

吉林省黑土区农业生境大型土壤节肢动物群落组成与生态分布

吴东辉^{1,2}, 张柏², 陈鹏³

(¹吉林大学地球科学学院, 长春 130061; ²中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; ³东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024)

摘要: 【目的】了解土地利用差异对大型土壤节肢动物群落特征的影响。【方法】选取吉林省中部黑土区农田、居民点园地和“三北”防护林等典型农业土地利用生境作为研究样地, 于2003年7月和9月分别进行大型土壤节肢动物调查, 研究大型土壤节肢动物的群落组成与生态分布。【结果】研究区共捕获大型土壤节肢动物2357只, 分别隶属于节肢动物门5纲9目70科。【结论】不同农业土地利用生境大型土壤节肢动物群落个体数量和类群数差异显著; 农业生产活动促使大型土壤节肢动物向土壤下层移动, 其中7月下移最为明显; 此外, 不同类群大型土壤节肢动物对土地利用变化响应存在一定差异。

关键词: 大型土壤节肢动物; 黑土; 农业土地利用; 吉林省

Community Composition and Distribution of Soil Macro-Arthropods Under Agricultural Environment in the Black Soil Region of Jilin Province

WU Dong-hui^{1,2}, ZHANG Bai², CHEN Peng³

(¹College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061; ²Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012; ³School of Urban and Environment, Northeast Normal University, Changchun 130024)

Abstract: 【Objective】In order to learn the effects of land-use on macro-arthropods community. 【Method】The soil macro-arthropods in the black soil region in Jilin Province were investigated with the emphasis laid on the species richness and abundance in relation to the types of land-use i.e. farmland, farm garden and Three-North Forest Shelterbelt. The soil macro-arthropods were hand-sorted in the field. 【Result】A total of 2357 soil macro-arthropods individuals was captured and fell into 5 classes, 9 orders and 70 families. 【Conclusion】The results suggest that the types of land use affect the species richness and abundance, and human activity has a significant impact on the soil macro-arthropods community. The agricultural activities change their vertical distributions in the soil profile, and improve the richness and abundance of macro-arthropods in the lower soil stratum especially in July. The results also show that different soil macro-arthropods are sensitive to changes of land use.

Key words: Soil macro-arthropods; Black soil; Agricultural land use; Jilin Province

0 引言

【本研究的重要意义】由于大型土壤节肢动物在各类土壤中普遍存在, 类群和数量丰富, 群落生物多样性高, 大型土壤节肢动物作为评价土壤质量变化的敏感性指示生物受到重视^[1, 2]。【前人研究进展】近年

来, 国外学者加强了农业生产活动对大型土壤节肢动物群落动态变化影响的研究^[3-5]。中国从20世纪80年代开始土壤动物生态学方面的研究^[6], 但有关农业土地利用与大型土壤节肢动物群落动态变化关系方面的研究报道一直不多^[7-10]。【本研究切入点】吉林省中部黑土区土壤肥沃, 是中国重要的农业生产基地,

收稿日期: 2005-07-24; 接受日期: 2005-10-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-19)和吉林大学创新基金(4CX105)资助

作者简介: 吴东辉(1971-), 男, 黑龙江望奎人, 博士, 研究方向为土壤动物生态学。Tel: 0431-7623736; E-mail: wudhyang@yahoo.com.cn

近年来由于人为过度的垦殖,黑土区土壤生态环境日益恶化,黑土肥力不断下降^[11,12]。【拟解决的关键问题】本文通过对吉林省中部黑土区大型土壤节肢动物群落特征进行调查,研究不同农业生态环境大型土壤节肢动物的组成与生态分布,旨在了解大型土壤节肢动物与农业生态系统生态过程之间的关系,为保护大型土壤节肢动物多样性和合理利用土壤动物资源,促进黑土区土壤生态系统健康发展,提高土壤生物肥力提供科学依据。

1 材料与方 法

研究区位于吉林省中部黑土区,年平均降水量在 450~650 mm 之间,降水主要集中在 6~9 月份,原生植被为森林草原。研究样地设在扶余市、德惠市、长春市和公主岭市,选择典型农业土地利用生境:农田、居民点园地和“三北”防护林进行大型土壤节肢动物调查取样。采样时间为 2003 年 7 月和 9 月,每月设样地 12 个,每个样地随机取 4 个样方,每个样方面

