

# 长期定位施肥对无石灰性潮土生物环境影响研究

刘树堂<sup>1</sup>, 刘培利<sup>1</sup>, 韩晓日<sup>2</sup>, 隋方功<sup>1</sup>, 迟睿<sup>1</sup>

(1. 莱阳农学院 农学系, 山东 莱阳 265200; 2. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 试验基于无石灰性潮土 26 a 的长期定位试验, 在 12 个不同施肥处理 CK, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>N<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>N<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, NP<sub>2</sub>K, N<sub>2</sub>P 和 N<sub>2</sub>K 中, 于 2002 年, 2003 年, 研究了冬小麦—夏玉米轮作中土壤微生物、土壤动物的数量状况。结果表明: 长期单施有机肥及其配施无机化肥, 能显著增加土壤细菌、真菌和放线菌的数量, 明显提高土壤动物蜉蝣类、弹尾类、线虫类的数量, 土壤动物弹尾类、线虫类与土壤有机质、有效磷、碱解氮呈极显著正相关; 蜉蝣类与土壤有机磷、速效钾呈极显著正相关; 与土壤碱解氮呈显著正相关。表明它们可作为评价土壤肥力性状、土壤环境质量的生物学指标。

**关键词:** 长期定位施肥; 无石灰性潮土; 生物环境

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)01-0026-04

中图分类号: S147.3

## Effects of Long-term Located Fertilization on Biological Environment of Non-calcareous Fluvo-aquic Soil

LIU Shutang<sup>1</sup>, LIU Peili<sup>1</sup>, HAN Xiaori<sup>2</sup>, SUI Fanggong<sup>1</sup>, CHI Rui<sup>1</sup>

(1. Department of Agronomy, Laiyang Agriculture College, Laiyang 265200, Shandong Province, China;

2. Faculty of Land and Environment Sciences, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, Liaoning Province, China)

**Abstract:** This study was conducted based on the 26 year position-fixed experiments of non-calcareous fluvo-aquic soil, during two years of 2002 and 2003, 12 treatments were designed: CK, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>N<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>N<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, NPK, NP and NK. Numbers of soil microbe and soil animal numbers in winter wheat and summer corn rotations were measured. Results indicated that both the amount of bacteria, epiphyte and actionmyces sharply and the amounts of acarina, collembolan and nematode were increased by application of organic fertilizer and the combined application of inorganic fertilizer with organic fertilizer for a longtime. Soil animal collembolan and nematode were significantly related to soil organic material and available phosphorous and available nitrogen. Acarina was significantly related to soil organic phosphorous, available potassium and available nitrogen. It indicated that they can be used as the biological indices of soil fertilization properties and quality.

**Keywords:** long term located fertilization; non-calcareous fluvo-aquic soil; biological environment

土壤生物是土壤的重要组成部分, 它对土壤肥力形成及植物营养转化起着积极作用。众所周知, 土壤生物是植物养料转化、有机碳代谢及污染物降解的驱动力, 在土壤肥力演变, 尤其是养分循环中具有重要意义。其周转对植物有效养料起着储备库和源的作用<sup>[1]</sup>。因此, 土壤的微小变动均引起其活性变化。不同用量的无机肥、有机肥长期定位施入土壤中对土壤的反应、结构和营养平衡产生的作用势必影响土壤生物的生长和繁殖, 进而对土壤中物质的转化, 土壤和肥料中营养物质的有效性产生影响, 并与作物的产量及品质密切相关<sup>[2-3]</sup>。对此, 作者利用长期定位试验, 通过冬小麦—夏玉米连续轮作 24~25 a,

48~50 茬, 不同用量的化肥, 化肥与有机肥配施的处理, 研究土壤中生物的数量和分布规律, 旨在了解某一施肥条件下, 生物化学环境的变化, 以此来探索长期施肥对土壤环境质量产生的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验设在莱阳农学院实验站, 始于 1978 年。供试土壤为无石灰性潮土, 发育于冲积母质, 表土质地轻壤, pH 值为 6.8, 0~20 cm 土层有机质含量为 4.10 g/kg, 全氮量 0.50 g/kg, 全磷(P)量 0.46 g/kg, 土壤有效磷(P) 15 mg/kg, 土壤速效钾(K) 38 mg/kg, 土壤

收稿日期: 2005-01-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40171049)部分研究内容

作者简介: 刘树堂(1962-), 男(汉族), 山东安丘市人, 博士, 副教授, 主要从事土地资源与环境工程的研究。电话(0535)2922436, 2922477,

E-mail: liushutang212@yahoo.com.cn.

