

# 施肥方式对土壤甲螨群落结构影响

战丽莉<sup>1,2</sup>, 许艳丽<sup>1</sup>, 韩晓增<sup>1</sup>, 裴希超<sup>3</sup>, 赵刚<sup>3</sup>, 王建华<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 黑土区农业生态院重点实验室 海伦农田生态系统国家野外观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 中国科学院 研究生院 北京 100049; 3. 黑河出入境检验检疫局 黑龙江 黑河 164300)

**摘要:** 为明确施肥方式对东北黑土区土壤甲螨群落结构的影响, 选取东北黑土长期定位施肥试验区, 以无肥 (NF)、化肥 (CF) 和化肥配施有机肥 (CMF) 3 种施肥方式为研究对象。采用改良干漏斗法分离 0~5、5~10、10~15 cm 土壤甲螨, 比较了 3 种施肥方式下土壤甲螨群落结构及空间分布的异同, 分析了施肥方式对土壤甲螨群落结构特征及其多样性的影响。结果表明施肥方式可以影响甲螨的数量及其在土壤中的垂直分布; 化肥配施有机肥处理土壤甲螨的个体数量显著高于其他 2 种施肥方式, 且化肥配施有机肥土壤中甲螨表聚特征明显, 而无肥处理中土壤甲螨垂直分布表聚现象出现逆转。施肥方式对土壤甲螨多样性的影响在 7 月体现较为明显, 有机肥的施入使土壤甲螨的多样性和丰富度显著优于其他 2 种施肥方式。通过对土壤甲螨群落结构进行 MGP 分析发现, 肥料的施入对土壤甲螨群落结构的数量组成影响较为明显, 而对土壤甲螨的类群组成无影响。施肥方式可以影响土壤甲螨群落结构, 尤其是有机肥的施用可以显著改善土壤环境, 为土壤甲螨提供良好的生存条件, 因此, 适当施用有机肥可以改善农田生态系统生态环境。

**关键词:** 施肥方式; 土壤甲螨; MGP 分析; 群落结构; 垂直分布

**中图分类号:** S154.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2013)02-0214-05

## Effect of Fertilization on Oribatid Mite Community in Farmland

ZHAN Li-li<sup>1,2</sup>, XU Yan-li<sup>1</sup>, HAN Xiao-zeng<sup>1</sup>, PEI Xi-chao<sup>3</sup>, ZHAO Gang<sup>3</sup>, WANG Jian-hua<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Mollisols Agroecology, National Observation Station of Hailun Agroecology System, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Heihe Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Heihe 164300, China)

**Abstract:** Oribatid mite is the most important indicators in soil ecosystem. The relationship between fertilization and oribatid mite community was studied at long-term fertilization area of black soil northeast China for defining the effect of fertilization on Oribatid mite community. Three types of fertilization were carried out in this study including No-fertilizer (NF), Chemical-fertilizer (CF) and Chemical fertilizer combined with pig manure (CMF). Modified Tullgren method was used to extract Oribatid mite from 0-5, 5-10, 10-15 cm layers of soil. Community and vertical distribution of Oribatid mite were compared between fertilization. Effect of fertilization on character of Oribatid mite community and diversity was analyzed. The results showed that the individual number and vertical distribution of Oribatid mite under threes fertilization was significantly different. The individual number in CMF was significant higher than the other two fertilizations and the surface accumulative phenomenon was found in CMF treatment obviously, the surface accumulative phenomenon was reversed in NF. Effect of fertilization on Oribatid mite diversity was obviously found in July, the diversity and abundance of CMF was better than the other two Fertilizations. From the MGP analysis, the individual number of Oribatid mite was affected by fertilization, but the group number was not. Fertilization has influence on soil Oribatid mite community, especially the application of organic manure can improve soil environment, provides a good living condition for soil Oribatid mite, therefore, the appropriate application of or-

收稿日期: 2013-01-19

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (kzcx2-yw-408-3)

作者简介: 战丽莉 (1983-), 女, 黑龙江佳木斯人, 博士, 主要从事土壤动物多样性研究。

通讯作者: 许艳丽 (1958-), 女, 辽宁本溪人, 研究员, 博士生导师, 博士, 主要从事为植物线虫病害、作物病虫害生物生态控制研究。

ganic manure can improve the ecological environment of farmland ecological system.

