植物营养与肥料学报 2006,12(3):406－411
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同土壤类型和农业用地方式对土壤微生物量碳的影响

刘文娜[1]，吴文良[1*]，王秀斌[2]，王明新[1]，毛文峰[1]
(1 中国农业大学资源与环境学院,北京 100094；2 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,北京 100081)

摘要：通过野外调查与室内分析,研究了山东桓台县3种土壤类型(潮土、褐土和砂姜黑土)与农业用地方式(林地、菜地和粮田)对土壤表层(0—10 cm)微生物量碳的影响。结果表明,不同农业用地方式对微生物量碳的影响较大,3种利用方式的微生物量碳含量差异显著,依次为：粮田＞菜地＞林地；土壤类型不同,土壤微生物量碳含量也不相同。任何一种土壤,菜地的N、P、K含量都高于粮田和林地；有机质含量粮田＞菜地＞林地；pH值林地＞粮田＞菜地。全N、有机质与土壤微生物量碳呈极显著正相关,有效P与微生物量碳呈弱负相关,速效K、pH值和微生物量碳不相关。不同用地方式下土壤养分与微生物量碳的相关程度不同。秸秆还田和施用有机肥有利于提高土壤中微生物量碳水平,施用化肥在一定程度上能够增加微生物量碳。

关键词：微生物量碳；土壤养分；土壤类型；用地方式
中图分类号：S154.3；S157.4　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-505X (2006)03-0406-06

Effects of soil type and land use pattern on microbial biomass carbon

LIU Wen-na[1], WU Wen-liang[1*], WANG Xiu-bin[2], WANG Ming-xin[1], MAO Wen-feng[1]
(*1 College of Resour. and Environ. Sci., CAU, Beijing 100094, China*;
2 Inst. of Agric. Resour. and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Soil microorganism plays an important role in material cycling and energy transformation of an ecosystem. Due to its sensitivity to environmental changes, soil microorganism is considered to be one of the key indicators to reflect the variation of soil quality. In this paper, field investigation and lab experiment analysis were carried out to study microbial biomass carbon (MBC) in surface soil (0—10 cm) in Huantai County, Shandong Province. Three soil types (Fluvo-aquic soil, Cinnamon soil and Sajiang black soil) and agricultural land use patterns (forest, vegetable and crop lands) were included in this study. Results showed that there were significant difference between MBC responded to different land use patterns, which increased in the order of crop land (440—480 mg/kg) > vegetable land (320—380 mg/kg) > forest land (240—330 mg/kg). MBC contents varied between different soil types, however, compared to agricultural land use pattern, the impact of soil type on the MBC was much less pronounced. For any type of soil, the content of N, P and K of vegetable land was higher than those of forest and crop lands; organic matter content of crop land was the highest, followed by vegetable and forest lands; and soil pH of vegetable land was lowest, followed by crop and forest lands. In addition, MBC had a significant positive correlation with total nitrogen (TN) and organic matter ($P < 0.01$). There was a significant but weakly negative correlation between MBC and available phosphorus (AP) ($P < 0.05$); whereas, there was no correlation between MBC and available potassium (AK) and pH. The correlativity between soil nutrients and MBC under different land use patterns was not consistent. Returning straw to field and applying organic fertilizer had a favorable effect on the soil MBC.

Key words: microbial biomass carbon; nutrient in soil; soil type; land use pattern

收稿日期：2005-08-08　　**修改稿收到日期**：2005-11-01
基金项目：北京市生态学重点学科项目(XK10019440)资助。
作者简介：刘文娜(1978—),女,河南安阳人,博士研究生,主要从事农业生态系统健康与可持续发展评价方面的研究。* 通讯作者

土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分,在有机质分解、养分循环和植物养分利用过程中发挥着关键的作用[1-2]。土壤微生物尽管其比例较少,但由于其对外界条件变化敏感,能够非常及时地反映土壤状况,因此土壤微生物成为国际土壤与植物营养学科的一个研究热点[3]。土壤微生物作为一项土壤质量指标在农业可持续发展研究中具有重要的地位[4]。迄今为止,人们已经从不同的角度对农业生态系统中的土壤微生物展开研究。如应用分子生物学技术研究微生物种群结构和遗传多样性[5];研究具体的农业管理措施(如翻耕、施肥、薄膜覆盖、灌溉以及秸秆还田[6-10])、环境污染[11-12]等对土壤微生物活性和生物量的影响。在景观单元内,土壤的理化性状、植被、管理等都是影响土壤微生物量和群落组成的关键因子。因此,探讨景观水平的土壤微生物功能和多样性,以及微生物与生物、非生物环境之间的互作关系显得十分必要,但国内这方面研究相对较少[2,13-14]。