阳离子代换量为 11.80 cmol/kg。试验共设 12 个处理, 每处理设 3 次重复。试验地实行冬小麦—夏玉米轮作制, 每年 2 作, 冬小麦品种 1978—1992 年是辐 63, 1993—2002 为 9 214, 2003 至今为烟优 361, 夏玉米品种 1978—1996 年为鲁玉 4 号, 1997—今为鲁玉 16 号。无机肥用尿素, 高量氮肥每年每  $1\text{ hm}^2$  施用 276 kg 氮素, 低量氮肥每年每  $1\text{ hm}^2$  施用 138 kg。无

机磷钾肥用过磷酸钙和氯化钾, 施用量分别为每年每  $1\text{ hm}^2$  施  $\text{P}_2\text{O}_5$  90 kg,  $\text{K}_2\text{O}$  135 kg。有机肥用猪圈粪, 含全氮量为 2~3 g/kg, 含全磷量为 0.5~2 g/kg, 有机质含量为 20~50 g/kg, 施用高低量均以与无机氮肥等含氮量计算。小区面积  $33.3\text{ m}^2$ , 顺序排列, 有机肥和无机磷、钾肥全部作基肥, 无机氮肥作小麦种肥和起身、拔节期追肥及夏玉米拔节、穗期追肥(表 1)。

表 1 试验处理

处理	有机肥	无机氮肥	处理	有机肥	无机氮肥	处理	有机肥	无机氮肥	处理	kg/hm <sup>2</sup>		
										N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CK(1)	0	0	M <sub>1</sub> (4)	30 000	0	M <sub>2</sub> (7)	60 000	0	N <sub>2</sub> PK(10)	276	90	135
N <sub>1</sub> (2)	0	138	M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> (5)	30 000	138	M <sub>2</sub> N <sub>1</sub> (8)	60 000	138	N <sub>2</sub> P(11)	276	90	0
N <sub>2</sub> (3)	0	276	M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> (6)	30 000	138	M <sub>2</sub> N <sub>2</sub> (9)	60 000	276	N <sub>2</sub> K(12)	276	0	135

### 1.2 测定方法

对 2002 年, 2003 年的试验土壤分 3 层, 0~10 cm, 10~20 cm, 20~40 cm, 4 个时期, 即冬小麦起身期(3月20日), 灌浆期(5月20日), 夏玉米小喇叭口期(7月20日), 收获期(10月1日), 测定不同施肥处理土壤细菌、真菌、放线菌的数量, 对 2003 年的试验土壤在冬小麦和夏玉米收获后(6月10日、10月1日)取 0~20 cm 土层测定土壤蛭螨类、弹尾类、线虫类动物的数量。全部实行蛇形取样, 每小区取 5 个点, 混合后取样品测定分析。

土壤微生物 3 大区系(真菌、细菌、放线菌)的数量测定采用稀释平板法, 混菌法接种, 培养基分别为马丁氏(Martin)培养基, 牛肉膏蛋白胨琼脂培养基, 改良高氏 I 号培养基<sup>[4]</sup>。土壤动物数量采用 Tullgren 法和 Baermann 法分离、分类、计数<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对土壤细菌量的影响

通过对第 24a 以及第 25a 的长期定位不同施肥处理土壤进行分析测定, 土壤中的细菌数量变化影响详见表 2。

从表 2 中可以看出: 4 个取样时期在不同施肥处理之间变化趋势基本一致, 即施肥处理均高于对照, 有机肥与化肥配施的处理土壤细菌数量增加明显, 施化肥的处理有少量增加。而且 0~10 cm 土层细菌数量是 10~20 cm 土层的 2~3 倍, 是 20~40 cm 土层的 4~6 倍, 变化最大的是 0~10 cm 与 10~20 cm 的土层。从这 4 个取样时期看, 出现较低—高一—较高—低的变化, 以 5 月 20 日为最高, 这主要是土壤温度的上升, 根系分泌物的增加所致。