积 50 cm×50 cm,耕作土层分 0~5、5~10、10~15 cm 3 层,野外手拣法分离提取动物^[13]。标本依据文献^[14]在显微镜下分析鉴定,一般鉴定到科,部分鉴定到属,同时统计个体数量。其中昆虫成虫与幼虫的生态功能不同,其类群与个体数分开统计。

2 结果与分析

2.1 大型土壤节肢动物组成

本研究 2 次共捕获大型土壤节肢动物 2 537 只,分别隶属于节肢动物门 5 纲 9 目 70 科(表 1)。优势类群为草蚁属(*Lasius*)和路舍蚁属(*Tetramorium*),共占总捕获个体数量的 50.57%;常见类群为蚁属(*Formica*)、步甲科(*Carabidae*)和金龟甲科(*Scarabaeidae*)幼虫等 11 类,共占个体数 37.37%;稀有类群包括膜蝽属(*Hebrus*)、弓背蚁属(*Camponotus*)和舞虻科(*Empididae*)幼虫等 66 类,共占个体数 12.06%。

表 1 不同农业土地利用生境大型土壤节肢动物组成

Table 1 Compositions of soil macro-arthropods in different agro-habitats

土壤动物 Soil animals	防护林 Forest shelterbelt	居民点园地 Farmyard	农田 Farmland	
	个体数 Individuals		优势度 Abundance	个体数 Individuals
草蚁属 <i>Lasius</i>	270	222	266	+++
路舍蚁属 <i>Tetramorium</i>	205	146	174	+++
蚁属 <i>Formica</i>	173	54	24	++
步甲科 <i>Carabidae</i>	79	54	27	++
拟球甲科幼虫 <i>Corylophidae</i> (larvae)	68			
大蚊科幼虫 <i>Tipulidae</i> (larvae)	56			
步甲科幼虫 <i>Carabidae</i> (larvae)	55	18	11	++
金龟甲科幼虫 <i>Scarabaeidae</i> (larvae)	29	49	51	++
膜蝽属 <i>Hebrus</i>	18		3	+
弓背蚁属 <i>Camponotus</i>	18		3	+
石蜈蚣目 <i>Lithomorpha</i>	11	15	9	++
金龟甲科 <i>Scarabaeidae</i>	11	1		
剑虻科幼虫 <i>Therevidae</i> (larvae)	10		7	+
平腹蛛科 <i>Gnaphosidae</i>	9	13	13	++
瓢甲科 <i>Goccinellidae</i>	9	10	7	+
隐翅甲科 <i>Staphylinidae</i>	8	33	14	++
象甲科幼虫 <i>Curculionidae</i> (larvae)	8		2	+
薪甲科 <i>Lathridiidae</i>	7		4	+
粗股粪蚊科幼虫 <i>Hyperoscelididae</i> (larvae)	7			
地蜈蚣属 <i>Geophilus</i>	6	34	11	++
舞虻科幼虫 <i>Empididae</i> (larvae)	6	5	7	+
逍遥蛛科 <i>Philodromidae</i>	6	7	2	+
盘甲科 <i>Discodromidae</i>	6	1	5	+
蝙蝠蛾属幼虫 <i>Hepialus</i> (larvae)	5			
巨蟹蛛科 <i>Heteropodidae</i>	4	1	5	+
蟹蛛科 <i>Thomisidae</i>	4	1	4	+
露尾甲科 <i>Nitidulidae</i>	3	1	2	+
虻科幼虫 <i>Tabanidae</i> (larvae)	3		2	+
切根虫属幼虫 <i>Euxoa</i> (larvae)	2		9	++

