

# The Dynamic Characteristics of Soil Macrofauna in *Chloris virgata* Habitat in Songnen Grassland\*

Lina Sun<sup>1</sup>, Xiuqin Yin<sup>1,2#</sup>, Zhenhai Wang<sup>1</sup>, Yu Shan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun  
<sup>2</sup>Key Laboratory of Conservation and Utilization of Animal Resources in Jilin Province, Changchun  
Email: {sunln186, #yinxq773}@nenu.edu.cn

Received: Apr. 28th, 2012; revised: May 14th, 2012; accepted: May 22nd, 2012

**Abstract:** Soil fauna play an important role in terrestrial ecosystems, in order to investigate the diversity of soil macrofauna in *Chloris virgata* habitat in Songnen grassland, investigations were conducted in the western of Jilin Province in May, July and September 2006. A total of 427 individuals, belonging to 2 phylas, 4 classes, 9 orders and 22 families, were obtained. There were no significant differences both in groups and individuals among 3 dominant groups, which were Curculionidae larvae, Carabidae and Araneida. Soil macrofauna was decreasing obviously with the depth of soil layers, and that there were significant differences among layers and months. The seasonal variations of the diversity indices of soil macrofauna were not significant. In these diversity indices, Shannon-Wiener diversity index, Margalef richness index, Simpson dominance index were highest in September, however Pielou evenness index was higher in July.

**Keywords:** Soil Macrofauna; Diversity; Easonal Variation; *Chloris virgata* Habitat; Songnen Grassland

## 松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物动态特征\*

孙立娜<sup>1</sup>, 殷秀琴<sup>1,2#</sup>, 王振海<sup>1</sup>, 单 昱<sup>1</sup>

<sup>1</sup>东北师范大学城市与环境科学学院, 长春  
<sup>2</sup>吉林省动物资源保护与利用重点实验室, 长春  
Email: {sunln186, #yinxq773}@nenu.edu.cn

收稿日期: 2012年4月28日; 修回日期: 2012年5月14日; 录用日期: 2012年5月22日

**摘 要:** 大型土壤动物是陆地生态系统中的重要组成部分, 为探讨松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物组成及多样性动态特征, 于2006年5月、7月和9月进行了调查研究, 共获得大型土壤动物427只, 隶属2门4纲9目22科, 优势类群共3类, 为象甲科幼虫、步甲科和蜘蛛目, 类群数与个体数在各月份间无显著差异。大型土壤动物在垂直分布上具有明显的表聚性, 各层与各月间均存在显著差异。大型土壤动物的多样性指数随季节变化不大, 其中9月份多样性指数、丰富度指数、优势度指数最大, 7月份均匀性指数达到最大值。

**关键词:** 大型土壤动物; 多样性; 季节性变化; 虎尾草生境; 松嫩草原

### 1. 引言

松嫩草原地处温带, 草甸草原是松嫩草原的主要类型, 其气候特点和碱性土壤基质决定了羊草群落成

为该草甸草原的顶极群落<sup>[1-3]</sup>。但是由于人为活动及气候条件的影响, 羊草群落开始逐渐退化, 有的地段逐步演替为虎尾草群落等。

土壤动物是土壤生态系统中不可分割的组成部分, 在分解植物残体、改变土壤理化性质、土壤形成

\*基金项目: 国家自然科学基金项目(40871120)。

#通讯作者。

与发育、土壤物质迁移与能量转化等方面有重要的作用<sup>[4]</sup>,对生态系统功能和稳定性具有重要的意义<sup>[5,6]</sup>。土壤动物是草地生态系统中的重要组成部分,担负着分解动植物残体、牲畜粪便、分解转化有机质、转移矿物质的重要作用,在生态系统中的能量转化和物质循环都起着重要的作用<sup>[7-9]</sup>。目前,土壤动物研究是国内生态学研究领域的热点问题之一,但对森林生态系统土壤动物的研究较为深入,而对草原生态系统的研究还不够全面。因此,研究其区系组成和多样性特征具有重要意义。

