

山东半岛与辽东半岛蚯蚓生物多样性研究

张玉峰^{1,2} 伍玉鹏¹ 孙倩¹ 孙振钧^{1*}

(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193; 2. 廊坊师范学院 生命科学学院,河北 廊坊 065000)

摘要 于2009年在我国的山东半岛和辽东半岛地区采用挖掘法对这些地区不同类型生境采集到的蚯蚓的生物多样性进行了系统调查。野外采集到的蚯蚓置于潮湿土壤带回驻地,在采集当日用70%酒精处死,保存于95%酒精以备研究。部分形态分类特征明显的蚯蚓个体作为模式标本保存于10%福尔马林溶液。本研究据此提供了该地区最新的蚯蚓资源名录。在山东半岛发现陆栖蚯蚓3科6属13种,以巨蚓科(占种类总数的39%)、正蚓科(占种类总数的39%)为主;在辽东半岛调查共发现3科7属16种,以正蚓科(占种类总数的44%)、巨蚓科(占种类总数的31%)为主。作为蠕虫养殖业中的赤子爱胜蚓,在野外环境中也有分布。

关键词 蚯蚓;生物多样性;辽东半岛;山东半岛

中图分类号 Q 959

文章编号 1007-4333(2014)04-0067-07

文献标志码 A

Study of biodiversity of earthworm in Shandong and Liaodong Peninsulas

ZHANG Yu-feng^{1,2}, WU Yu-peng¹, SUN Qian¹, SUN Zhen-jun^{1*}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Life Sciences, Langfang Normal College, Langfang 065000, China)

Abstract The Shandong (SD) and Liaodong (LD) Peninsulas are connected to the Asian mainland and the Korean Peninsula, respectively. Biodiversity of earthworm was systematically investigated in different habitats by digging in SD and LD in 2009. Earthworms were killed in 70% ethanol and then preserved in 95% ethanol for further research. A portion of the worms was transferred to 10% formalin for preservation as voucher specimens. An up-to-date inventory of the earthworms in SD and LD were presented based on this study. In total, 13 species were collected in SD, mostly of the Megascolecidae (39% of total) and Lumbricidae (39% of total) families, while 16 species were sampled in LD, most of which belonged to the Lumbricidae (44% of total) and Megascolecidae (31% of total) families. *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), which was harvested intensely for the vermiculture industry, was also collected in free-living habitats.

Key words earthworm; biodiversity; Liaodong Peninsula; Shandong Peninsula

蚯蚓,隶属于动物界(Animalia),环节动物门(Annelida),寡毛纲(Oligochaeta)。达尔文1881年^[1]就曾指出,蚯蚓是世界进化史中最重要的动物类群。蚯蚓通过在土层中构建洞穴,以及在土壤表面或土层中沉淀蚯蚓粪等行为显著影响土壤有机颗粒的分解过程^[2]。山东半岛位于山东省东部,是中国最大的半岛。暖温带湿润季风气候,年平均气温4~10℃,降水量650~850mm。辽东半岛位于辽

宁省南部,亦属暖温带季风气候,年平均气温8~10℃,年降水量600~950mm。两个半岛的主要土壤类型均为棕壤土^[3]。在生物地理区系中,山东半岛与辽东半岛均位于古北界^[4]。鉴于山东半岛与辽东半岛蚯蚓生物多样性本底数据的缺乏,笔者于2009年7—8月,对该地区以及相邻的部分岛屿进行陆栖蚯蚓多样性系统调查,为丰富该地区蚯蚓多样性数据及其生态学的深入研究提供重要基础资料。

收稿日期:2013-08-15

基金项目:中国农业大学研究生创新专项基金(KYCX 2010073);廊坊师范学院引进人才科研启动基金(10598004)

第一作者:张玉峰,博士,主要从事动物生态学研究,E-mail:805758301@qq.com

通讯作者:孙振钧,教授,主要从事蚯蚓生态学研究,E-mail:sun108@cau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 调查地点

2009年7月10日—8月20日对山东半岛、辽

东半岛共23个采样地点进行蚯蚓野外调查,其中山东半岛选取15个采样地点,辽东半岛选取8个。采样地点分为内陆(10个)和岛屿(13个)2种类型(表1),各采样地点的土壤化学性质见表2。