山东桓台县是我国主要的粮食产区,保持其土壤肥力的稳定和持续是粮食高产、稳产的重要基础。以往众多研究都集中桓台小麦—玉米生态系统的碳、氮循环对土壤质量和粮食生产的影响,不同用地方式的土壤微生物量碳研究则较少。本研究初步探讨了不同土壤林地、菜地和粮田的土壤微生物量碳含量差异及其与土壤养分的相关性,以期为植物、土壤与微生物互作机理研究奠定基础。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

桓台县位于山东省中部,属于典型的温带大陆性气候,年日照时数 2832.7 h,年平均气温 11.8～12.9 ℃,年平均降水 566 mm,多集中在 7、8 月份。土壤主要类型为褐土占 49.7%,砂姜黑土占 27.04%,潮土占 22.84%。种植结构比较单一,常年以小麦—玉米轮作为主,近年来速生林栽培发展迅速。菜地、林地和粮田的种植面积比例约为 1:4:75。菜地的主要种植类型为韭菜和圆葱,一般连续栽培 3～4 年。速生林主要为黑杨,生长期限一般为 3～5 年。氮肥主要为尿素,施用量为 N 300～600 kg/(hm^2·a),灌溉多采用大水漫灌方式。小麦秸秆全部还田,玉米秸秆部分还田,部分青贮。

1.2　土样采集

土壤样品于 2005 年 5 月上旬采自桓台县的 3 种类型土壤,每种土壤包括林地、菜地和粮田 3 种农业用地方式。林地、菜地和粮田各自取 10 个土壤样品,样品数总计 90 个。土样为混合土样,用铁锹多点采集 0—10 cm 表层土壤,每个土样由 8～10 个采集点的土壤混合,采集点呈 S 型均匀分布。除去动植物残体和碎石等,四分法取适量土样于土袋中。一部分新鲜土样迅速于 0～4 ℃保存,用于测定土壤微生物量碳;剩余土样风干后过筛用于土壤常规养分测定。

1.3　测定项目与方法

微生物量碳测定方法　将新鲜的土壤样品含水量调节至田间含量的 30%～50%,25 ℃下密封预培养 7～10 d,以保持土壤均匀和不同地方所得结果的可比性。然后迅速测定土壤微生物量碳,或在低温 4 ℃下保存。采用氯仿熏蒸浸提法测定土壤微生物量碳[15]。即称取预处理的湿润土壤 3 份,每份 20.0 g 放入 50 mL 烧杯中,将其置于底部有少量 NaOH 和去乙醇氯仿的真空干燥器中,抽真空后保持氯仿沸腾 3～5 min;然后,将干燥器移置在黑暗条件下 25 ℃熏蒸土壤 24 h,再次抽真空完全去除土壤中的氯仿。将熏蒸好的土壤转移到 200 mL 提取瓶中,加入 0.5 mol/L K_2SO_4 提取液 80 mL,振荡 30 min 后过滤。同时做未熏蒸空白和试剂空白。

吸取 10 mL 土壤提取液于 150 mL 消化管中,加入 0.2 mol/L $K_2Cr_2O_7$和浓硫酸各 5.0 mL,再加入少量沸石,混匀,于 175 ℃磷酸浴中煮沸 10 min。冷却后全部移入 150 mL 三角瓶中,使总体积约 80 mL,加入 2 滴邻啡罗啉指示剂,用 0.05 mol/L $FeSO_4$ 滴定至砖红色。

微生物量碳(Bc) = 2.64△Ec　△Ec,表示熏蒸与未熏蒸对照土壤的浸取有机碳的差值

土壤养分测定　土壤有机质用铬酸氧还滴定外热源法;土壤全氮采用开氏法;土壤有效磷采用 $NaHCO_3$ 浸提—钼锑抗吸光光度法;土壤速效钾用醋酸铵浸提—火焰光度法测定;pH 用酸度计测定[16]。