续表 1 Continue Table 1

土壤动物 Soil animals	防护林 Forest shelterbelt		居民点园地 Farmyard		农田 Farmland	
	个体数 Individuals	优势度 Abundance	个体数 Individuals	优势度 Abundance	个体数 Individuals	优势度 Abundance
拟平腹蛛科 Zadariidae	2	+	1	+	3	+
球蛛科 Theridiidae	2	+	1	+	1	+
粪金龟科 Geotrupidae	2	+	2	+		
尖眼蕈蚊科幼虫 Sciaridae (larvae)	2	+			1	+
狂蚁属 <i>Zelotes</i>	2	+				
禾草螟蛾属幼虫 <i>Chilo</i> (larvae)	2	+				
地蛛属 <i>Atypus</i>	2	+				
蚁甲科 Pselaphidae	1	+	9	++	2	+
隐翅甲科幼虫 Staphylinidae (larvae)	1	+	4	+	1	+
小蕈甲科 Mycetophagidae	1	+	1	+		
蕈蚊科幼虫 Mycetophilidae (larvae)	1	+			1	+
锹甲科 Lucanidae	1	+	1			
郭公虫科幼虫 Cleridae (larvae)	1	+			1	+
丽金龟科 Butelidae	1	+	1	+		
伟铗八属 <i>Atlasjapyx</i>	1	+	1	+		
硬肢马陆属 <i>Skleroprotopus</i>	1	+				
苔甲科 Scydmaenidae	1	+				
蝇科幼虫 Muscidae (larvae)	1	+				
光螯蛛科 Liocranidae	1	+				
七纺蛛属 <i>Heptathela</i>	1	+				
长足虹科幼虫 Dolichopodidae (larvae)	1	+				
突喉长蝽属 <i>Diniella</i>	1	+				
豆粉蝶属幼虫 <i>Colias</i> (larvae)	1	+				
近管蛛科 Anyphaenidae	1	+				
伪大蚊科幼虫 Anisopodidae (larvae)	1	+				
叉胸花蝽属 <i>Amphiareus</i>	1	+				
叶甲科幼虫 Chrysomelidae (larvae)			4	+	6	+
花萤科幼虫 Cantharidae (larvae)			1	+	4	+
动螯属 <i>Kinesis</i>					4	+
尖尾蝇科幼虫 Lonchaeidae (larvae)			1	+	3	+
圆土蝽属 <i>Byrsinus</i>					3	+
异螯属 <i>Allodahlia</i>					2	+
毛蠃科幼虫 Psychodidae (larvae)					2	+
蚁甲科幼虫 Pselaphidae (larvae)			1	+	1	+
逸蛛科 Zoropsidae					1	+
宽蝽属 <i>Velia</i>					1	+
球体蛛科 Theridiosomatidae					1	+
红蝽科 Pyrrhocoridae					1	+
鳞蟋科 Mogoplistidae					1	+
叶蝇科幼虫 Milichiidae (larvae)					1	+
姬马陆科 Julidae					1	+
大蕈甲科 Erotylidae					1	+
叩甲科幼虫 Elateridae (larvae)					1	+
领土蝽属 <i>Chilocoris</i>					1	+
丽蝇科幼虫 Calliphoridae (larvae)					1	+
毛蕈甲科 Biphyllidae					1	+
花大蚕蛾属幼虫 <i>Antheraea</i> (larvae)					1	+
肖蛛科 Tetragnathidae			2	+		
鼠妇虫属 <i>Porcellio</i>			2	+		
拟步甲科 Tenebrionidae			1	+		
合计 Total			698		710	

+++为优势类群, 个体数占总捕获量的 10%以上; ++为常见类群, 个体数占总捕获量的 1%~10%; +为稀有类群, 个体数占总捕获量的 1%以下^[15]
 +++: Dominant group, individuals number is more than 10% of total individuals number; ++: Frequent group, individuals number is between 10% and 1% of total individuals number; +: Rare group, individuals number is less than 1% of total individuals number^[15]

防护林共获得 55 类 1 129 只, 优势类群为草蚁属、路舍蚁属和蚁属, 共占防护林总个体数的 57.40%; 常见类群为步甲科、金龟甲科幼虫和步甲科幼虫等 7 类, 共占个体数 28.61%; 稀有类群类群为隐翅甲科 (Staphylinidae)、地蜈蚣属 (*Geophilus*) 和平腹蛛科 (Gnaphosidae) 等 45 类, 共占个体数 13.99%。居民点园地共获大型土壤节肢动物 34 类 698 只, 优势类群为草蚁属和路舍蚁属, 共占居民点园地个体数 52.72%; 常见类群为蚁属、步甲科和金龟甲科幼虫等 11 类, 共占个体数 42.41%; 稀有类群类群共 21 类, 共占个体数 4.87%。玉米田共获大型土壤节肢动物 52 类 710 只, 优势类群为草蚁属和路舍蚁属, 共占玉米田总个体数的 61.97%; 常见类群为蚁属、步甲科和金