表1 蚯蚓野外调查地点

Table 1 Locations of the earthworm field investigations

省 Province	市 City	采集地点 Localities	代号 Code	采集日期 Date	经度 E/纬度 N Longitude/Latitude	海拔/m Elevation	类型 Type
山东	烟台	农大烟台校区	S1	2009.7.10—7.17	121°25′/37°05′	6	内陆
		养马岛	S2	2009.7.11	121°36′/37°21′	24	岛屿
		芝罘岛	S3	2009.7.12	121°21′/37°37′	56	岛屿
		南山	S4	2009.7.18	121°23′/37°31′	59	内陆
		昆嵛山	S5	2009.7.19	121°44′/37°15′	571	内陆
		南长山岛	S6	2009.7.21	120°44′/37°54′	25	岛屿
		北长山岛	S7	2009.7.22	120°41′/37°59′	20	岛屿
		庙岛	S8	2009.7.22	120°40′/37°50′	11	岛屿
		小黑山岛	S9	2009.7.22	120°38′/37°58′	16	岛屿
		大黑山岛	S10	2009.7.22	120°37′/37°58′	22	岛屿
	威海	刘公岛	S11	2009.7.13	122°10′/37°29′	88	岛屿
	荣成	俚岛相邻内陆	S12	2009.7.14	122°34′/37°14′	27	内陆
		海驴岛相邻内陆	S13	2009.7.14	122°38′/37°25′	32	内陆
	莱州	莱州	S14	2009.7.15	119°56′/37°16′	23	岛屿
	蓬莱	砣矶岛	S15	2009.7.21	120°44′/37°50′	13	内陆
辽宁	大连	大长山岛	L1	2009.8.10	122°40′/39°16′	8	岛屿
		小长山岛	L2	2009.8.11	122°40′/39°14′	31	岛屿
		海洋岛	L3	2009.8.12—2009.8.14	123°10′/39°03′	47	岛屿
		獐子岛	L4	2009.8.14—2009.8.15	122°44′/39°02′	32	岛屿
		皮口	L5	2009.8.16	122°21′/39°24′	24	内陆
		开发区	L6	2009.8.17	122°56′/39°06′	22	内陆
	丹东	帽盔山	L7	2009.8.19	124°22′/40°08′	54	内陆
	东港	十字街	L8	2009.8.20	124°06′/39°60′	21	内陆

表2 各采集地点土壤化学性质

Table 2 Soil properties in each collection site

采集地点 Localities	代号 Code	pH	有机碳/% Organic carbon	速效磷/(mg/kg) Available phosphorus	速效钾/(mg/kg) Available potassium
农大烟台校区	S1	6.58	2.78	66.26	58.08
养马岛	S2	7.35	2.60	46.51	83.87
芝罘岛	S3	6.25	2.56	82.65	157.17
南山	S4	5.96	1.05	63.56	67.81
昆嵛山	S5	6.65	1.54	96.48	92.37
南长山岛	S6	6.62	1.09	79.28	112.55
北长山岛	S7	6.24	2.32	88.56	59.25
庙岛	S8	6.50	2.46	85.26	76.34
小黑山岛	S9	5.88	0.83	78.54	80.24
大黑山岛	S10	5.72	1.21	66.35	68.17
刘公岛	S11	6.30	2.85	68.45	57.87
荣成俚岛	S12	6.62	1.09	79.28	112.55
荣成海驴	S13	7.35	2.60	46.51	83.87
莱州	S14	5.74	0.76	87.36	160.08
砣矶岛	S15	6.41	1.23	94.86	126.32
大长山岛	L1	6.08	1.78	79.45	95.05
小长山岛	L2	6.10	1.46	76.52	116.26
海洋岛	L3	6.69	2.01	89.23	60.12
獐子岛	L4	6.40	1.33	78.18	120.34
皮口	L5	5.52	0.86	66.35	51.22
大连开发区	L6	5.52	0.86	66.35	51.22
帽盔山	L7	5.09	0.74	64.61	50.12
东港	L8	6.23	1.06	50.82	84.56