本文对松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物的群落组成及多样性动态特征进行研究,可为草原退化生态系统的恢复、生物多样性的保护及可持续发展提供科学依据。

## 2. 自然环境概况

松嫩草原位于吉林省西部,地理坐标为东经123°44'~123°47',北纬44°40'~44°44'。本文研究区位于松嫩草原南部,吉林省长岭腰井子羊草草甸自然保护区,东北师范大学松嫩草地生态研究站。

松嫩草原地貌属低平原,该区属于温带亚湿润季风气候,气候干燥,蒸发量大,春季干旱,夏季降水集中,加上土壤渗透性差,导致内涝时有发生,水灾和旱灾造成草原生产力年际波动较大,甚至引起大面积植物群落的演替。研究区的景观植被是羊草群落,破坏后的植被具有典型的恢复演替序列:首先恢复演替的初级阶段为碱蓬群落;随着演替的不断推进,形成虎尾草群落<sup>[10]</sup>,虎尾草群落外貌见图1。



Figure 1. The landscape of *Chloris virgata* community in Songnen grassland  
图1. 松嫩草原虎尾草群落外貌

## 3. 研究方法

### 3.1. 土壤动物收集与鉴定

于2006年5月、7月和9月对松嫩草原虎尾草生境进行大型土壤动物的调查取样,样地面积为50 cm × 50 cm,设置4个重复,每个重复取3层(0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm土层),土壤动物在野外采用手捡法,保存在75%酒精溶液中。室内主要依据《昆虫学》<sup>[11]</sup>等书在显微镜下进行鉴定。

### 3.2. 统计分析方法

大型土壤动物群落的多样性指数,采用如下公式计算:

Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ ):

$$H' = -\sum_{i=1}^s n_i/N \times \ln(n_i/N) \quad (1)$$

式中:  $n_i$  为第  $i$  个类群的个体数,  $N$  为群落中所有类群的个体总数。

Pielou 均匀度指数( $e$ ):

$$e = H'/\ln S \quad (2)$$

式中  $S$  为类群个数。

Simpson 优势度指数( $C$ ):

$$C = \sum (N_i/N)^2 \quad (3)$$

式中:  $N_i$  为第  $i$  个类群的个体数,  $N$  为群落中所有类群的个体总数。

Margalef 丰富度指数( $D$ ):

$$D = S - 1/\ln N \quad (4)$$

公式中:  $D$  为丰富度指数,  $S$  为类群个数,  $N$  为群落中所有类群的个体总数。

Jaccard 群落相似性指数( $q$ ):

$$q = c/(a+b-c) \quad (5)$$

式中,  $q$  为 Jaccard 群落相似性指数,  $a$ 、 $b$  为 A、B 样地的类群数,  $c$  为 A、B 样地共有的类群数。相似性指数  $q$  在 0.75~1.0 之间,表示两群落极相似;  $q$  在 0.5~0.75 之间表示中等相似;  $q$  在 0.25~0.5 之间,表示中等不相似;  $q$  在 0~0.25 之间,表示极不相似。

采用 SPSS17.0 统计软件分别进行单因素方差(ANOVA)及多重比较分析。数据统计及处理用

EXCEL2003。

## 4. 结果与分析

### 4.1. 土壤动物群落组成特征

通过 2006 年 5 月、7 月和 9 月对虎尾草生境的调查, 共获得大型土壤动物 427 只, 隶属 2 门 4 纲 9 目 22 科(如表 1)。其中优势类群(个体数占 10%以上)3 类: 象甲科幼虫、步甲科和蜘蛛目, 合计占总个体数的 54.57%。常见类群共 10 类占总个体数的 40.05%。稀

