氮。

1.2.2 分析方法

土壤微生物量碳氮的测定采用氯仿熏蒸-K₂SO₄提取方法。称取30 g新鲜土样,在真空干燥器中用氯仿蒸汽熏蒸24 h,先用反复抽真空方法除去残存氯仿后,再用100 mL 0.5 mol·L⁻¹的K₂SO₄溶液振荡30 min,立即过滤,滤出的浸提液用TOC自动分析仪测定^[8-11]。采样点的基本情况见表1。

2 结果与分析

2.1 土壤微生物量碳

土壤微生物量的变化主要受环境条件、植物生长、土地利用方式等因素的综合影响。土地利用方式不同,植物残体和根系残留物及根系分泌物在土壤中积累亦不同,则土壤微生物所得C源数量不同,从而使土壤微生物量碳在不同土地利用方式下表现出较大差异,结果见图1^[5-6,12-13]。

不同土地利用方式下土壤微生物量碳含量不同,差异显著。森林土壤微生物量碳显著高于其他土地利用方式,依次为森林>湿地>稻田>旱地>果园>草地,森林分别比旱地、稻田、湿地、果园、草地增加了5.07、4.57、4.36、5.71、7.38倍。除稻田和旱地,不同土壤层次间土壤微生物量碳含量差异显著,呈逐渐减少的趋势。0~10 cm的微生物量碳最低值为稻田65.75 mg·kg⁻¹,最高值为森林512.77 mg·kg⁻¹,平均值为159.15 mg·kg⁻¹;10~20 cm的微生物量碳最低值为草地53.26 mg·kg⁻¹,最高值为森林416.23 mg·kg⁻¹,平均值为127.62 mg·kg⁻¹;20~30 cm的微生物量碳最低值为草地12.23 mg·kg⁻¹,最高值为森林312.27 mg·kg⁻¹,平均值为85.39 mg·kg⁻¹。

林地植被的生物量多集中在地上部分,地下部分的生物量小且根系的死亡周转率低,因此森林归还土壤有机质的方式主要是通过凋落物,这也是森林土壤的有机质贮量通常集中在表面的缘故。树叶凋落后,由于分解较快,土壤有机质和微生物量增加较快,土质肥沃^[5-6,12-13]。

2.2 土壤微生物量氮

如图2所示,不同土地利用方式下土壤微生物量氮含量不同,差异显著。森林土壤微生物量氮显著高于其他土地利用方式,依次为森林>旱地>稻田>果园>湿地>草地(草地由于仪器测量精度问题,0~30 cm数据均为0),森林分别比旱地、稻田、湿地、果园增加

表1 采样点基本情况

Table 1 Description of the soil sample sites

样地号	采样地点	纬度/N	经度/E	植被类型
1	凌海市三台子镇方胜村	41°22'18.2"	121°37'11.7"	玉米
2	建昌县八家子韩家沟	40°41'24.6"	120°46'49.4"	玉米
3	建昌县八家子韩家沟	40°41'27.6"	120°46'51.7"	草地
4	兴城曹庄安相村	40°33'18.1"	120°38'59.4"	玉米
5	建昌县八家子 G306 国道	40°25'9.5"	120°11'36.3"	草地
6	建昌县石佛乡-十二德堡乡	40°51'0"	119°52'35.3"	果园
7	喀左县甘招乡三家村	41°14'21.6"	119°50'39.8"	杨树林
8	朝阳市桃花屯镇桃花村	41°43'27"	120°36'49.6"	玉米
9	朝阳大三家子	41°52'38.6"	120°48'20.6"	谷子
10	朝阳大三家子	41°52'38.6"	120°48'21.1"	高粱
11	朝阳市河上沟	41°53'16"	120°48'21.1"	森林
12	阜新七家子村	42°03'38.2"	121°25'57.4"	油松
13	彰武县	42°40'22.7"	122°12'06.2"	花生地
14	彰武县	42°40'22.7"	122°12'06.2"	杨树林
15	彰武章古台阿尔镇	42°49'33"	122°21'47"	草地
16	彰武章古台阿尔镇	42°46'45"	122°25'59"	樟子松
17	营口-盖州之间	42°46'45"	122°25'59"	芦苇
18	盖州县	40°20'42.9"	122°17'38.4"	果园
19	瓦房店李官东台阳	40°01'35.8"	121°59'43.9"	葡萄园
20	瓦房店-普兰店	39°26'55.6"	121°53'6.7"	森林
21	普兰店市河西村杨树房镇	39°24'1.6"	122°17'51.2"	水稻
22	庄河市安子山镇董华村	39°50'39.8"	123°19'47.4"	玉米
23	丹东市大孤山	39°54'03"	123°35'36.2"	森林
24	丹东市东港	39°51'32.7"	124°10'2.8"	草地
25	丹东东港市田阳镇	39°55'48.6"	124°14'48.1"	芦苇
26	丹东宽甸南岭县	40°20'37.9"	124°23'26.3"	森林
27	宽甸市石湖沟乡老道排村	40°47'31.8"	124°44'55.3"	森林
28	宽甸市牛毛坞焦家堡子	40°59'47.2"	125°02'15.8"	森林
29	桓仁县	41°18'35"	125°22'17.7"	山地玉米
30	本溪县业主沟	41°28'33.6"	125°19'19.7"	山地森林
31	清原县弯甸	42°00'1.8"	125°04'29.6"	山地森林
32	清原县	42°10'43.2"	124°50'50.3"	柞树林
33	开原县绍皮村	42°31'20.5"	124°27'49.5"	玉米
34	西丰县郜家店	42°42'58"	124°28'47.6"	水稻
35	昌图县昌图镇李家楼子村	42°43'38.9"	124°09'37.2"	玉米