**Key words:** Fertilization; Oribatid mite; MGP analysis; Community; Vertical distribution

土壤甲螨是一类种类丰富、分布广泛、食性复杂和营自由生活的小型节肢动物,是土壤动物的重要组成部分,参与土壤生态系统物质和能量循环<sup>[1]</sup>,在土壤的形成与熟化过程中土壤甲螨起到重要的分解作用。土壤甲螨群落结构可以对土壤环境中的污染物<sup>[2-3]</sup>、外界扰动<sup>[4-5]</sup>和化学物质的施入<sup>[6]</sup>做出响应,因此,土壤甲螨的群落结构也成为衡量土壤环境优劣的重要指标<sup>[7-10]</sup>。随着人们对生态环境保护意识的增强,具有指示作用的指示型生物越来越受到研究者的关注,如线虫和蚯蚓对土壤生态系统健康程度的指示研究、藻类对海洋生态系统的指示作用和植物对大气生态系统的指示作用研究等<sup>[11-15]</sup>。而对土壤甲螨这种土壤生态系统中的指示型生物开展研究相对较晚,针对土壤甲螨的研究也多集中在新种的发现<sup>[16-17]</sup>、甲螨种类的调查<sup>[18-19]</sup>以及自然生态系统中甲螨多样性研究<sup>[20-22]</sup>。对农业生态系统土壤甲螨研究报道不多,尤其是对农业生态系统中长期定位试验区土壤甲螨研究较少。为了研究施肥方式对东北黑土区土壤甲螨群落结构的影响,以东北黑土区中国科学院海伦农业生态试验站长期定位施肥试验为基础,探讨不同施肥方式对土壤甲螨群落特征以及垂直分布的影响,旨在为保护农田生态环境和评价施肥方式对农田生态系统生态环境的影响提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 样地概况

试验样地在中国科学院海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站进行,在黑龙江省海伦市,海拔高度 240 m,东经 126°38',北纬 47°26',属于温带大陆性季风气候区,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,雨热同季。年平均气温 1.5℃,极端最高温度 37℃,极端最低温度 -39.5℃,年均降水量 500 mm,年均有效积温 2 450℃,日照时数 2 600~2 800 h,无霜期为 125 d。土壤类型为中厚层黑土,地下水埋深 20~30 m<sup>[23-25]</sup>。

长期定位施肥试验区建立于 1994 年,试验区进行小麦-玉米-大豆轮作种植,2009 年地上作物为玉米,研究分为 3 个处理:无肥(NF):试验区不使用任何肥料;化肥(CF):施肥量为 N 150 kg/hm<sup>2</sup>和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>;化肥+有机肥(CMF):施肥量为 N 150 kg/hm<sup>2</sup>和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>,增施腐熟的猪粪 3 000

kg/hm<sup>2</sup>。小区面积为 50.4 m<sup>2</sup>,完全随机排列 4 次重复。

### 1.2 研究方法

试验于 2009 年进行,采用环刀法于 5、6、7 月 3 次调查,每处理 3 次重复,土壤环刀的容积为 100 cm<sup>3</sup>。按土壤垂直深度 0~5、5~10、10~15 cm 分 3 层进行取样,采集到的土壤样品采用改良的干漏斗法进行分离,分离得到的土壤动物在 75% 酒精中 4℃ 保存,显微镜下挑出所有土壤甲螨鉴定到属并计数<sup>[26]</sup>。

### 1.3 数据分析

群落多样性分析主要采用 Shannon-Weiner 指数、Pielou 均匀性指数、Margalef 丰富度指数和 Jaccard 相似性系数,即:

$$\text{Shannon-wiener 指数: } H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou 均匀性指数: } J' = H' / \ln S$$

$$\text{Margalef 丰富度指数: } D' = (s - 1) / \ln N$$

式中  $s$  为样方中观察的物种数;  $p_i = N_i / N$ ,  $N$  为样方中各物种多度指标总和,  $N_i$  为第  $i$  个种的多度指标。