有类群 17 类占总个体数的 5.39%。从中可以看出优势类群占总个数的比例大, 但是类群种类较少, 而常见类群和稀有类群虽然占总个体数比较少, 但是类群种类却较多。表 1 可看出, 5 月、7 月和 9 月大型土壤动物的优势类群并不相同, 5 月大型土壤动物优势类群为象甲科幼虫、步甲科和蜘蛛目; 7 月大型土壤动物优势类群为象甲科幼虫、步甲科、步甲科幼虫和鼠妇科; 9 月大型土壤动物优势类群为步甲科、蜘蛛目和鼠妇科。

Table 1. Composition of soil macrofauna at *Chloris virgata* community in Songnen grassland  
表 1. 松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物群落特征

土壤动物名称	5 月		7 月		9 月		合计	
	密度 Ind	多度 Abundance	密度 Ind	多度 Abundance	密度 Ind	多度 Abundance	密度 Ind	多度 Abundance
象甲科幼虫 Curculionidae	22	+++	76	+++	3	++	101	+++
步甲科 Carabidae	28	+++	42	+++	10	+++	80	+++
蜘蛛目 Araneae	32	+++	9	++	11	+++	52	+++
鼠妇科 Porcellionidae	0	-	24	+++	13	+++	37	++
步甲科幼虫 Carabidae	6	++	24	+++	6	++	36	++
赤蛎科 Erythraeidae	7	++	6	++	5	++	18	++
蚁科 Formicidae	7	++	5	++	5	++	17	++
双翅目幼虫 Diptera	13	++	2	+	2	++	17	++
隐翅虫科 Staphylinidae	8	++	9	++			17	++
蝼蛄科 Gryllotalpidae	0		5	++	5	++	10	++
蚱总科 Tetrigoidea	5	++	2	+	2	++	9	++
象甲科 Curculionidae	4	++			1	++	5	++
拟步甲科 Tenebrionidae	1	+	4	++			5	++
地蜈蚣目 Geophilomorpha	0		3	++			3	+
花萤科 Cantharidae	2	++					2	+
姬蜂科 Nabidae	2	++					2	+
萤总科 Lampyridae	2	++					2	+
蠓科 Geratopogonidae	2	++					2	+
虹蛹螺科 Pupillidae	0		1	+			1	+
鳞翅目幼虫 Lepidoptera	0		1	+			1	+
腹足纲 Gastropoda	0		1	+			1	+
瓢甲科 Coccinellidae	1	+					1	+
出尾蕈甲科 Scaphidiidae	0				1	++	1	+
小蜂总科 Chalcidoidea	1	+					1	+
猎蝽科 Reduviidae	0		1	+			1	+
舟蛾科幼虫 Notodontidae	0		1	+			1	+
长角象甲科 Anthribidae	0				1	++	1	+
尾薹马总科 Urothripidea	0				1	++	1	+
管薹马总科 Phlaeothripidae	0				1	++	1	+
花萤科幼虫 Cantharidae	0				1	++	1	+
总个体数	143		216		68		427	
总类群数	17		18		16		30	

多度等级: +++代表优势类群(个体数占总个体数 > 10%); ++代表常见类群(个体数占总个体数 1%-10%); +代表稀有类群(个体数占总个体数 1%以下)。

### 4.2. 土壤动物群落主要类群密度动态特征

虎尾草生境 3 个季度大型土壤动物的主要类群为：象甲科、象甲科幼虫、步甲科、步甲科幼虫、蜘蛛目、鼠妇科和蚁科。主要类群的密度动态见图 2，象甲科幼虫、步甲科、鼠妇科和步甲科幼虫的密度变化趋势基本一致，7 月份土壤动物密度与 5 月份相比有显著增加，9 月份土壤动物密度与 7 月份相比则显著降低。蜘蛛目、蚁科和象甲科的密度变化趋势表现为先增加再降低。群落内主要类群密度三次取样无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 4.3. 土壤动物群落垂直分布动态特征