注 去掉一个 25 号样地 裸滩。

了 1.03、1.48、2.69、2.51 倍。不同土壤层次间土壤微生物量氮含量差异显著,呈逐渐减少的趋势。0~10 cm 的微生物生物量氮最低值为湿地 8.83 mg·kg⁻¹,最高值为森林 33.75 mg·kg⁻¹,平均值为 16.83 mg·kg⁻¹; 10~20 cm 的微生物生物量氮最低值为湿地 5.72 mg·kg⁻¹,最高值为森林 25.11 mg·kg⁻¹,平均值为 11.75 mg·kg⁻¹; 20~30 cm 的微生物生物量氮最低值为果园

1.90 mg·kg⁻¹,最高值为森林 9.86 mg·kg⁻¹,平均值为 5.11 mg·kg⁻¹。

2.3 土壤微生物量碳氮相关性分析

土壤微生物量碳、氮相关性分析结果(表 2)表明,土壤微生物量碳、氮之间显著相关($r=0.8946$, $P<0.05$)。可见,土壤微生物量碳、氮能够较好地反映不同土地利用方式下土壤碳、氮水平。

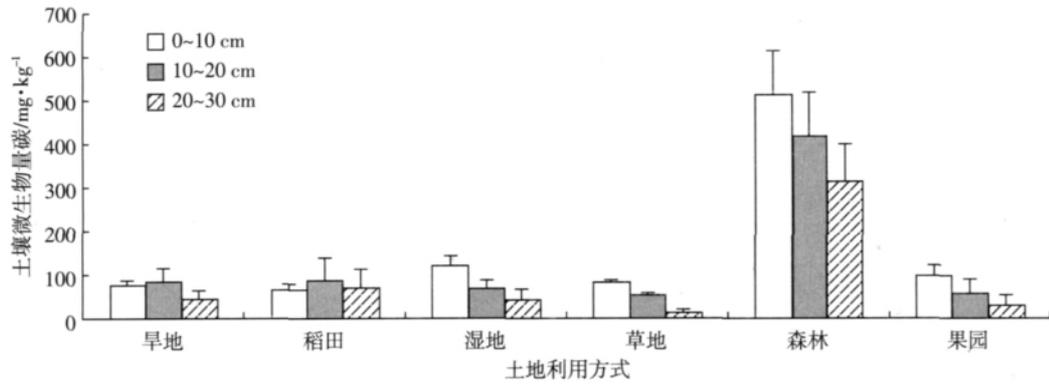


图 1 不同土地利用方式对土壤微生物量碳的影响

Figure 1 Effects of different land use patterns on content of SMBC

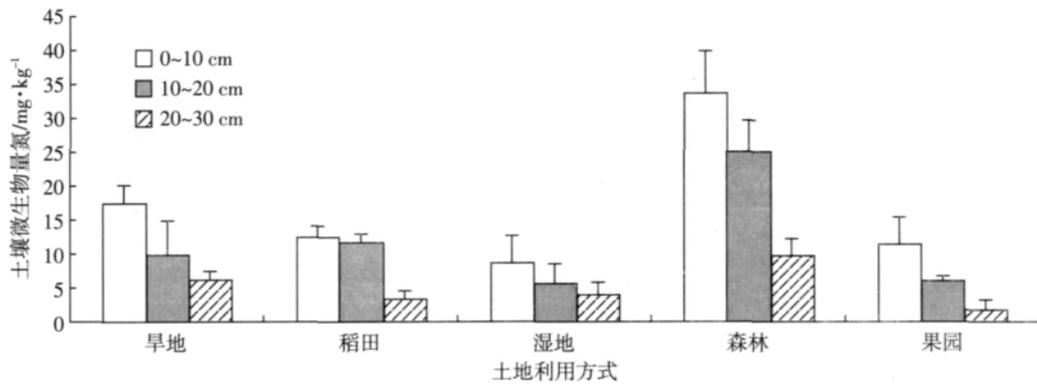


图 2 不同土地利用方式对土壤微生物量氮的影响

Figure 2 Effects of different land use patterns on content of SMBN

表 2 土壤微生物量碳氮的相关系数

Table 2 Correlation coefficient between SMBC and SMBN

项目	SMBC
SMBC	1
SMBN	0.894 6*

3 讨论

本研究结果表明,辽宁省土地利用方式对微生物量碳、氮的影响明显。结合实地调查可以发现,不同的土地利用方式通过改变植被类型、轮作制度以及人为活动强度而影响土壤微生物活动的环境因素,土壤微生物活动的显著差异。