采用 DPS V3.01 软件完成数据处理。利用 One-way ANOVA 单因素方差分析多重比较(LSD)方法对不同处理数据进行差异显著性分析,差异显著水平为  $\alpha = 0.05$ ,结果用平均值 ± 标准差表示。

按照形态分类学原则,可将甲螨分为三大类群: M 群(Macropylina, M)即大孔低等甲螨群、G 群(Gymnonota, G)即无翅坚背甲螨群及 P 群(Porono-ta, P)即有翅孔背甲螨群等三大类群。根据这三大类群各占的百分比对甲螨群落进行分析的方法称为 MGP 分析。计算 M 群、G 群、P 群种数占甲螨总数的比例,通过三类属数的相对比较进行甲螨类群分析为 MGP 分析 I。计算 M 群、G 群、P 群所包含种的个体数占甲螨总个体数的比列,通过三类群个体数的相对比较进行甲螨类群分析 MGP 分析 II<sup>[27-28]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤甲螨群落结构

施肥方式对甲螨个体数量影响显著,化肥配施有机肥中土壤甲螨数量最高,共捕获土壤甲螨 624 只,而 CF 和 NF 中分别捕获土壤甲螨 390、283 只。在不同施肥方式中土壤甲螨组成差别不大,其中 CF

和 CMF 中未发现罗甲螨属而 NF 中则未发现盲甲螨属。3 种施肥方式中土壤甲螨的优势属相同为高壳甲螨属(*Liodes*)、平壳甲螨属(*Platylodes*) 和小甲螨属(*Oribatella*) ,但优势属个体数量差别较大 ,CMF 中除小甲螨属外 ,高壳甲螨属和平壳甲螨属的个体数量显著高于 CF 和 NF ,CF 处理中小甲螨属个体数量与 CMF 接近(表 1)。

施肥方式可以影响土壤甲螨多样性。在调查研究中发现 ,CMF 中土壤甲螨的个体数显著高于无肥处理。5 月和 6 月 2 次调查研究的结果显示 3 种施肥方式之间土壤甲螨的属数和多样性差异不显著 ,7 月研究结果与前两月不同 ,7 月 CMF 中土壤甲螨的属数、丰富度和多样性均优于其他 2 种施肥方式(表 2) ,分析其中的原因可能是随着时间的推移 ,外界温度升高 ,降水量增多 ,作物逐渐进入生长旺季 ,肥料在土壤中的作用也随之明显 ,有机肥的施用可以明显地改善土壤环境 ,使土壤变得疏松 ,土壤的透气性和保肥保水性增强 ,土壤中腐殖质的含量为土壤甲螨提供充足的食物来源和良好的生活环

境<sup>[29-30]</sup>。因此 ,不同施肥方式对土壤甲螨群落结构的影响也逐渐显现出来。

表 1 不同施肥方式中土壤甲螨组成

Tab. 1 Composition of soil mite in different fertilization 个

土壤甲螨名称 Name of Oribatid mite	化肥 + 有机肥 CMF	化肥 CF	无肥 NF
缝甲螨属 <i>Hypochthonius</i>	8	5	3
高壳甲螨属 <i>Liodes</i>	194	93	96
古甲螨属 <i>Palaeacarus</i>	14	5	2
角单翼甲螨属 <i>Rostrozetes</i>	1	3	
龙足甲螨属 <i>Eremaeus</i>	4	2	12
罗甲螨属 <i>Lohmannia</i>	—	—	1
盲甲螨属 <i>Malaconothrus</i>	8	2	—
平壳甲螨属 <i>Platylodes</i>	181	56	68
洼甲螨属 <i>Camisia</i>	1	1	1
小甲螨属 <i>Oribatella</i>	199	214	92
爪甲螨属 <i>Unguizetes</i>	13	6	7
直卷甲螨属 <i>Archoplophoridae</i>	1	3	1
合计 Total	624	390	283