从虎尾草生境大型土壤动物垂直分布格局可以

看出(图 3 和图 4)，除 5 月 10~20 cm 和 20~30 cm 个体数外，土壤动物类群数及个体数均表现为随着土层深度的增加而递减，与殷秀琴等<sup>[12,13]</sup>对松嫩草原南部土壤动物的组成与分布研究的结果一致，土壤动物分布具有明显的表聚性。土壤动物的垂直分布现象与土壤动物的食性和土壤环境有关。在草原地区，草本植物的根系主要分布在 0~10 cm 土层，其土壤透气性好，植物根系代谢及地表凋落物的积聚和分解使该层土壤养分含量较高，可为土壤动物提供良好的生存空间及丰富的食物资源，因此土壤动物的种类和数量均相对较多，这种规律在一般自然环境下具有其普遍性<sup>[14-17]</sup>。

不同季节土壤动物垂直分布情况具有显著差异，

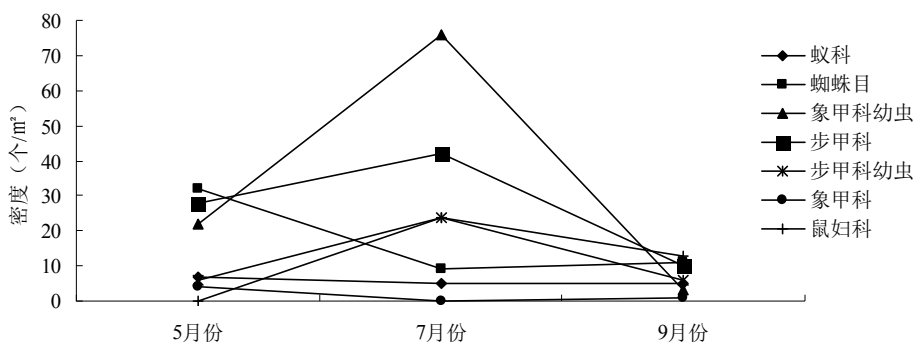


Figure 2. Main groups of soil macrofauna density dynamics  
图 2. 大型土壤动物主要类群密度动态变化

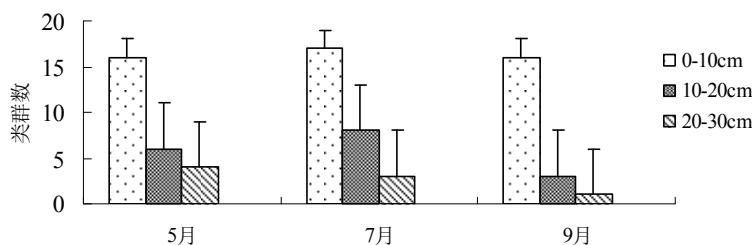


Figure 3. Groups number of vertical dynamic soil macrofauna distribution  
图 3. 大型土壤动物类群数垂直动态分布

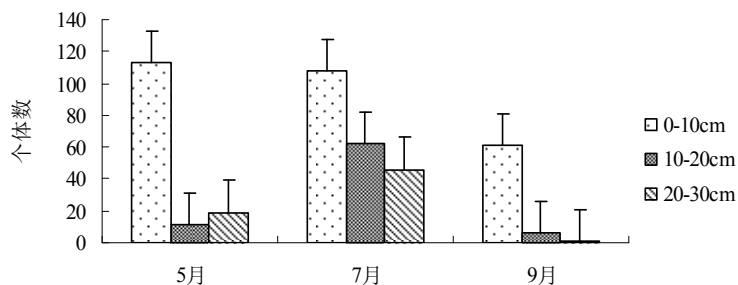


Figure 4. Individual number of vertical dynamic soil macrofauna distribution  
图 4. 大型土壤动物个体数垂直动态分布