表 2 长期施肥对土壤细菌量的影响

10<sup>6</sup>个

采样日期	土壤深度/ cm	各处理细菌数											
		CK	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	M <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> PK	N <sub>2</sub> P	N <sub>2</sub> K
3 月 20 日	0~10	11.42	12.76	14.37	15.18	15.69	15.55	16.84	17.72	18.83	10.82	8.83	9.81
	10~20	5.60	6.88	4.98	6.82	7.12	6.76	8.67	10.35	13.49	10.20	6.22	8.05
	20~40	2.24	2.00	2.26	3.39	4.54	3.61	4.01	3.35	4.37	2.26	2.41	2.29
5 月 20 日	0~10	25.01	29.20	26.86	34.17	34.96	37.07	43.71	42.66	45.84	22.73	17.65	20.71
	10~20	9.33	11.48	10.87	12.17	11.95	13.09	15.54	18.86	19.24	10.43	9.75	10.29
	20~40	3.26	3.69	3.92	4.11	4.32	4.78	5.86	5.37	5.58	2.96	3.51	3.35
7 月 20 日	0~10	22.84	25.51	28.74	30.75	31.37	31.09	33.68	35.44	37.66	21.65	17.84	19.97
	10~20	8.68	10.09	12.35	11.88	10.74	9.98	12.10	16.24	16.05	10.54	8.77	9.04
	20~40	3.16	3.03	3.97	3.85	3.76	4.66	4.49	4.98	5.50	3.47	3.13	2.95
10 月 1 日	0~10	9.89	11.46	10.94	13.67	12.69	13.85	15.51	16.00	16.28	7.87	7.21	8.54
	10~20	3.29	3.60	3.47	5.17	4.95	5.33	6.55	7.31	8.57	4.39	3.95	4.78
	20~40	1.30	1.68	1.62	2.21	2.31	1.84	3.07	3.46	4.00	2.13	1.17	1.43

注: 数据为 2002 年, 2003 年平均值。

此时期在各施肥处理之间。0~ 10 cm 和 10~ 20 cm 土层细菌的数量施肥处理均比对照高。单施有机肥及其有机肥与化肥配施的处理表现明显,这是由于增施有机肥后,提高了土壤有机质的含量和保水性能所致。0~ 10 cm 土层最高的是  $M_2N_2$  处理,其次是  $M_2$  与  $M_2N_1$ , 分别比对照高 83.29%, 74.77% 和 70.57%。而单施无机化肥的处理与对照比差异不大。10~ 20 cm 土层,以  $M_2N_2$  处理为最高,其次为  $M_2N_1$  以及  $M_2$  处理,分别比对照高 18.24%, 17.86% 和 14.54%。20~ 40 cm 土层各处理均无多大差异,且  $N_2PK$  处理还低于对照。说明长期增施有机肥可提高土壤环境质量,改善土壤细菌的生活环境。而长期施用化肥的处理,可能由于微生物活动的碳源不足,影响细菌的生长和繁殖。

## 2.2 不同施肥处理对土壤真菌数量的影响

从表 3 看出,长期连续施肥对土壤真菌数量的影响与细菌相似,真菌在 4 个取样时期中同样 5 月 20 日为最高,不同的是 10 月 1 日的测定值要高于 3 月 20 日,这与真菌能在低温下发育的特性有关。从各

土层来看,真菌大部分集中在 0~ 10cm 土层内,是 10~ 20 cm 土层的 3~ 5 倍,是 20~ 40 cm 土层的 5~ 11 倍,明显高于细菌。从 5 月 20 日采样测定值来看,在各处理之间,施肥处理均高于对照,以  $M_2N_2$  处理为最高( $40.15 \times 10^3$  个/g),其次是  $M_2N_1$  和  $M_2$  的处理,分别比对照高 39.15%, 36.07% 和 34.8%。 $M_1N_2$ ,  $M_1N_1$  以及  $N_2PK$  处理,其土壤真菌的数量都在  $3.00 \times 10^4$  个/克干土以上,其余处理均低于  $3.00 \times 10^4$  个/g。

这说明真菌与土壤有机质的含量密切相关,能参与土壤有机质分解与腐殖质合成,直接影响土壤肥力。从处理  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_2PK$ ,  $N_2P$ ,  $N_2K$  的结果可见, $N_2PK$  处理中真菌的数量大于处理  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_2P$ ,  $N_2K$ 。可见无机化肥明显地影响土壤真菌群体量,这 5 个处理与对照比较而言,氮肥对真菌群体有一定影响,而其对氮肥的反应效果取决于磷、钾肥的水平。值得一提的是  $N_2PK$  处理高于  $M_1$  处理,这可能是  $N_2PK$  处理作物生长期间向土壤分泌物大于  $M_1$  处理所致。