表 2 不同施肥方式下甲螨群落多样性

Tab. 2 Diversity of soil Oribatid under different fertilization

		个体数 Individual number	属数 Genus number	丰富度指数 Richness index	均匀度指数 Evenness index	多样性指数 Diversity index
5 月	CF	71.00 ± 9.17ab	4.00 ± 1.00a	0.70 ± 0.22a	0.57 ± 0.02a	0.78 ± 0.16a
May	CMF	89.00 ± 2.65a	5.00 ± 1.00a	0.89 ± 0.22a	0.55 ± 0.03a	0.87 ± 0.07a
	NF	59.67 ± 14.57b	4.00 ± 1.00a	0.73 ± 0.23a	0.69 ± 0.12a	0.93 ± 0.05a
6 月	CF	33.67 ± 6.51ab	4.33 ± 1.53a	0.97 ± 0.50a	0.70 ± 0.04a	1.00 ± 0.26a
June	CMF	76.00 ± 43.31a	3.33 ± 0.58b	0.55 ± 0.06a	0.56 ± 0.04a	0.66 ± 0.06a
	NF	21.33 ± 7.57b	4.00 ± 1.00ab	0.98 ± 0.26a	0.54 ± 0.14a	0.73 ± 0.20a
7 月	CF	24.67 ± 6.81b	3.00 ± 1.73b	0.61 ± 0.49b	0.77 ± 0.20a	0.76 ± 0.37b
July	CMF	43.00 ± 8.89a	6.67 ± 0.58a	1.52 ± 0.22a	0.73 ± 0.04a	1.38 ± 0.13a
	NF	13.33 ± 3.06b	3.33 ± 1.15b	0.94 ± 0.50ab	0.80 ± 0.16a	0.88 ± 0.18b

注: 不同字母表示同一月份不同处理之间的差异显著性(  $P < 0.05$  )。

Note: Different letters indicate significance between three tillage system in the same month at 0.05.

## 2.2 土壤甲螨垂直分布

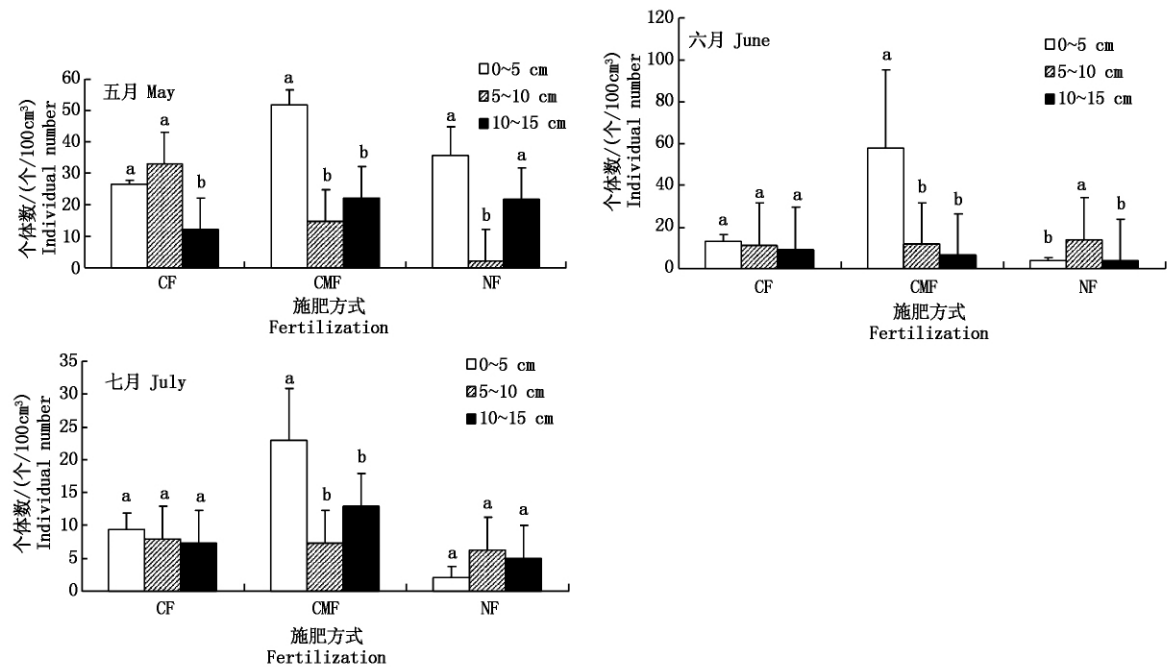
施肥方式对土壤甲螨垂直分布影响显著 ,在 3 个取样时期的 CMF 中 ,土壤甲螨垂直分布都具有表聚特征 ,即 0 ~ 5 cm 土层中土壤甲螨的数量显著高于 5 ~ 10 ,10 ~ 15 cm 土层中甲螨的数量(  $P < 0.05$  ) ,CF 处理 3 个土层内土壤甲螨数量差异不显著 ,土壤甲螨垂直分布的表聚现象消失 ,NF 处理中土壤甲螨垂直分布由表聚特征趋于缓和到表聚特征逆转 ,7 月的无肥处理中 5 ~ 10 cm 土层中甲螨的数量显著高于 0 ~ 5 cm(  $P < 0.05$  )。有机肥的施入有利于土壤甲螨在土壤中垂直分布的表聚特征的保持 ,而单独施用化肥和不施肥土壤甲螨个体数量在不同的层次之间差异不显著 ,表聚特征消失甚至出现逆转