龟甲科幼虫等 9 类, 共占个体数 23.80%; 稀有类群类群共 41 类, 共占个体数 14.23%。

2.2 大型土壤节肢动物群落个体密度和类群数垂直变化

各生境大型土壤节肢动物个体密度和类群数均是 0~5 cm 土层最多, 总体上随土壤深度的增加而递减 (表 2)。生境间相比, 居民点园地节肢动物群数和个体密度土层间相差不大, 变化比较均匀; 玉米田节肢动物类群数和个体密度具有一定的表聚性; 而受农业生产活动影响较小的防护林, 大型土壤节肢动物生态分布呈现出强烈的表聚性, 无论是动物类群数还是个体数由表层向深层递减幅度都大于农田生境。

表 2 不同生境大型土壤节肢动物垂直生态分布

Table 2 Distributions of soil macro-arthropods in the soil profile in different habitats

生境 Habitats	7 月 July						9 月 September					
	0~5 cm		5~10 cm		10~15 cm		0~5 cm		5~10 cm		10~15 cm	
	G	I	G	I	G	I	G	I	G	I	G	I
ZFS	35	101	20	51	18	28	34	58	21	29	18	16
ZFY	16	43	16	40	11	35	23	29	16	16	14	12
ZFL	24	40	19	30	15	16	32	48	22	30	15	15

ZFS: “三北”防护林; ZFY: 居民点园地; ZFL: 农田。G: 类群数; I: 个体密度(只/m²)。下同

ZFS: Three-North Forest Shelterbelt; ZFY: Farmyard; ZFL: Farmland. G: Group numbers; I: Individual density (ind./m²). The same as below

2.3 不同生境大型土壤节肢动物群落个体密度及类群数

2.3.1 个体密度对比 大型土壤节肢动物群落个体密度比较, 7 月: 防护林>居民点园地>农田, 9 月: 防护林>农田>居民点园地, 防护林生境动物群落个体

密度整体高于受耕作活动影响的农田和居民点园地 (图-A)。月份间比较, 防护林和居民点园地个体密度 9 月有所下降, 而且下降幅度都很大, 其中防护林下降 43.35%, 居民点园地下降 45.76%, 农田动物个体密度 9 月有所升高, 但升幅不大, 仅为 16.28%。

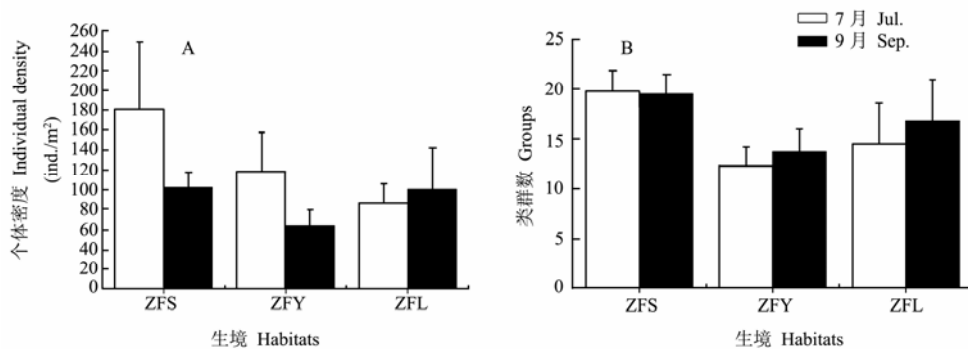


图 不同生境大型土壤节肢动物群落个体密度和类群数量

Fig. Individual density and group numbers of soil macro-arthropods in different habitats

2.3.2 类群数对比 大型土壤节肢动物群落类群数生境间变化, 7月: 防护林>农田>居民点园地, 9月: 防护林>居民点园地>农田, 防护林生境动物群落类群数整体高于受耕作活动影响的农田和居民点园地(图-B)。月份间比较, 防护林类群数9月有所下降, 居民点园地和农田动物类群数9月均有所升高, 但升降幅度都不显著。