试验数据采用 SAS6.12 软件进行方差分析,并采用 LSD 多重比较进行显著性检验。土壤养分与微生物量碳之间的相关性用皮尔逊(Pearson)积距进行计算,对相关系数进行双尾(Two-tailed)显著性检验[17]。

2　结果与分析

2.1　微生物量碳

不同农业用地方式,土壤微生物量碳不同(图 1

a)。每种土壤的微生物量碳含量依次为：粮田 > 菜地 > 林地。其中，粮田的微生物碳含量为 440～480 mg/kg，菜地为 320～380 mg/kg，林地为 240～330 mg/kg，三者差异显著（$P < 0.05$）。潮土中，粮田的微生物量碳分别比菜地、林地增加了 42.5% 和 84.1%；褐土的微生物量碳含量粮田分别比菜地、林地增加了 30.6% 和 39.2%。砂姜黑土的微生物量碳含量粮田比菜地高 28.4%，比林地高 50.0%。

不同土壤类型，土壤微生物量碳含量也不同(图 1b)。速生林地，潮土最低，褐土和砂姜黑土接近，但二者比潮土的微生物量碳含量高约 29.4%；蔬菜地，微生物量碳含量基本上呈现潮土 < 褐土 < 砂姜黑土趋势，且三者间差异显著；对于粮田，砂姜黑土的微生物量碳含量比潮土高约 4.6%，潮土比褐土高 2.3%，三者差异显著。

上述结果表明，农业用地方式不同，种植植物不同，相应的生产管理方式不同，微生物量碳含量存在差异。与土壤类型相比，农业用地方式对微生物量碳的影响较大。小麦—玉米轮作的粮田生态系统，秸秆还田能大量补偿作物消耗掉的土壤中的碳元素，维持土壤中的碳、氮平衡，从而有利于提高土壤微生物量碳水平。蔬菜种植过程中，施用化肥和有机肥能够增加微生物数量。速生林地一般不施肥，微生物量碳含量也较低。

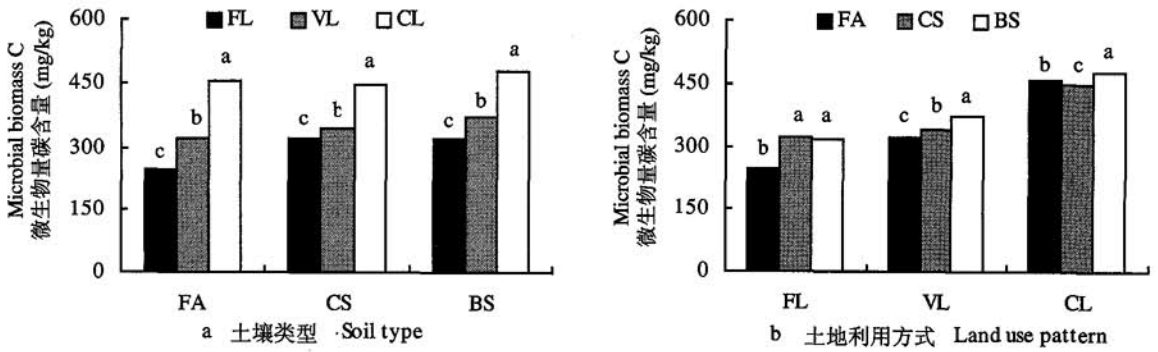

图 1 不同土壤和农业用地方式对土壤微生物量碳的影响

Fig.1 Effects of different soil type and land use pattern on MBC

(FL：林地 Forest land；VL：菜地 Vegetable land；CL：粮田 Crop land；
FS：潮土 Fluvo-aquic soil；BS：砂姜黑土 Lime concretion black soil；CS：褐土 Cinnamon soil)

2.2 土壤养分状况及其与微生物量碳的相关性

2.2.1 不同土壤类型和农业用地的土壤养分状况

不同土壤类型中，潮土：菜地的全 N 含量分别比粮田增加 3.2%，比林地增加 86.3%，菜地和林地无显著差异；砂姜黑土：菜地的全 N 含量比粮田增加 11.3%，比林地增加 63.6%；褐土：菜地的全 N 含量比粮田增加 9.0%，比林地增加 12.8%(表 1)。农业用地方式中，林地：褐土的全 N 含量比潮土高 68.6%，比砂姜黑土高 30.3%；菜地：砂姜黑土的全 N 含量比潮土高 13.7%，比褐土高 11.3%；粮田：砂姜黑土的全 N 含量比潮土高 5.4%，比褐土高 9.0%。