1.2 分析方法

本次调查采用五点取样法在每种生境类型中选取固定样方,每个样方面积 50 cm×50 cm,土层深度为 0~15 cm。生境主要包括:次生林、草地、菜园、果园、农田、潮湿的草垛或枯枝落叶层等。采用挖掘方法^[5]采集蚯蚓样本。将采集到的蚯蚓个体与样方内部分土壤样本带回驻地,并于采集当天使用 70%乙醇处死蚯蚓,一部分个体保存于 95%乙醇以备后续分子生物学研究,其余个体保存于 10%甲醛溶液用作浸制标本。使用 Nikon D60 数码相机对个体外部与内部形态结构进行拍照。依据《中国陆栖蚯蚓》^[6]对于所有性成熟的蚯蚓个体进行物种鉴定。

2 结果与分析

根据以往的文献资料^[7-10],山东、辽宁地区陆栖蚯蚓隶属 3 科:链胃蚓科(Moniligastridae)、巨蚓科(Megascolecidae)和正蚓科(Lumbricidae)。山东省记录 5 属,9 种(表 3),辽宁省记录 8 属,20 种(表 4)。其中,两地区共有种为 6 种,即:隶属链胃蚓科的天锡杜拉蚓(*Drawida gisti gisti*)与日本杜拉蚓(*Drawida japonica*),隶属正蚓科的梯形流蚓(*Aporrectodea trapezoides*)与赤子爱胜蚓(*Eisenia fetida*),属于巨蚓科的威廉腔蚓(*Metaphire guillemi*)与直隶腔蚓(*Metaphire tschiliensis tschiliensis*)。

表3 山东省文献记载蚯蚓名录

Table 3 Earthworm species distributed in the Shandong Province based on data reported in the literature

科 Family	属 Genus	种 Species
一. 链胃蚓科 Moniligastridae	(一) 杜拉蚓属 <i>Drawida</i> Michaelsen, 1900	1. 天锡杜拉蚓 <i>Drawida gisti gisti</i> Michaelsen, 1931
		2. 日本杜拉蚓 <i>Drawida japonica japonica</i> Michaelsen, 1892
二. 巨蚓科 Megascolecidae	(二) 远盲蚓属 <i>Amyntas</i> Kinberg, 1867	3. 多肉远盲蚓 <i>Amyntas carnosus</i> (Goto et Hatai, 1899)
	(三) 腔蚓属 <i>Metaphire</i> Sims et Easton, 1972	4. 秉氏远盲蚓 <i>Amyntas pingi pingi</i> (Stephenson, 1925)
		5. 威廉腔蚓 <i>Metaphire guillemi</i> Michaelsen 1895
		6. 直隶腔蚓 <i>Metaphire tschiliensis tschiliensis</i> (Michaelsen, 1928)
		7. 通俗腔蚓 <i>Metaphire vulgaris</i> (Chen, 1930)
三. 正蚓科 Lumbricidae	(四) 流蚓属 <i>Aporrectodea</i> Orley, 1885	8. 梯形流蚓 <i>Aporrectodea trapezoides</i> (Duges, 1828)
	(五) 爱胜蚓属 <i>Eisenia</i> Malm, 1877	9. 赤子爱胜蚓 <i>Eisenia fetida</i> Savigny, 1826

表4 辽宁省文献记载蚯蚓名录

Table 4 Earthworm species distributed in the Liaoning Province based on data reported in the literature