2.4 土地利用变化对草蚁属、路舍蚁属、蚁属、步甲类和金龟甲科幼虫个体数量的影响

研究区草蚁属、路舍蚁属、蚁属、步甲科、步甲科幼虫和金龟甲科幼虫个体数量存在生境间差异和月份变化(表3)。7月路舍蚁属、蚁属、步甲科和步甲

科幼虫4个类群个体数量表现为, 防护林>居民点园地>农田, 金龟甲科幼虫个体数量居民点园地>农田>防护林, 草蚁属个体数量防护林=居民点园地>农田; 除玉米田草蚁属和路舍蚁属9月个体数量明显高于7月外, 其它生境其它类群9月个体数量都有不同程度下降, 生境间类群个体数量相比, 草蚁属为农田>防护林>居民点园地, 路舍蚁属农田>居民点园地>防护林, 蚁属和步甲科幼虫防护林个体数量分别是居民点园地和农田生境相应类群的个体数量之和, 步甲科个体数量为居民点园地和防护林相似, 农田最小, 金龟甲科幼虫个体数量为农田大于防护林和居民点园地两个生境个体数量之和。

表3 不同生境草蚁属、路舍蚁属、蚁属、步甲类和金龟甲科幼虫个体数量月份变化

Table 3 Seasonal changes of individual numbers of *Lasius*, *Tetramorium*, *Formica*, *Carabidae*, *Carabidae* (larvae) and *Scarabaeidae* (larvae) in different habitats

土壤动物 Soil animals	防护林 Forest shelterbelt		居民点园地 Farmyard		农田 Farmland	
	7月 July	9月 Sep.	7月 July	9月 Sep.	7月 July	9月 Sep.
草蚁属 <i>Lasius</i>	171	99	171	51	112	154
路舍蚁属 <i>Tetramorium</i>	163	42	92	54	19	155
蚁属 <i>Formica</i>	166	7	50	4	22	2
步甲科 <i>Carabidae</i>	50	27	28	26	15	12
步甲科幼虫 <i>Carabidae</i> (larvae)	43	12	16	2	7	4
金龟甲科幼虫 <i>Scarabaeidae</i> (larvae)	20	9	39	10	26	25

3 讨论

防护林、居民点园地和玉米田共有类群21类, 占总捕获类群数的26.58%, 主要由优势类群和常见类群组成, 共有类群个体数2207只, 占3种生境个体数量组成的86.99%, 它们是吉林省中部黑土区农业生态系统大型土壤节肢动物主体, 反映了大环境条件一致性对大型土壤节肢动物分布的影响。

农业土地利用方式不同, 大型土壤节肢动物群落类群数和个体密度生境间存在一定的差别。居民点园地和农田生境土壤动物类群数和个体密度明显偏低, 农业生产活动对大型土壤动物群落的类群数和个体密度的影响是负面的^[1, 3], 研究区农业生产活动减少了生境大型土壤动物的类群数和个体密度。尽管防护林生境存在林间放牧活动, 土壤动物群落类群数和个体密度增长受到了一定限制, 但总体上土壤动物类群数和个体密度仍然高于农田和居民点园地, 这种现象可能和防护林位于农田和居民点园地的边缘有关, 边缘效应能够增加边缘生境的动物类群数、个体密度和多样性^[7, 16, 17]。

一般情况下, 土壤动物类群数和个体数的垂直分布具有表聚性^[1, 15]。这主要受土壤的理化性质和营养状况的制约, 随着土层的加深, 土壤空隙度变小, 土壤温度下降, 土壤pH值和含盐量升高, 土壤有机质和氮随土层深度的增加而减少, 影响到深层土壤动物的个体数量和类群数的分布^[18]。然而受农业生产活动的影响, 土壤结构会发生改变, 不同土层物理状况与受影响前有很大改变^[19], 导致土壤动物在土层中的垂直分布特征发生改变, 研究区居民点园地和玉米田农业活动促进了大型土壤节肢动物沿土壤剖面向下层主体层次移动, 使土壤动物类群数和个体密度在不同土层间分布更加均匀。

不同类群大型土壤节肢动物对土地利用变化响应不同。蚁科动物在黑土区是最重要的一科大型土壤节肢动物, 捕获量占研究区总捕获个体数量的61.37%, 捕获量最多的是*Lasius*、*Tetramorium*和*Formica*, 其中*Tetramorium*在吉林省分布广泛^[20]。农田人为耕种可以破坏蚁巢, 导致农田蚂蚁分布较少, 居民点园地的活动较频繁, 也会影响蚁群生存^[21]。研究区蚁科动物对农业生产活动干扰响应明显, 但不同属间存在