通过方差分析可知,类群数在5月( $F = 22.939$ ,  $P < 0.01$ )、7月( $F = 36.000$ ,  $P < 0.01$ )和9月( $F = 41.895$ ,  $P < 0.01$ )均存在显著差异,而个体数仅在7月( $F = 9.332$ ,  $P < 0.01$ )有显著差异。多重比较分析显示各土层在不同季节变化有显著差异的关系,得出0~10 cm层的类群数与个体数在5月、7月和9月( $P > 0.05$ )均无显著差异;10~20 cm层类群数和个体数在7月与5月( $F = -2.000$ ,  $P < 0.05$ ;  $F = 13.750$ ,  $P < 0.05$ )、7月与9月( $F = 2.250$ ,  $P = 0.010$ ;  $F = 13.750$ ,  $P = 0.010$ )均存在显著差异,而5月与9月( $P > 0.05$ )则无显著差异。从整体状况来看,虎尾草生境大型土壤动物垂直分布上受季节变化影响较大。

#### 4.4. 土壤动物群落相似性特征

Jacard 相似性系数能反映不同生态系统之间土壤动物群落的相似程度<sup>[18]</sup>通过计算得出5月份与7月份两个时段土壤动物群落相似性指数  $q$  值为 0.40、7月份与9月份两个时段土壤动物群落相似性指数  $q$  值为 0.42、5月份与9月份两个时段土壤动物群落相似性指数  $q$  值为 0.38,3组 Jacard 相似性指数均在 0.25~0.50 之间,表明土壤动物群落组成与结构季节差异性明显,具有中等不相似性。

#### 4.5. 土壤动物群落多样性动态特征

研究表明,不同季节土壤动物个体数与类群数量季节变化存在略微差异(图5),土壤动物个体数和类群数均表现为先增加再降低的趋势,类群数变化的幅度小于个体数。不同季节虎尾草生境大型土壤动物主要类群及数量均表现差异,5月份虎尾草生境大型土壤动物主要类群为象甲科幼虫、步甲科、蜘蛛科,7月份为象甲科幼虫、步甲科、鼠妇科,9月份则为步甲科、蜘蛛目、鼠妇科。主要类群的个体数量变化与总

变化趋势一致,只有蜘蛛目从5月份~7月份减少,而从7月份~9月份增加。

统计分析表明,松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物类群数( $F = 0.750$ ,  $P = 0.500$ )各季节变化无显著性差异,土壤动物个体数5月与7月、9月之间无明显变化,7月与9月之间有着显著性差异( $P = 0.0187$ ,  $P < 0.05$ )。虎尾草生境大型土壤动物群落多样性指数没有季节性显著差异,三个月份土壤动物多样性指数为( $F = 0.101$ ,  $P = 0.906$ )、丰富度指数为( $F = 0.077$ ,  $P = 0.927$ )季节性差异不显著,而研究还表明均匀度指数只有7月与9月之间差异性显著( $F = 0.221$ ,  $P = 0.013$ )、优势度指数也只有7月与9月之间差异性显著为( $F = 0.155$ ,  $P = 0.081$ )。这种结果显示,不同季节土壤动物类群之间有变化。而类群数和个体数7月最高;多样性指数、丰富度指数和均匀度指数均为9月最高而7月最低;优势度指数为7月最高,而9月最低(图6)。

## 5. 讨论与结论

### 5.1. 讨论

松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物的群落主要类群间均无显著季节性变化,且主要类群密度变化的趋势也基本一致。象甲科幼虫、步甲科、步甲科幼虫、鼠妇科4种类群的变化趋势均是7月密度最大,而5月和9月相对较少,这可能是由于7月水热条件适宜,能够为土壤动物提供更加适宜的生存条件,因此土壤动物密度相对较高。蜘蛛目、象甲科、蚁科则表现为5月密度比7月和9月较高,虎尾草是从生型一年生禾本科牧草<sup>[19]</sup>,具有较强的耐碱性,在碱性土壤能够良好生长,单优势虎尾草群落的形成往往成为环境的指示性植物<sup>[20]</sup>,春季为植物的萌发生长期,因此蜘蛛