科 Family	属 Genus	种 Species
一. 链胃蚓科 Moniligastridae	(一) 杜拉蚓属 <i>Drawida</i> Michaelsen, 1900	1. 天锡杜拉蚓 <i>Drawida gisti gisti</i> Michaelsen, 1931
		2. 日本杜拉蚓 <i>Drawida japonica japonica</i> Michaelsen, 1892
		3. 朝鲜杜拉蚓 <i>Drawida koreana</i> Kobayashi, 1938
		4. 森林杜拉蚓 <i>Drawida nemora</i> Kobayashi, 1936
二. 巨蚓科 Megascolecidae	(二) 远盲蚓属 <i>Amyntas</i> Kinberg, 1867	5. 湖北远盲蚓 <i>Amyntas hupeiensis</i> (Michaelsen, 1895)
	(三) 腔蚓属 <i>Metaphire</i> Sims et Easton, 1972	6. 上井腔蚓 <i>Metaphire aggera</i> (Kobayashi, 1934)
		7. 威廉腔蚓 <i>Metaphire guillemi</i> Michaelsen, 1895
		8. 直隶腔蚓 <i>Metaphire tschiliensis tschiliensis</i> (Michaelsen, 1928)
		9. 梯形流蚓 <i>Aporrectodea trapezoides</i> (Duges, 1828)
三. 正蚓科 Lumbricidae	(四) 流蚓属 <i>Aporrectodea</i> Orley, 1885	10. 贝氏双胸蚓 <i>Bimastus beddardi</i> (Michaelsen, 1894)
	(五) 双胸蚓属 <i>Bimastus</i> Moore, 1893	11. 微小双胸蚓 <i>Bimastus parvus</i> (Eisen, 1874)
		12. 红丛林蚓 <i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826)
	(六) 丛林蚓属 <i>Dendrodrilus</i> Eisen, 1874	13. 大连爱胜蚓 <i>Eisenia dairenensis</i> (Kobayashi, 1940)
	(七) 爱胜蚓属 <i>Eisenia</i> Malm, 1877	14. 赤子爱胜蚓 <i>Eisenia fetida</i> Savigny, 1826
		15. 火田爱胜蚓 <i>Eisenia hataii</i> Kobayashi, 1940
		16. 诺登爱胜蚓 <i>Eisenia nordenskioldi nordenskioldi</i> Eisen, 1878
		17. 密苏爱胜蚓 <i>Eisenia nordenskioldi manshurica</i> Kobayashi, 1940
(八) 正蚓属 <i>Lumbricus</i> Linnaeus, 1758	18. 红色爱胜蚓 <i>Eisenia rosea rosea</i> (Savigny, 1826)	
	19. 马其顿爱胜蚓 <i>Eisenia rosea macedonica</i> (Rosa, 1893)	
	20. 红正蚓 <i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	

通过本次调查,笔者于山东半岛共记录陆栖蚯蚓 6 属 13 种,以巨蚓科(占种类总数的 39%)和正蚓科(占种类总数的 39%)为主(表 5)。天锡杜拉蚓(*D. gisti gisti*)、日本杜拉蚓(*D. japonica*)、梯形流蚓(*Ap. Trapezoides*)和赤子爱胜蚓(*E. fetida*) 在山东半岛分布范围广泛。辽东半岛共记录 7 属 16 种,以正蚓科(占种类总数的 44%)和巨蚓科(占种

类总数的 31%)为主(表 6)。日本杜拉蚓(*D. japonica*)和湖北远盲蚓(*Amyntas hupeiensis*) 在辽东半岛分布广泛。本次调查记录两地区共有种 8 种,分别是:日本杜拉蚓、天锡杜拉蚓、湖北远盲蚓、秉氏远盲蚓(*Amyntas pingi. pingi*)、直隶腔蚓、梯形流蚓、微小双胸蚓(*Bimastus parvus*)和赤子爱胜蚓。

表 5 山东半岛蚯蚓物种调查与分布

Table 5 Inventory and distribution of earthworm species in the Shandong Peninsula based on field investigations

物种 Species	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
一. 链胃蚓科 Moniligastridae															
(一) 杜拉蚓属 <i>Drawida</i>															
1. 天锡杜拉蚓 <i>Drawida gisti gisti</i>	5	6	3	4		4	6	5	4	9	3	5			7
2. 南昌杜拉蚓 <i>Drawida gisti nanchangiana</i> *	2	3						3	4	2	5	1	3		
3. 日本杜拉蚓 <i>Drawida japonica japonica</i>	8	11	14	7	9	16	13	6	4	19	5	6	4		6
二. 巨蚓科 Megascolecidae															
(二) 远盲蚓属 <i>Amyntas</i>															
4. 湖北远盲蚓 <i>Amyntas hupeiensis</i> *	10	8					6	7							21
5. 秉氏远盲蚓 <i>Amyntas pingi pingi</i>	2										1		1		
(三) 腔蚓属 <i>Metaphire</i>															
6. 威廉腔蚓 <i>Metaphire guillelmir</i>		7						5				1			
7. 直隶腔蚓 <i>Metaphire tschiliensis tschiliensis</i>	8	2				4					7	2			5
8. 通俗腔蚓 <i>Metaphire vulgaris</i>	9														
三. 正蚓科 Lumbricidae															
(四) 流蚓属 <i>Aporrectodea</i>															
9. 梯形流蚓 <i>Aporrectodea trapezoides</i>	9	12	5	4	8	11	13	4	10	13	6	5	7	7	3
10. 膨涨流蚓 <i>Aporrectodea turgida</i> *	4							2							
(五) 双胸蚓属 <i>Bimastus</i>															
11. 微小双胸蚓 <i>Bimastus parvus</i> *		3	2								2				1
(六) 爱胜蚓属 <i>Eisenia</i>															
12. 赤子爱胜蚓 <i>Eisenia fetida</i>	10	12	9	21	11	7	13	8	6	14	7				14
13. 热河爱胜蚓 <i>Eisenia jeholensis</i> *					3							2			
总计(数量) Total	67	56	33	36	31	48	57	32	26	60	32	24	12	15	44

注: * 新纪录物种。下表同。

Note: * new recored species. The same as follow.