(图 1)。

## 2.3 土壤甲螨 MGP 分析

在施肥方式对土壤甲螨影响进行 MGP II 分析时结果显示 ,在 CF 处理中甲螨类群类型为 P 型 ,而 CMF 和 NF 中均为 G 型 ,说明 CF 土壤中为高等的有翅孔背甲螨群所占比例较高 ,其原因可能为低等的土壤甲螨对化学物质的施用反应敏感 ,单独施用化肥使土壤甲螨中的低等类群数量降低 ,而 CMF 中有机肥的施入则很好的保护了低等甲螨的生存。而在 MGP I 分析中结果显示 3 种施肥处理方式下甲螨类群类型均为 O 型 ,即施肥方式对土壤甲螨的类群组成影响不显著。结合 MGP I 和 MGP II 这 2 种分析结果发现 ,肥料的施入对土壤甲螨群落结构的

数量组成影响较为明显,而对土壤甲螨的类群组成无影响(表 3)。



不同字母表示同一月份同一处理不同土壤层次之间的差异显著性(  $P < 0.05$  )。  
Different letters indicate significance between three soil layers of one tillage system in the same month at 0.05.

图 1 施肥方式对土壤甲螨垂直分布的影响

Fig. 1 Vertical distribution of soil Oribatid under different fertilization

表 3 不同施肥方式土壤甲螨群落结构 MGP 分析

Tab. 3 MGP analysis of soil Oribatid community under different fertilization

处理 Treatments	M 群/% M group		G 群/% G group		P 群/% P group		MGP 分析 MGP analysis	
	个体数 Individual number	属数 Genus number	个体数 Individual number	属数 Genus number	个体数 Individual number	属数 Genus number	MGP I	MGP II
化肥 CF	3.61	45.45	38.92	27.27	57.47	27.27	O	P
化肥 + 有机肥 CMF	3.87	45.45	75.17	27.27	20.96	27.27	O	G
无肥 NF	3.74	50.00	58.41	30.00	37.85	20.00	O	G