差异。7 月调查表明农田和居民点园地生境的 *Tetramorium*、*Formica* 因受农业生产活动的影响个体数量明显减少, 但居民点园地减小幅度小于农田, 而居民点园地生产活动对 *Lasius* 个体数量影响不大, 说明农田生产活动对蚁科动物干扰强烈; 9 月防护林和居民点园地的 *Lasius* 和 *Tetramorium* 个体数量同时下降, 农田 *Lasius* 和 *Tetramorium* 个体数量却大幅上升, 这可能与 9 月份农田人为干扰减小有关, 但本研究农田 *Lasius* 和 *Tetramorium* 个体数量上升幅度太大, 原因需要进一步研究。

由于鞘翅目昆虫几乎在各类土壤中都存在, 在土壤生态过程中起着重要的作用, 近年来鞘翅目昆虫成为学者研究土壤质量变化的又一重要指示生物^[1, 4, 9]。本研究农田和居民点园地 Carabidae 和 Carabidae 幼虫个体数量明显低于防护林生境, 而 Scarabaeidae 幼虫明显高于防护林, 不同土地利用生境 Carabidae 幼虫和 Scarabaeidae 幼虫个体数量的变化表明耕作活动对捕食性土壤动物的影响是负面的。Carabidae 和 Carabidae 幼虫均为捕食性昆虫, Scarabaeidae 幼虫为植食性昆虫, Asteraki 报道了农业生产活动会减少捕食性鞘翅目昆虫的类群数和个体数量^[3], Kromp 也认为耕作活动会减少 Carabidae 个体数量^[22], 指出 Carabidae 可以作为指示土壤环境变化。目前国内外研究鞘翅目昆虫主要采用“陷阱法”, 捕获的是鞘翅目成虫, 事实上鞘翅目成虫主要是生活在地表, 只有鞘翅目幼虫才是真正的土壤动物, 研究鞘翅目幼虫类群和个体数量变化特征可能比成虫更能揭示土壤质量变化, 这需要更多的工作来证明。

4 结 论

4.1 不同农业土地利用生境大型土壤节肢动物群落个体数量和类群数差异显著, 其中防护林生境动物群落个体密度和类群数高于受耕作活动影响的农田和居民点园地。

4.2 大型土壤节肢动物个体密度和类群数垂直分布, 居民点园地比较均匀, 玉米地略具表聚性, 防护林则强烈表聚。农业生产活动促使大型土壤节肢动物向土壤下层移动, 其中 7 月下移最为明显。

4.3 蚁科和鞘翅目昆虫是吉林省中部黑土区重要的大型土壤节肢动物。不同类群大型土壤节肢动物对土地利用变化响应存在一定差异。对多种类群大型土壤节肢动物的生态特征研究, 有助于从生物角度揭示土壤环境变化规律。

References

- [1] Döring T F, Hiller A, Wehke S, Schulte G, Broll G. Biotic indicators of carabid species richness on organically and conventionally managed arable fields. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 2003, 98: 133-139.
- [2] Lobry de Bruyn L A. Ants as bio-indicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 1999, 74: 425-441.
- [3] Asteraki E J, Hart B J, Ings T C. Factors influencing the plant and invertebrate diversity of arable field margins. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 2004, 102: 219-231.
- [4] Purvis G, Fadl A. The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the population ecology of carabids (Coleoptera: Carabidae) in arable land. *Pedobiologia*, 2002, 46: 452-474.
- [5] Clark M S. Ground beetle abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's Central Vally. *Applied Soil Ecology*, 1999, 11: 199-206.
- [6] 张荣祖, 杨明宪, 陈 鹏, 张庭伟. 长白山北坡森林生态系统土壤动物初步调查. *森林生态系统研究*, 1980, (1): 133-152.
Zhang R Z, Yang M X, Chen P, Zhang T W. Soil animals primary investigation of forest eco-system in northern slope of Changbai Mountain. *Research of Forest Ecosystem*, 1980, (1): 133-152. (in Chinese)
- [7] 刘云慧, 宇振荣, 刘 云. 北京东北旺农田景观步甲群落结构的时空动态比较. *应用生态学报*, 2004, 15 (1) : 85-90.
Liu Y H, Yu Z R, Liu Y. Temporal and spatial structure of carabid community in agricultural landscape of Dongbeiwang, Beijing. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 85-90. (in Chinese)
- [8] 王海霞, 殷秀琴, 周道玮. 松嫩草原区农牧林复合系统大型土壤动物生态学研究. *草业学报*, 2003, 12(4): 84-89.
Wang H X, Yin X Q, Zhou D W. Ecological study on large- size soil animals in compound ecosystem of farmland, grassland and woodland in the grassland region of Songnen Plain. *Acta Prataculturae Sinica*, 2003, 12(4): 84-89. (in Chinese)
- [9] 刘新民, 刘永江, 乌 宁, 郭 砺. 内蒙古典型草原金龟总科昆虫群落动态及对放牧的响应. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 2000, 31: 417-421.
Liu X M, Liu Y J, Wu N, Guo L. A study on the community dynamics and grazing effects of Scarabaeoidae larvae in NeiMongol typical steppe. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol*, 2000, 31: 417-421. (in Chinese)