辽宁省不同土地利用方式下,土壤微生物量碳、氮存在明显差异。受人类扰动较小的森林土壤微生物量碳和氮要明显高于扰动强烈的农田及其他土地利用类型。森林每年地表有大量的凋落物归还土壤,为微生物提供丰富的碳源,同时凋落物覆盖也有利于保持表层土壤水分含量,从而为土壤微生物提供了较好的生境。另一方面,林地土壤微生物量高还与

地表土层扰动少、土壤结构适宜、为土壤微生物提供了较好的生境有关。良好的土壤结构显著提高土壤微生物活性,而土壤翻耕等剧烈改变土壤理化状况的农作措施常常导致土壤微生物区系的改变和微生物量的下降。农田土壤微生物量偏低可能与轮作方式下频繁发生的土壤干湿交替难以维持较高的微生物生物量有关。而草地土壤微生物量碳、氮均偏低,可能是由于取样时期旺盛的草本植物生长与微生物竞争养分。植物在生长旺季,根系对土壤中碳、氮的吸收与微生物对碳、氮的需求是一种竞争的关系,植物对土壤中碳、氮的需求越大,土壤微生物量碳、氮的值就越小。

相关分析表明,土壤微生物量碳、氮之间显著相关,与前人研究结论一致,进一步证实土壤微生物量碳、氮是可以作为表征土壤肥力的敏感因子。土壤微生物量库的微小变化都会影响到养分的循环和有效性,而结构良好、有机碳和水分含量较高的土壤,能为土壤微生物活动提供优良的生境,有利于土壤微生物的生长^[14-16]。

4 结论

辽宁省不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮有显著影响,其中土壤微生物量碳依次为森林>湿地>稻田>旱地>果园>草地,土壤微生物量氮则为森林>旱地>稻田>果园>湿地>草地。土壤微生物量碳氮均表现为森林显著高于其他土地利用方式,旱地、稻田、湿地、果园高于草地。除旱地和稻田,土壤微生物量碳随土层加深含量递减,而土壤微生物量氮在6种土地利用类型中,均表现为随土层加深含量递减。相关分析表明,土壤微生物量碳、氮之间显著相关($r=0.8946$, $P<0.05$),土壤微生物量碳、氮是可以表征土壤肥力的敏感因子。

参考文献:

- [1] 李新爱,肖和艾,吴金水.喀斯特地区不同土地利用方式对土壤有机碳、全氮以及微生物生物量碳和氮的影响[J].应用生态学报,2006,17(10):1827-1831.
LI Xin-ai, XIAO He-ai, WU Jin-shui. Effects of land use type on soil organic carbon, total nitrogen, and microbial biomass carbon and nitrogen contents in Karst region of South China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10):1827-1831.
- [2] 刘文娜,吴文良,王秀斌,等.不同土壤类型和农业用地方式对土壤微生物量碳的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(3):406-411.
LIU Wen-na, WU Wen-liang, WANG Xiu-bin, et al. Effects of soil type and land use pattern on microbial biomass carbon [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 12(3):406-411.
- [3] 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.
YANG Gang, HE Xun-yang, WANG Ke-lin, et al. Effects of vegetation types on soil micro-biomass carbon, nitrogen and soil respiration [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39(1):189-191.
- [4] 薛菁芳,高艳梅,汪景宽,等.土壤微生物量碳氮作为土壤肥力指标的探讨[J].土壤通报,2007,38(2):247-250.
XUE Jing-fang, GAO Yan-mei, WANG Jing-kuan, et al. Microbial biomass carbon and nitrogen as an indicator for evaluation of soil fertility[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(2):247-250.
- [5] 宇万太,姜子绍,周桦,等.不同土地利用方式对潮棕壤微生物量碳及其周转率的影响[J].生态学报,2008,27(8):1302-1306.
YU Wan-tai, JIANG Zi-shao, ZHOU Hua, et al. Effect of different land use patterns on soil microbial biomass carbon and its turnover rate in an aquic soil[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(8):1302-1306.
- [6] 周桦,宇万太,姜子绍,等.不同土地利用方式对土壤微生物生物量氮的影响[J].土壤通报,2008,39(4):734-737.
ZHOU Hua, YU Wan-tai, JIANG Zi-shao, et al. Influence of land-use type on soil microbial biomass nitrogen [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, 39(4):734-737.
- [7] 辽宁省概况.辽宁金农网[EB/OL][2006-2-14].http://www.lnny.net/government/lnnongye/.
Liaoning survey. Liaoning Jin nong nets [EB/OL][2006-2-14].http://www.lnny.net/government/lnnongye/.
- [8] 陈国潮,何振立,等.红壤微生物量氮的测定研究[J].土壤通报,1998,29(4):185-187.
CHEN Guo-chao, HE Zhen-li, et al. Research of red soil microbial biomass nitrogen[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 1998, 29(4):185-187.
- [9] 许光辉.土壤微生物分析方法[M].北京:中国农业大学出版社,1986:54-78.
XU Guang-hui. Soil microbial analysis method[M]. Beijing:China Agricultural University Press, 1986:54-78.
- [10] 中国科学院土壤研究所微生物室.土壤微生物的研究方法[M].北京:科学出版社,1985:160-186.
Microbial Sections of Soil Microbial Institute, Chinese Academy of Sciences. Soil microbial analysis method[M]. Beijing: Science Press, 1985:160-186.
- [11] 俞慎,李振高.熏蒸提取法测定土壤微生物量研究进展[J].土壤学进展,1994,22(6):42-50.
YU Shen, LI Zhen-gao. Research progress of fumigation-extraction method for soil microbial biomass[J]. *Progress in Soil Science*, 1994, 22(6):42-50.
- [12] 汪文霞,周建斌,严德翼,等.黄土区不同类型土壤微生物量碳、氮和可溶性有机碳、氮的含量及其关系[J].水土保持学报,2006,20(6):103-106,132.
WANG Wen-xia, ZHOU Jian-bin, YAN De-yi, et al. Contents of soil microbial biomass C, N and K_2SO_4 -extractable organic C, N and their relations in different soil types on Loess Plateau of China[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(6):103-106, 132.
- [13] 杨坤,陈佳广,关连珠,等.不同利用方式下棕壤及其各级微团聚体中微生物量碳、氮的变化[J].中国农学通报,2006,22(1):185-187.
YANG Kun, CHEN Jia-guang, GUAN Lian-zhu, et al. Fractions of microaggregates extracted from it of different land use types[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(1):185-187.
- [14] 徐华勤,章家恩,冯丽芳,等.广东省不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮的影响[J].生态学报,2009,129(8):4112-4118.
XU Hua-qin, ZHANG Jia-en, FENG Li-fang, et al. Effects of different land use patterns on microbial biomass carbon and nitrogen in Guangdong Province[J]. *Acta Ecology Sinica*, 2009, 129(8):4112-4118.
- [15] 谷雪景,赵吉,王娟.内蒙古典型草原土壤微生物生物量研究[J].农业环境科学学报,2007,26(4):1444-1448.
GU Xue-jing, ZHAO Ji, WANG Juan. Soil microbial biomass of typical grassland in Inner Mongolia[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(4):1444-1448.
- [16] 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微生物量碳氮的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(1):143-147.
WANG Xiao-long, HU Feng, LI Hui-xin, et al. Effects of different land used patterns on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Small Red Soil Watershed[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(1):143-147.