3 讨论

土壤甲螨的多样性变化可以反映出不同生态系统生态环境的优劣,例如土壤环境优越的森林生态系统中土壤螨类的多样性显著高于土壤环境相对恶劣的农田生态系统<sup>[31-32]</sup>。基于农田生态系统展开对土壤甲螨群落特征及多样性研究结果表明,化肥配施有机肥处理中土壤甲螨个体数、属数、多样性指数以及丰富度指数均高于化肥处理和无肥处理,其中个体数差异显著,说明化肥配施有机肥可以改善土壤环境,化肥配施有机肥施肥方式下土壤甲螨垂直分布具有明显的表聚特征,而化肥和无肥处理中土壤甲螨的垂直分布不具有表聚特征。研究土壤甲螨群落特征和多样性的变化说明,施用有机肥有利于土壤动物的生存和繁殖,在农田生态系统生态环境保护中起到重要作用。

土壤甲螨的 MGP 分析不但能够反映人类干扰对甲螨群落结构的影响,而且人类活动干扰造成的甲螨群落结构的差异在 MGP 分析中也有清楚的反映。该研究中对甲螨群落结构 MGP 分析 I 结果表明,单独施用化肥的农田生态系统中甲螨的群落结构类型为 P 型,即高等甲螨所占比例最大,而不施肥和化肥配施有机肥的农田生态系统中甲螨的群落结构类型为 G 型,中等甲螨类群占的比例最大。3 种不同施肥方式中无肥和化肥处理中土壤甲螨群落结构相似性差,分析可能的原因是化肥的施用使土壤环境恶化,一些土壤甲螨的数量减少,因此,施用化肥不利于土壤甲螨的生存。反之,减少化肥用量且配施有机肥料使土壤生态环境得到了较好的改善,土壤甲螨垂直分布也与自然生态系统接近具有表聚特征。

## 4 结论

施肥方式可以影响甲螨的数量及其在土壤中的垂直分布。肥料的施入对土壤甲螨群落结构的数量组成影响较为明显而对土壤甲螨的类群组成无影响。有机肥的施入使土壤甲螨的多样性和丰富度显著优于其他 2 种施肥方式,有机肥的使用可以明显改善土壤环境,可以更好的保护土壤生态系统生态环境,为土壤甲螨提供相对优越的生存环境。