- [10] 林英华, 杨学云, 张夫道, 古巧珍, 孙本华, 马路军. 长期施肥对黄土区农田土壤动物群落的影响. *中国农业科学*, 2005, 38: 1213-1218.
Lin Y H, Yang X Y, Zhang F D, Gu Q Z, Sun B H, Ma L J. Effect of long-term fertilization on cropland soil fauna community in Loess soil, Shaanxi, China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38: 1213-1218. (in Chinese)
- [11] 崔海山, 张 柏, 于 磊, 朱金花, 何艳芬. 中国黑土资源分布格局与动态分析. *资源科学*, 2003, 25 (3): 64-68.
Cui H S, Zhang B, Yu L, Zhu J H, He Y F. Pattern and change of black soil resources in China. *Resources Science*, 2003, 25(3): 64-68. (in Chinese)
- [12] 孙继敏, 刘东生. 中国东北黑土地的荒漠化危机. *第四纪研究*, 2001, 21(1): 72-78.
Sun J M, Liu D S. Desertification in the northeastern China. *Quaternary Science*, 2001, 21(1): 72-78. (in Chinese)
- [13] 陈 鹏. 土壤动物的采集和调查方法. *生态学杂志*, 1983, 2(2): 46-51.
Chen P. Sampling methods of soil animals. *Chinese Journal of Ecology*, 1983, 2(2): 46-51. (in Chinese)
- [14] 尹文英, 宋大祥, 唐 觉. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社, 1998.
Yin W Y, Song D X, Tang J. *Pictorial Keys to Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 1998. (in Chinese)
- [15] 殷秀琴, 吴东辉, 韩晓梅. 小兴安岭森林土壤动物群落多样性研究. *地理科学*, 2003, 23: 316-322.
Yin X Q, Wu D H, Han X M. Diversity of soil animals community in Xiao Hinggan Mountains. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23: 316-322. (in Chinese)
- [16] Molnár T, Magura T, Tóthmérész B. Groukd beetles (Carabidae) and edge effect in oak-hornbeam forest and grassland transects. *European Journal of Soil Biology*, 2001, 37: 297-300.
- [17] Thomas C F G, Marshall E J P. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 1999, 72: 131-144.
- [18] 郭继勋, 祝廷成. 羊草草原土壤动物特征的研究. *应用生态学报*, 1995, 6: 359-362.
Guo J X, Zhu T C. Characteristics of soil fauna in *Aneurolepidium* Chinese grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6: 359-362. (in Chinese)
- [19] 李 勇, 张建辉, 罗大卫, 张建国. 耕作侵蚀及其农业环境意义. *山地学报*, 2000, 18: 514-519.
Li Y, Zhang J H, Luo D W, Zhang J G. Tillage translocation and tillage erosion process and their implications for agro-ecosystems. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18: 514-519. (in Chinese)
- [20] 陈 鹏, 卜照义, 刘 红. 吉林省蚂蚁资源及其开发利用问题. *东北师大学报*, 1997, (1): 87-94.
Chen P, Bu Z Y, Liu H. The problems on exploiting and utilizing the ant resources in Jilin Province. *Journal of Northeast Normal University*, 1997, (1): 87-94. (in Chinese)
- [21] 侯继华, 周道玮, 姜世成. 吉林西部草原地区蚂蚁种类及分布. *生态学报*, 2002, 22: 1781-1787.
Hou J H, Zhou D W, Jiang S C. Species composition and spatial distribution of ants in the grassland region in the west of Jilin Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22: 1781-1787. (in Chinese)
- [22] Kromp B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 1999, 74: 187-228.

(责任编辑 李云霞)