表 3 长期施肥对土壤真菌量的影响

$10^3$  个

采样日期	土壤深度/ cm	各处理真菌数											
		CK	$N_1$	$N_2$	$M_1$	$M_1N_1$	$M_1N_2$	$M_2$	$M_2N_1$	$M_2N_2$	$N_2PK$	$N_2P$	$N_2K$
3 月 20 日	0~ 10	8.75	10.38	10.15	10.03	11.57	10.84	13.79	16.52	16.38	12.65	12.60	11.87
	10~ 20	2.91	2.46	3.54	2.66	3.37	3.35	4.41	5.19	6.63	4.48	3.37	4.40
	20~ 40	0.66	0.83	1.0	1.17	1.33	1.07	2.45	2.00	2.30	1.63	1.60	1.10
5 月 20 日	0~ 10	18.14	25.73	23.18	27.09	33.36	32.30	35.80	31.07	40.15	32.12	29.90	26.53
	10~ 20	6.27	10.41	10.93	11.35	14.17	14.66	16.20	17.68	19.31	15.74	16.53	15.19
	20~ 40	2.64	3.49	4.71	4.33	5.10	4.18	5.36	4.11	5.89	4.50	3.57	4.66
7 月 20 日	0~ 10	11.85	15.13	14.74	20.99	24.64	24.95	27.67	31.01	33.38	26.32	25.53	23.86
	10~ 20	5.52	8.68	7.93	8.91	10.36	12.11	13.45	15.28	16.17	11.06	10.83	11.29
	20~ 40	1.84	3.46	3.81	4.03	4.27	4.20	4.13	4.98	5.34	3.77	3.53	3.48
10 月 1 日	0~ 10	8.42	13.51	14.12	13.76	15.16	14.59	16.93	22.11	24.45	18.38	17.66	17.35
	10~ 20	3.89	6.32	6.14	7.21	7.85	7.16	10.47	12.12	14.05	8.73	7.79	8.13
	20~ 40	1.33	2.74	2.86	3.45	3.38	3.67	3.55	4.15	4.00	3.16	3.43	3.34

注:数据为 2002 年,2003 年平均值。

## 2.3 不同施肥处理对土壤放线菌量的影响

由表 4 可见,长期定位施肥对土壤放线菌数量的影响与土壤真菌相一致。从 4 个取样时期看,由于受土壤温度的影响,同样是低—高一较高—较低的趋势,但各时期间,差别不大。经对 3 层土壤的分析,土壤放线菌绝大部分集中在 0~ 10 cm 的土层内,是 10~ 20 cm 土层的 15~ 35 倍,是 20~ 40 cm 土层的 68~ 130 倍,差异很明显。在各施肥处理间,施肥处理不论哪个土层均高于对照,由 5 月 20 日的结果看,0~ 10 cm 土层放线菌数量最多的是  $M_2N_2$ , 其次为

$M_2N_1$  及  $M_2$  处理,比对照各增 158.90%, 127.20% 和 132.19%。 $M_1N_2$ ,  $N_2P$  和  $N_2PK$  处理放线菌数量各比对照增了 86.71%, 65.92% 和 64.15%。其余处理与对照差别不大说明土壤碱解氮、有效磷的变化对土壤放线菌的影响最大,也可能是有机肥施入土壤增加了大量的有机碳,并带入丰富的微生物和酶,且其中的无机氮调节土壤的 C/N 比,给放线菌生长繁殖创造了好的条件。也可能施入磷肥以及钾肥后促进了植物的生长,根系分泌物增多,促进了土壤放线菌生长繁殖所致。