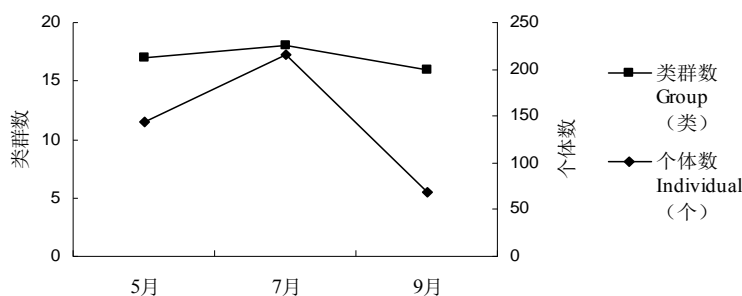


Figure 5. Groups and indivital number of soil macrofauna  
图 5. 土壤动物类群数和个体数

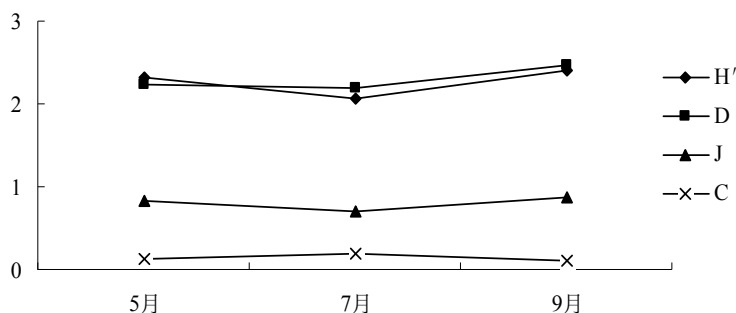


Figure 6. Characteristics of soil macrofauna diversity index  
图 6. 土壤动物多样性特征指数

目、蚁科等相对较多。

松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物个体数和类群数的垂直分布均具有表聚性，但是不同季节表聚性不同。已有研究表明不同季节土壤动物垂直分布受土壤理化性质和营养状况的影响<sup>[21]</sup>，Connell 和 Slatyer 则认为植被结构和土壤理化性质是决定土壤动物垂直分布的相对稳定性因子，而土壤温湿度的季节变化是影响垂直分布季节动态的主要因子<sup>[22]</sup>。各季节 0~10 cm 土壤，植物根系发达、土壤通透性较好，因此这一层土壤动物类群数和个体数无显著性差异，均较丰富。由于松嫩草原 7 月份降水较集中，比 5 月和 9 月湿润，因而在 10~20 cm 土壤动物个体数和类群数表现出显著差异性。

松嫩草原虎尾草生境大型土壤动物多样性研究结果与我国温带草原其它地区相比较<sup>[23]</sup>表现出一致性的规律。松嫩草原的气候特点可能是导致不一致的主要原因，加上人为的破坏与群落的演替等综合因素，使得大型土壤动物的季节性变化呈现出与其不同的特征。