总体来看，任何土壤类型，菜地的 N、P、K 含量都高于粮田和林地；有机质含量粮田 > 菜地 > 林地；pH 值林地 > 粮田 > 菜地。可见，菜地大量施用化肥造成土壤 N、P、K 含量较高，pH 值下降；小麦玉米秸秆还田促使粮田有机质含量较高。

2.2.2 土壤养分与微生物量碳相关性分析

土壤养分与微生物量碳相关性分析(表 2)表明，全 N、有机质与土壤微生物量碳呈极显著正相关；速效 P 与微生物量碳呈弱负相关；速效 K、pH 值和微生物量碳无相关。表明过量的 P 和 K 限制微生物活性和数量，土壤中的有机碳、有机氮水平与土壤微生物含量有相关性。尽管土壤酸碱程度能够影响微生物适宜的生活环境，但并不是微生物活动的决定性因子。

由于农业用地方式对土壤微生物量碳影响较大。进一步分析林地、菜地和粮田的土壤养分与微生物量碳间的相关性(表 3)可以发现，不同用地方式下土壤养分因子与微生物量碳的相关程度也不同。林地土壤的微生物量碳与全 N、有机质呈正相关，与速效 K、有效 P 和 pH 负相关；菜地的微生物量碳与全 N、速效 K 和有机质呈正相关，与 pH 负相关，与有效 P 不相关；而粮田的微生物量碳与全 N、有效 P、速效 K 和有机质都呈正相关，与 pH 则不相

表 1　不同土壤类型和用地方式下土壤养分状况

Table 1　Soil nutrients of different soil type and land use pattern

	处理 Treatment	有机质 OM (g/kg)	全 N Total N (g/kg)	速效 K Avail. K (mg/kg)	有效 P Avail. P (mg/kg)	pH
潮土	林地 Forest land	8.93 c	0.51 b	219.88 b	146.91 b	7.71 a
Fluvo-aquic Soil	菜地 Vegetable land	16.01 b	0.95 a	233.86 a	166.64 a	7.06 b
	粮田 Crop land	17.92 a	0.92 a	180.75 c	66.69 c	7.50 a
砂姜黑土	林地 Forest land	11.02 c	0.66 c	177.67 c	98.72 b	7.26 a
Lime concretion black Soil	菜地 Vegetable land	16.70 b	1.08 a	289.65 a	190.54 a	6.63 b
	粮田 Crop land	18.41 a	0.97 b	242.25 b	83.47 c	7.17 a
褐土	林地 Forest land	11.55 b	0.86 b	189.13 b	24.59 c	7.52 a
Cinnamon Soil	菜地 Vegetable land	16.59 a	0.97 a	281.38 a	143.35 a	6.83 b
	粮田 Crop land	17.01 a	0.89 b	193.33 b	38.62 b	7.33 a

注(Note):不同字母表示差异达 5% 显著水平 Different letters mean significant at 5% level.

表 2　土壤养分和微生物量碳的相关

Table 2　Correlation between soil nutrients and MBC

	TN	AK	AP	OM	pH	MBC
TN	1.000	0.527**	0.089	0.848**	-0.703**	0.600**
AK		1.000	0.742**	0.357	-0.777**	-0.056
AP			1.000	0.004	-0.573**	-0.422*
OM				1.000	-0.525**	0.839**
pH					1.000	-0.150
MBC						1.000

注(Note):TN—全 N Total nitrogen; AK—速效 K Available K; AP—有效 P Available P; OM—有机质 Organic matter; MBC—微生物量碳 Microbial C. *, ** 分别表示差异达 5%和 1%水平 Means significant at 5% and 1% levels, Respectively; 下同 Same as follows.