致谢:感谢中国科学院海伦农田生态试验站提供试验条件,感谢试验站赵权在取样中给予的大力协助。

### 参考文献:

- [1] Carrillo Y, Ball B A, Bradford M A *et al.* Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2011, 43 (7): 1440 - 1449.
- [2] 王健,李朝品,张超,等. 土壤中甲螨孳生与铬污染相关性研究[J]. *中国微生物学杂志*, 2002, 14(4): 211 - 213.
- [3] 李朝品,王健,朱玉霞,等. 土壤中甲螨孳生与铅污染相关性研究[J]. *安徽大学学报: 自然科学版*, 2007, 31(2): 87 - 90.
- [4] 解爱华,付荣恕. 秸秆焚烧对农田土壤甲螨群落结构的影响[J]. *济宁师范专科学校学报*, 2006, 27(3): 13 - 15.
- [5] 吴东辉,尹文英,陈鹏. 刈割条件下松嫩平原碱化羊草草地土壤螨类群落变化特征的研究[J]. *土壤学报*, 2008, 45(5): 1007 - 1014.
- [6] 程仕伟,傅荣恕,张蓬军. 辛硫磷毒性及对刺巴西甲螨 (*Brasilobates spinosus* Fujita) 数量动态的影响[J]. *山东师范大学学报: 自然科学版*, 2004, 19(2): 92 - 95.
- [7] Cecilia R, Petra F, Tryggve P. Population responses of oribatids and enchytraeids to ectomycorrhizal and saprotrophic fungi in plant-soil microcosms [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2010, 42(4): 163 - 174.
- [8] 田晔,李朝品,张明旭. 甲螨在土壤重金属有效性评估中的应用价值[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(33): 18805 - 18806.
- [9] Cortet, Gomot-De Vauflery A, Poinso-Balaguer N *et al.* The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant affects Utilisation de la faune invert br e du sol comme bio-indicateur des effets des polluants [J]. *European Journal of Soil Biology*, 1999, 35(30): 115 - 134.
- [10] Ulrich Irmner. Long-term fluctuation of the soil fauna (Collembola and Oribatida) at groundwater-near sites in an alder wood [J]. *Pedobiologia*, 2004, 48(4): 349 - 363.
- [11] 张薇,宋玉芳,孙铁,等. 土壤线虫对环境污染的指示作用[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(10): 1973 - 1978.
- [12] 郇红建,蒋新,魏俊岭,等. 蚯蚓对污染物的生物富集与环境指示作用[J]. *农业资源与环境科学*, 2006, 22(11): 360 - 363.
- [13] 张宁,廖燕,孙振钧,等. 蚯蚓种群特征及其对土壤肥力指示作用研究[J]. *土壤通报*, 2011, 42(6): 1434 - 1438.
- [14] 王勇,王海军,赵伟华,等. 黄河干流浮游植物群落特征及其对水质的指示作用[J]. *湖泊科学*, 2010, 22(5): 700 - 707.
- [15] 龚春梅,白娟,梁宗锁. 植物功能性状对全球气候变化的指示作用研究进展[J]. *西北植物学报*, 2011, 21(11): 2355 - 2363.
- [16] 刘冬,吴东辉,陈军. 中国元三甲螨科一新记录属及一新记录种(蜱螨亚纲:甲螨亚目:真卷甲螨总科)[J]. *昆虫分类学报*, 2011, 33(1): 77 - 80.
- [17] 刘冬,吴东辉,陈军. 中国元三甲螨属六新记录种(甲螨亚目,元三甲螨科)[J]. *昆虫分类学报*, 2011, 33(1): 205 - 211.
- [18] 戴轩. 贵州东部地区茶园土壤甲螨种类调查研究[J]. *贵州茶叶*, 2006, 4: 16 - 18, 26.
- [19] 付颖,郭建军. 黄河三角洲贝壳堤岛土壤甲螨群落种类组成及区系分析[J]. *贵州农业科学*, 2011, 39(1): 122 - 125.
- [20] 刘高峰,杨茂发. 梵净山自然保护区土壤甲螨群落结构与多样性[J]. *山地农业生物学报*, 2003, 22(1): 27 - 33.
- [21] 刘高峰,杨茂发. 梵净山土壤甲螨群落结构与多样性调查[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(1): 142 - 144, 197.
- [22] 张燕,金道超. 赤水桫欏自然保护区土壤甲螨多样性的初步研究[J]. *蛛形学报*, 2008, 17(1): 21 - 24.
- [23] 乔云发,苗淑杰,韩晓增. 长期施肥条件下黑土有机碳和氮的动态变化[J]. *土壤通报*, 2008, 39(3): 545 - 548.
- [24] 李凯,窦森,韩晓增,等. 长期施肥对黑土团聚体中腐殖物质组成的影响[J]. *土壤学报*, 2010, 47(3): 579 - 583.
- [25] 邹文秀,韩晓增,王守宇,等. 长期施肥对大豆地土壤蒸发和水分利用效率的影响[J]. *大豆科学*, 2009, 28(3): 487 - 494.
- [26] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [27] 吴东辉,张柏,卜照义,等. 长春市不同土地利用生境土壤螨类群落结构特征[J]. *生态学报*, 2006, 26(1): 16 - 25.
- [28] 谢桂林,傅荣恕,刘建丽,等. 菏泽牡丹园土壤甲螨群落特点研究[J]. *生态学报*, 2004, 24(4): 693 - 699.
- [29] 彭娜,王开峰,谢小立,等. 长期有机无机肥配施对稻田土壤基本理化性状的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2009, 2: 6 - 10.
- [30] 梁尧,韩晓增,宋春,等. 不同有机物料还田对东北黑土活性有机碳的影响[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(17): 3565 - 3574.
- [31] 李淑梅,乔传英,樊淑华. SDBS 污染对土壤动物群落结构的影响[J]. *河南农业科学*, 2009(8): 70 - 74.
- [32] 黄丽荣,张雪萍. 大兴安岭北部森林生态系统土壤动物组成与多样性分析[J]. *土壤通报*, 2008, 39(3): 502 - 508.