表6 辽东半岛蚯蚓物种调查与分布

Table 6 Inventory and distribution of earthworm species in the Liaodong Peninsula based on field investigation

物种 Species	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
一. 链胃蚓科 Moniligastridae								
(一) 杜拉蚓属 <i>Drawida</i>								
1. 天锡杜拉蚓 <i>Drawida gisti gisti</i>						8		
2. 日本杜拉蚓 <i>Drawida japonica japonica</i>	12		11	15	9			13
3. 杜拉蚓 <i>Drawida dandongensis</i> sp. nor*							52	
二. 巨蚓科 Megascolecidae								
(二) 远盲蚓属 <i>Amyntas</i>								
4. 远盲蚓 <i>Amyntas</i> *							45	
5. 湖北远盲蚓 <i>Amyntas hupeiensis</i>	13	8	14	12	9			10
6. 异毛远盲蚓 <i>Amyntas heterochaetus</i> *								7
7. 秉氏远盲蚓 <i>Amyntas pingi pingi</i> *			3					2
(三) 腔蚓属 <i>Metaphire</i>								
8. 直隶腔蚓 <i>Metaphire tschiliensis tschiliensis</i>		8		6	7			6
三. 正蚓科 Lumbricidae								
(四) 流蚓属 <i>Aporrectodea</i>								
9. 梯形流蚓 <i>Aporrectodea trapezoides</i>			10	13	9			14
10. 长流蚓 <i>Aporrectodea longa</i> *	10	24		6	4			
11. 结节流蚓 <i>Aporrectodea tuberculata</i> *			5	9	3			
(五) 双胸蚓属 <i>Bimastus</i>								
12. 微小双胸蚓 <i>Bimastus parvus</i>			2	3				
(六) 爱胜蚓属 <i>Eisenia</i>								
13. 赤子爱胜蚓 <i>Eisenia fetida</i>			13	10	9			
14. 红色爱胜蚓 <i>Eisenia rosea rosea</i>			7					
15. 大连爱胜蚓 <i>Eisenia dairenensis</i>	8							
(七) 辛石蚓属 <i>Octolasion</i>								
16. 乳状辛石蚓 <i>Octolasion lacteum</i> *						4		
总计(数量) Total	43	41	65	74	50	12	97	52

3 讨论

本次调查更新了山东半岛、辽东半岛陆栖蚯蚓名录,丰富了这2个地区的蚯蚓生物多样性数据,为

蚯蚓生态学的深入研究提供了重要的基础数据,同时也为这2个地区提供了重要的土壤调查数据。

1)同以往的文献资料^[7-10]相比,山东省陆栖蚯蚓种类已增至6属13种,辽宁省陆栖蚯蚓种类增至

8属27种。其中,山东半岛新记录5种:南昌杜拉蚓(*Drawida gisti nanchangiana*)、湖北远盲蚓(*Am. hupeiensis*)、膨胀流蚓(*Aporrectodea turgida*)、微小双胸蚓(*B. parvus*)和热河爱胜蚓(*Eisenia jeholensis*)。而且双胸蚓属(*Bimastus*)为山东半岛新记录属。辽东半岛新纪录7种:丹东地区采集的一杜拉蚓(*Drawida*)与远盲蚓(*Amyntas*),这2个种确是首次于辽东地区记录,但是否为新种正在深入分析中,故未命名;其他还有异毛远盲蚓(*Amyntas heterochaetus*)、秉氏远盲蚓(*Am. pingi pingi*)、长流蚓(*Aporrectodea longa*)、结节流蚓(*Aporrectodea tuberculata*)和乳状辛石蚓(*Octolasion lacteum*)。