表 3　不同农业用地土壤养分和微生物量碳相关性

Table 3　Correlation between soil nutrients and MBC of different land use pattern

	TN	AK	AP	OM	pH
MBC (FL)	0.824**	-0.919**	-0.798*	0.980**	-0.695*
MBC(VL)	0.803**	0.831**	0.605	0.834**	-0.976**
MBC (CL)	0.895**	0.762*	0.778*	0.932**	-0.627

注(Note):FL—林地 Forest land; VL—菜地 Vegetable land; CL—粮田 Crop land

关。这与不同的农业用地方式其农业管理措施不同有关。由于林地、菜地和粮田生态系统,投入养分不同,土壤养分不同,对土壤微生物种群结构、活性产生影响很大。当农田土壤投入磷、钾较多时,土壤有效 P、K 含量也高,且土壤作物残留物质多,C 源丰富,土壤微生物量碳也高,因此土壤有效 P、K 与微生物量碳呈现某种相关性。

3　讨论

本试验结果表明,不同土壤类型和用地方式对土壤微生物量碳产生很大的影响,土壤养分和微生物量碳间存在一定的相关性。秸秆还田和施有机肥有利于提高土壤中微生物量碳水平,施用化肥在一定程度上也能够增加微生物量碳。结合桓台县当地农民生产方式调查,可以发现,农业用地方式决定土壤种植类型和生产管理模式,进而影响土壤微生物

含量和结构多样性，这与前人研究结果具有一致性[14-18]。农业管理，尤其是肥料施用方式对土壤微生物影响较大，Jonasson[19]、Joergensen[20]和 Galicia[21]研究指出，N、P、C 的增加能够提高 C 矿化、微生物量和土壤酶活性，土壤 P 增多能够促进植物根系生长[22]；本研究发现，土壤全 N 水平的提高促进微生物量碳增加，但是有效 P 浓度增加微生物量碳含量反而减少，具体原因有待于进一步分析。

据报道，微生物活性与土壤团聚体大小有关，土壤有机碳和微生物量碳在大团聚体（>2 mm）中的含量相对都高于小团聚体[13]。本试验结果表明，同一用地方式，潮土、褐土和砂姜黑土的土壤微生物量碳含量存在差异，这可能与土壤质地结构具有较大的关系。有研究认为，林地土壤的微生物量碳含量高于耕地[13,22]，但本试验看出，耕地（粮田和菜地）的微生物量碳明显高于速生林地，这可能是因为菜地施用大量有机肥，化肥和有机肥（畜禽粪便和商品有机肥）配施，补充土壤中有机碳源的同时又改善土壤物理性状，从而提高了土壤微生物的活性[7]；而粮田小麦、玉米秸秆和植物残体还田，提高土壤有机碳水平。速生林地较少施肥或者为促使其快速生长单纯施用化肥，加剧了土壤有机碳矿化，使土壤有机碳总量下降，最终导致土壤微生物量碳的下降。此外，速生林与一般天然林地相比，生长年限较短，也可能是微生物量碳低于耕地的原因。施用有机肥是提高耕地微生物量碳含量的重要因素。微生物自身分解代谢能力上的巨大差异是不同土地利用类型微生物量和酶活性差异的主要原因[14]。综上所述，农业用地方式不同引起生产管理措施的差异，使土壤微生物生存环境发生变化，进而影响了其功能和结构的多样性。

参考文献：

[1] Kirk J L, Beaudette L A, Hart M *et al*. Methods of studying soil microbial diversity [J]. J. of Microbiological Methods, 2004, 58: 169-188.

[2] Steenwerth K L, Jackson L E, Caldero'n F J *et al*. Soil microbial community composition and land use history in cultivated and grassland ecosystems of coastal California [J]. Soil Biology and Biochem, 2002, 34: 1599-1611.

[3] Bucher A E, Lanyon L E. Evaluating soil management with microbial community-level physiological profiles [J]. Applied Soil Ecology, 2005, 29: 59-71.

[4] 任天志.持续农业中的土壤生物指标研究[J].中国农业科学，2000,33(1)：68-75.
Ren T Z. Soil bioindicators in sustainable agriculture [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2000, 33(1): 68-75.

[5] 孔维栋，朱永官，傅伯杰，等.农业土壤微生物基因与群落多样性研究进展[J].生态学报，2004,24(12)：2894-2900.
Kong W D, Zhu R G, Fu B J *et al*. A review on microbial gene and community diversity on agricultural soil [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(12): 2894-2900.

[6] 张磊，肖剑英，谢德体，魏朝富.长期免耕下水稻田土壤的生物特征研究[J].水土保持学报，2002,16(2)：111-114.
Zhang L, Xiao J Y, Xie D T, Wei C F. Study on microbial characteristics in Paddy soil under long-term no-tillage and ridge culture [J]. J. of Soil and Water Conservation, 2002, 16(2): 111-114.