## 5.2. 结论

1) 本研究共获得 30 类大型土壤动物，优势类群为象甲科幼虫、步甲科和蜘蛛目。其主要类群密度动态变化特征基本相同，均表现为先增加后降低的趋势。

2) 虎尾草生境大型土壤动物在垂直分布上均呈表聚性特征，且不同季节各土层土壤动物的类群数和个体数均表现出显著性差异。

3) 虎尾草生境大型土壤动物群落多样性指数季节存在着中等不相似，各季节间差异性显著。

本文对虎尾草生境大型土壤动物的群落特征进

行了研究，探讨了虎尾草群落大型土壤动物多样性及其动态分布特征，今后还需对虎尾草生境中小型土壤动物进行研究，以便揭示虎尾草生境土壤动物群落的整体特征及其分布规律。

## 6. 致谢

参与本研究工作的还有硕士生付关强、刘静及郑艳苗等，在此表示衷心感谢。

## 参考文献 (References)

- [1] 祝延成. 羊草生物生态学[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2004.
- [2] V. Huhta. The role of soil fauna in ecosystems: A historical review. *Pedobiologia*, 2007, 50(6): 489-495.
- [3] B. Song, X. Q. Yin, Y. Zhang and W. H. Dong. Dynamics and relationship of Ca, Mg, Fe in litter, soil fauna and soil in *Pinus koraiensis*—Broadleaf mixed forest. *Chinese Geographical Science*, 2008, 18(3): 284-290.
- [4] D. W. Freckman. Linking biodiversity and ecosystem function of soils and sediments. *Ambio*, 1997, 26(8): 556-662.
- [5] M. Hasegawa, H. Takeda. Changes in feeding attributes of four collembolan populations during the decomposition process of pine needles. *Pedobiologia*, 1995, 39(9): 155-169.
- [6] X. Q. Yin, B. Song, W. H. Dong and W. D. Xin. A review on the eco-geography of soil fauna in China. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 1(65): 91-102.
- [7] R. D. Bardgett, W. D. Bowman, R. Kaufmann and S. K. Schmidt. A temporal approach to linking aboveground and belowground ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 2005, 20(11): 634-641.
- [8] M. P. Berg, J. Bengtsson. Temporal and spatial variability in soil food web structure. *Oikos*, 2007, 116(11): 1789-1804.
- [9] X. D. Yang, J. Chen. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forest, southwestern China. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, 41(5): 910-918.
- [10] W. D. Xin, X. Q. Yin and B. Song. Contribution of soil fauna to litter decomposition in Songnen sandylands in northeastern China. *Arid Environments*, 2011, 1(77): 1-6.
- [11] 南开大学. 昆虫学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984.
- [12] 殷秀琴, 刘继亮, 高明. 小兴安岭森林生态系统中营养元素关系及土壤动物的作用[J]. *地理科学*, 2007, 27(6): 814-819.
- [13] 董满宇, 殷秀琴, 付关强等. 羊草草原植被不同演替阶段土壤鞘翅目昆虫群落特征[J]. *土壤学报*, 2011, (48): 397-404.

- [14] 黄旭, 张健, 杨万勤等. 川西亚高山林牧交错区土壤动物多样性[J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5161-5173.
- [15] 唐本安, 余中元, 陈春福等. 海南蚂蟥岭流域桉树人工林土壤动物生态地理特征[J]. 地理研究, 2010, 1(29): 118-126.
- [16] 张雪萍, 张武, 曹会聪. 大兴安岭不同冻土带土壤动物生态地理研究[J]. 土壤学报, 2006, 6(43): 996-2003.
- [17] 林英华, 黄庆海, 刘骅等. 长期耕作与长期定位施肥对农田土壤动物群落多样性的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2261-2269.
- [18] 刘新民, 关宏斌, 刘永江等. 科尔沁沙质放牧草地土壤动物多样性特征研究[J]. 中国沙漠, 2000, 20(增刊): 29-32.
- [19] 伍磊, 严林, 周青平. 青海三江源鞘翅目、弹尾目土壤动物群落多样性分析[J]. 草业科学, 2010, 27(5): 45-49.
- [20] 宋长春, 何岩, 邓伟等. 松嫩平原盐渍土壤生态地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1-206.
- [21] F. C. Dong, Z. D. Jin, Q. L. Wang, et al. Cooccurrence of soil fauna communities with changes in altitude on the northern slope of Changbai Mountain. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(10): 1723-1728.
- [22] J. H. Connell, R. O. Slatyer. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. The American Naturalist, 1977, 111(982): 1119-1144.
- [23] 刘新民, 关宏斌, 刘永江. 科尔沁沙质放牧草地土壤动物多样性特征研究[J]. 中国沙漠, 2000, 20(S1): 29-30.