表 4 长期施肥对土壤放线菌量的影响

10<sup>5</sup>个

采样日期	土壤深度/ cm	各处理放线菌数											
		CK	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	M <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> PK	N <sub>2</sub> P	N <sub>2</sub> K
3月20日	0~10	34.57	46.30	44.87	42.08	44.45	60.40	79.52	75.93	90.11	58.77	54.53	59.16
	10~20	1.30	2.12	2.20	2.25	2.76	2.33	2.67	2.95	2.76	2.26	2.12	2.04
	20~40	0.54	0.68	0.69	0.60	0.63	0.67	0.62	0.78	1.10	0.72	0.70	0.66
5月20日	0~10	42.43	51.34	50.78	46.44	49.18	79.22	98.52	96.40	109.85	69.65	70.40	55.61
	10~20	4.35	4.71	5.04	4.27	6.84	5.92	5.89	7.96	7.24	4.35	4.13	4.27
	20~40	0.84	1.21	1.30	1.33	1.38	1.35	1.94	1.73	2.01	1.40	1.36	1.32
7月20日	0~10	40.26	47.86	48.13	46.25	47.63	70.54	89.93	90.87	99.14	66.38	65.76	54.21
	10~20	3.43	3.57	4.62	4.15	5.34	4.40	4.88	6.01	5.33	3.41	3.57	3.10
	20~40	0.91	1.37	1.68	1.71	1.37	1.41	1.86	1.89	2.11	1.55	1.47	1.38
10月1日	0~10	35.15	43.54	44.16	44.37	45.22	65.48	85.55	84.93	95.26	63.82	63.31	60.00
	10~20	1.67	2.10	2.27	2.15	2.71	2.22	3.16	3.34	3.42	2.83	2.46	2.29
	20~40	0.41	0.53	0.66	0.48	0.56	0.69	0.60	0.87	1.13	0.76	0.69	0.72

注: 数据为 2002 年, 2003 年平均值。

2.4 不同施肥处理对土壤动物数量的影响

在冬小麦和夏玉米收获后对 0~20 cm 土层土壤 蜚螭类、弹尾类、线虫类动物取样测定, 结果见表 5 所示。由表 5 看出, 土壤动物的数量, 冬小麦茬高于夏玉米茬, 在 3 类动物中, 蜚螭类 > 弹尾类 > 线虫类。不同施肥处理均高于不施肥对照, 尤其是单施有机肥以及有机肥与无机氮肥配施的处理, 结果明显高于对照。从 6 月份的分析结果看蜚螭类以高有机肥配施低氮肥为最高, 其次是单施高量有机肥和高有机肥配施高量氮肥处理, 分别比对照提高了 277.83%, 271.67% 和 261.17%。M<sub>1</sub>N<sub>2</sub> > M<sub>1</sub>N<sub>1</sub> > M<sub>1</sub> 处理。单施低量有机肥处理比对照提高了 161.67%, 差异显著。说明土壤有机质对蜚螭类动物有较大影响 ( $r = 0.936, n = 12$ ), N<sub>1</sub> > N<sub>2</sub> > CK 处理, 分别为对照的 1.22 倍和 1.16 倍, 表明土壤碱解氮对蜚螭类动物也

有影响 ( $r = 0.644, n = 12$ )。N<sub>2</sub>P > N<sub>2</sub>PK > N<sub>2</sub>K > CK 处理, 分别比对照提高了 100.00%, 88.33% 和 38.33%。

可见, 土壤有效磷 ( $r = 0.910, n = 12$ )、速效钾 ( $r = 0.852, n = 12$ ) 对蜚螭类动物仍有较大影响, 尤其是土壤有效磷。不同施肥处理间土壤弹尾类动物变化与蜚螭类相似, 与土壤有机质 ( $r = 0.926, n = 12$ )、有效磷 ( $r = 0.897, n = 12$ ) 及碱解氮 ( $r = 0.768, n = 12$ ) 呈极显著正相关。土壤线虫类数量, 有机肥配施无机氮肥 > 单施有机肥 > 氮磷钾配施 > 氮磷配施 > 氮钾配施 > 单施无机氮肥 > 对照 (CK)。这充分说明线虫类动物与土壤有机质 ( $r = 0.897, n = 12$ )、有效磷 ( $r = 0.810, n = 12$ )、碱解氮 ( $r = 0.769, n = 12$ ) 呈极显著正相关。对土壤 3 类动物影响最大的是土壤有机质。