[7] 张平究，李恋卿，潘根兴，张俊伟.长期不同施肥下太湖地区黄泥土表土微生物量碳、氮量及基因多样性变化[J].生态学报，2004,24(12)：2818-2824.
Zhang P J, Li L Q, Pan G X, Zhang J W. Influence of long-term fertilizer management on top soil microbial biomass and genetic diversity of a paddy soil from the Tai Lake region, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(12): 2818-2824.

[8] 王霞，胡锋，李辉信，沈其荣.秸秆不同还田方式下蚯蚓对旱作稻田土壤碳、氮的影响[J].生态环境，2003,12(4)：462-466.
Wang X, Hu F, Li H X, Shen Q R. Effects of earthworm on soil C, N on upland-rice soil under different manipulations of corn straw [J]. Ecology and Environment, 2003, 12(4): 462-466.

[9] 来璐，郝明德，王永功.黄土高原旱地长期轮作与施肥土壤微生物量磷的变化[J].植物营养与肥料学报，2004,10(5)：546-549.
Lai L, Hao M D, Wang Y G. Changes of long-term rotation and fertilizer on microbial phosphorus under dryland in Loess Plateau [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(5): 546-549.

[10] Li F M, Song Q H, Jembac P K *et al*. Dynamics of soil microbial biomass C and soil fertility in cropland mulched with plastic film in a semiarid agro-ecosystem[J]. Soil Biology and Biochem, 2004, 36: 1893-1902.

[11] 谢正苗，卡里德，黄昌勇.镉铅锌污染对红壤中微生物生物量碳、氮磷的影响[J].植物营养与肥料学报，2000,6(1)：69-74.
Xie Z M, Ka L D, Huang C Y. Effect of cadmium, lead and zinc on microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in red soil [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2000, 6(1): 69-74.

[12] 赵祥伟，骆永明，滕应，等.重金属复合污染农田土壤的微生物群落遗传多样性研究[J].环境科学学报，2005,25(2)：186-191.
Zhao X W, Luo Y M, Teng Y *et al*. Genetic diversity of microbial communities in farmland soils contaminated with mixed heavy metals [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2005, 25 (2): 186-191.

[13] 文倩，赵小蓉，陈焕伟，等.半干旱地区不同土壤团聚体中微生物量碳的分布特征[J].中国农业科学，2004,37(10)：1504-1509.
Wen Q, Zhao X R, Chen H W *et al*. Distribution characteristics of microbial biomass carbon in different soil aggregations in semi-arid area[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(10): 1504-1509.

[14] Nsabimana D, Haynes R J, Wallis F M. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use [J].

Applied Soil Ecology, 2004, 26: 81-92.

[15] 林启美,吴玉光,刘焕龙.熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J].生态学杂志,1999,18(2): 63-66.
Lin Q M, Wu Y G, Liu H L. Modification of fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon [J]. Chinese J. of Ecology, 1999, 18(2): 63-66.

[16] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京: 农业出版社,1996.
Nanjing Agric. Univ. Soil and agricultural chemistry analysis [M]. Beijing: Agric. Press, 1996.

[17] 阮桂海.SAS统计分析实用大全[M].北京: 清华大学出版社,2003.
Ruan G H. Handbook of statistic analysis using SAS [M]. Beijing: Tsinghua Univ. Publishing House, 2003.

[18] 张金波,宋长春.土地利用方式对土壤碳库影响的敏感性评价指标[J].生态环境,2003,12(4): 500-504.
Zhang J B, Song C C. The sensitive evaluation indicators of effects of land-use change on soil carbon pool [J]. Ecology and Environ., 2003, 12(4): 500-504.

[19] Jonasson S, Michelsen A, Schmidt I K *et al*. Microbial biomass C, N and P in two artic soils and response to addition of NPK fertilizer and sugar: Implications for plant uptake [J]. Oecologia, 1996, 106: 507-515.

[20] Joergensen R G, Scheu S. Response of soil microorganisms to the addition of carbon [J]. Soil Biology and Biochem, 1999, 31: 859-866.

[21] Galicia L, Garcya-Oliva F. The effects of C, N and P additions on soil microbial activity under two remnant tree species in a tropical seasonal pasture [J]. Applied Soil Ecology, 2004, 26: 31-39.

[22] 何振立.土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J].土壤,1997, (2): 61-69.
He Z L. Microbial biomass and its significance on nutrient cycling and environmental quality evaluation [J]. Soils, 1997, (2): 61-69.