2)在我国,主要分布区为东洋界的巨蚓科蚯蚓^[7,11-13]在本次古北界调查中也有记录,而且种类与数量较大,原因有待深入探究。

3)土壤作为蚯蚓赖以生存的自然环境,其类型、营养条件对蚯蚓多样性以及地理分布都有重要的影响。本次调查中采集的日本杜拉蚓(*D. japonica*)、湖北远盲蚓(*Am. hupeiensis*)、梯形流蚓(*Ap. trapezoids*)、赤子爱胜蚓(*E. fetida*)等在河北曲周地区也有记录,并且数量较多^[14],但土壤酸碱度略有不同,本次调查区域土壤总体呈现弱酸性(表6),而河北曲周地区土壤呈碱性(7.92~8.93)^[14]。河北地区以壤土为主^[15],其土壤类型与山东、辽东地区相似。有机质与速效磷、速效钾等指标在河北曲周与山东、辽东地区虽有差异,但是均保持在较高的含量水平。因此可初步判定,土壤pH对蚯蚓多样性未有明显的影响,而土壤类型、化学性质(如C、P、K含量)对于蚯蚓物种多样性与地理分布的影响较为显著。

4)性成熟的蚯蚓个体在蚯蚓群体中仅占一部分比例(62%),因此形态学鉴定仅仅适合分类特征明显的成熟个体,对于未有明显形态特征的幼体需要分子生物学等手段辅以鉴定^[16]。

5)对于青年学者分类学基础知识的传授与推广已经成为我国蚯蚓生物学发展首当其冲的任务,同时,拓展样本采集区域,在更大尺度上分析蚯蚓多样性的影响因素,也可为更加真实、客观地评价我国不同地理环境下蚯蚓生物多样性提供重要保障。

致谢 北京教育学院的徐芹老师和中国农业大学的博士后邵蕾,博士研究生王兴,硕士研究生张东辉、熊辉和姚岚等在蚯蚓野外采集过程中给予了帮助;北京教育学院的徐芹老师对于蚯蚓形态鉴定给予了帮助。谨致谢忱!

参 考 文 献

- [1] Darwin C R. The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms with Observations on Their Habitats[M]. London:John Murray,1881
- [2] Lee K E. Earthworms of Tropical Regions—Some Aspects of Their Ecology and Relationships with Soils[M]// Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture. Cambridge: Cambridge University Press,1983:179-193
- [3] 全国土壤普查办公室. 中国土壤分类系统[M]. 北京:中国农业出版社,1993
- [4] 孙倩. 我国东北部半岛蚯蚓生物多样性与赤子爱胜蚓分子系统地理学研究[D]. 北京:中国农业大学,2010
- [5] 范如芹,张晓平,梁爱珍,等. 不同蚯蚓采样方法对比研究[J]. 生态学报,2012,32(12):4154-4159
- [6] 徐芹,肖能文. 中国陆栖蚯蚓[M]. 北京:中国农业出版社,2011:42-300
- [7] Michaelsen W. The Oligochaeta of China[M]. Peking: Peking Nat Hist Bull,1931
- [8] 陈义. 中国动物图谱—环节动物[M]. 北京:科学出版社,1956:2-16
- [9] 冯孝义. 中国陆栖蚯蚓各属的分类特征[J]. 动物学杂志,1985,1(1):47-50
- [10] 徐芹. 中国陆栖蚯蚓地理分布概述[J]. 北京教育学院学报,1996,3(1):54-61
- [11] Beddard F E. A revision of the earthworms of the genus *Amyntas* (Perichaeta)[J]. Pro Zool Soc London,1900(1):609-652
- [12] Stephenson T. The Oligochaeta [M]. Oxford: Oxford University Press,1930
- [13] Huang J, Xu Q, Sun Z J. Species abundance and zoogeographic affinities of Chinese terrestrial earthworms[J]. Eur J Soil Biol, 2007,43:S33-S38
- [14] 张宁,廖燕,孙福来,等. 不同土地利用方式下的蚯蚓种群特征及其与土壤生物肥力的关系[J]. 土壤学报,2012,49(2):364-372
- [15] 于建营,杨志霞. 河北省土壤水资源分布特征分析[J]. 南水北调与水利科技,2010,8(4):99-102
- [16] Bartlett M D, Briones M J I, Neilson R. A critical review of current methods in earthworm ecology: From individuals to populations[J]. Eur J Soil Biol,2010,46:67-73