表 5 长期施肥对土壤动物数量的影响

处理	蜚螭类/(个·m <sup>-2</sup> )		弹尾类/(个·m <sup>-2</sup> )		线虫类/(个·m <sup>-2</sup> )		总数/(个·m <sup>-2</sup> )	
	20030610	20031001	20030610	20031001	20030610	20031001	20030610	20031001
CK	3000	2165	2665	2500	2835	3165	8500	7830
N <sub>1</sub>	3665	2500	2665	2335	3360	3000	9690	7835
N <sub>2</sub>	3500	2500	3150	2835	3155	3000	9815	8335
M <sub>1</sub>	7850	7350	6000	6165	4000	4165	17850	17680
M <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	8150	8500	7835	6165	4665	4500	20650	19165
M <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	8500	8800	7500	6665	4500	4850	20500	20315
M <sub>2</sub>	11150	11000	9000	7335	4835	4335	24985	22670
M <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	11335	11500	9665	7665	5165	4850	26165	24015
M <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	10835	9260	9665	7500	5150	5350	25650	22110
N <sub>2</sub> PK	5650	5150	6335	4500	4665	4000	16650	13650
N <sub>2</sub> P	6000	5500	5500	4165	4165	4335	15665	14000
N <sub>2</sub> K	4150	3835	5150	3665	3835	3500	13135	11000

注: 数据为 3 次重复平均值。

(下转第 33 页)

## 4 结 论

通过以上对嘉陵江中下游耕地资源利用的现状、空间格局及其变化的研究, 得出以下几点结论:

(1) 研究区以低山丘陵为主, 水热条件良好的自然条件, 形成了该地区以耕地为主, 林地、草地占一定比重的农、林、牧并存的土地利用结构。

(2) 研究区耕地主要分布于 900 m 以下的高程带内, 在这些高程带内的耕地比率都超过了 50%, 其中尤其以 0~ 300 m 范围内的耕地比率最高, 达到了 81%。

(3) 研究区耕地在  $> 25^\circ$  的两个坡度级中耕地的比率相当高, 这些耕地水土流失严重, 对生态环境造成严重影响, 是引起嘉陵江河水含沙量居高不下的重要原因之一, 退耕还林任务还十分艰巨。

(4) 研究区耕地减少速度十分迅速, 但在  $> 25^\circ$  的陡坡上分布比率仍很高, 所以在合理有效退耕还林、实施水土流失治理、保护生态环境的同时, 应确保耕地的数量和质量。

### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影

响[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(1): 15—21.

[ 2 ] 赵英时, 等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[ 3 ] 汤国安, 陈正江, 赵牡丹, 等. Arc/View 地理信息系统空间分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[ 4 ] 周爱霞, 马泽忠, 周万村. 大宁河流域坡度与坡向对土地利用/覆盖变化的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 126—129.

[ 5 ] 高志强, 刘纪远. 基于遥感和 GIS 的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J]. 遥感学报, 1999, 53(2): 134—138.

[ 6 ] 马哲忠, 周爱霞, 江晓波, 等. 高程与坡度对巫山县土地利用/覆盖变化的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 107—109.

[ 7 ] 吴立新, 史文中. 地理信息系统原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[ 8 ] 潘成荣, 张之源, 方晨, 等. 安徽省耕地资源利用分析[J]. 农村生态环境, 2004, 20(1): 24—28.

[ 9 ] 邵怀勇, 仙巍, 周万村. 基于 3S 技术的三峡库区不同高程带景观格局研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25(3): 54—57.

[ 10 ] 司成兰, 濮励杰. 广西土地利用变化及对粮食生产的影响[J]. 农村生态环境, 2004, 20(2): 12—15.

[ 11 ] 张丽萍, 朱钟麟, 邓良基. 四川省坡耕地资源及其治理对策[J]. 水土保持通报, 2004, 24(3): 47—49.

(上接第 29 页)

## 3 结 论

(1) 长期施肥能改善微生物的生活环境, 提高微生物数量, 不同施肥处理中, 细菌数量最多, 放线菌次之, 真菌最少, 细菌占土壤微生物三者总数的 85.51% ~ 88.72%, 放线菌占 11.21% ~ 14.41%, 真菌占 0.079% ~ 0.57%;

(2) 有机肥与无机氮肥配施以及单施有机肥能明显提高土壤动物蜱螨类、弹尾类、线虫类的数量。并且与土壤主要养分因素成正相关, 尤其是土壤有机质和速效磷含量。说明土壤动物是反映土壤环境质量的主要因素之一。

### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和质量评价中的意义[J]. 土壤, 1997, 29(2): 61—67.

[ 2 ] 尹文英, 等著. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[ 3 ] Kandler E, Pali S, Stemmer M, et al. Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle-size fractions of a haplic cherozem[J]. Soil Biol. Biochem. 1999, 31: 1253—1264.

[ 4 ] 中国科学院土壤研究所, 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 40—59.

[ 5 ] 陈鹏. 土壤动物的采集和调查方法[J]. 生态学杂志, 1983, 2(3): 45—51.