

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2012.02.013

东营盐生植物园土壤动物群落多样性研究

赫福霞¹, 谢桐音¹, 谢桂林¹, 付荣恕^{2*}

¹东北农业大学生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; ²山东师范大学生命科学学院, 山东 济南 250014

摘要:【背景】生物多样性是生物安全的重要内容之一,其包括基因多样性、物种多样性和生态系统多样性3个方面。环境污染、农药污染、重金属污染、海水倒灌、人类活动等诸多因素导致了物种多样性的降低。保护生物多样性是黄河三角洲大规模开发建设必须考虑的关键问题之一。【方法】用Tullgren干漏法分离、采集山东省黄河三角洲地区东营盐生植物园的土壤动物标本,对其多样性进行研究。【结果】蜚蠊目是该地区的主要优势类群,占捕获土壤动物总数量的78.95%;另一优势类群为弹尾目,占捕获土壤动物总数量的14.03%;膜翅目和鞘翅目是常见类群,分别占捕获土壤动物总数量的3.57%和1.43%;其他均为稀有类群。在调查的10块样地中,优势类群弹尾目个体数量变化明显,在不同样地间的分布数量存在明显差异。东营盐生植物园土壤动物多样性与均匀度变化规律一致。【结论与意义】蜚蠊目、弹尾目、膜翅目和鞘翅目构成了东营盐生植物园土壤动物的主体,对该区土壤动物群落多样性特征起着决定性作用。该区稀有类群多,但稀有物种数量较少,如不采取有效措施,该区的稀有物种随时有灭绝的危险。同时,盐胁迫作用的增强,能够影响土壤动物的数量与分布。因此,我们应在关注盐碱地改造进程的同时,更加关注该区土壤动物多样性的变化。

关键词: 盐生植物; 土壤动物; 生物多样性; 生物安全

The diversity of soil fauna in a halophyte garden in Dongying, Yellow River Region

Fu-xia HE¹, Tong-yin XIE¹, Gui-lin XIE¹, Rong-shu FU^{2*}

¹College of Life Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China;

²College of Life Sciences, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014, China

Abstract: 【Background】Biodiversity is one of the important assets, linked to biological safety. Biodiversity including genetic, species and ecosystem diversities, can be reduced by environmental pollution, pesticide pollution, heavy metal pollution, seawater intrusion, human activity and other factors. During the Yellow River Delta (YRD) ecological economic zone construction, biodiversity protection is one of the key problems. 【Method】We aimed to create baseline data on soil diversity, using the Tullgren extraction method of soil cores, followed by sorting and identification of soil-living animal specimens. 【Result】At the YRD in Dongying halophytes garden, Acari and Collembola were the dominant groups. The former accounted for 78.95%, the latter for 14.03% of all individuals collected. Other frequent groups included Hymenoptera (3.57%) and Coleoptera (1.43%). The Number of Collembola individuals changed obviously, the distribution number had significant differences among the different samples. The change rule of the index of diversity of the soil fauna in the YRD was unified with the index of evenness. 【Conclusion and significance】Acarina, Collembola, Hymenoptera and Coleoptera formed the majority of soil animal diversity in Dongying halophyte garden soil, with many rare species. If we do not take effective measures, the rare species were at risk of extinction. We should pay more attention to the soil animal diversity, soil animal population distribution will reduce if salt stress increased.

Key words: halophytes; soil fauna; biodiversity; biosafety

生物多样性是生物安全的重要内容之一,其包 方面。环境污染、农药污染、重金属污染、海水倒
括基因多样性、物种多样性和生态系统多样性3个 灌、人类活动等诸多因素导致了物种多样性的降低

收稿日期(Received): 2012-03-05 接受日期(Accepted): 2012-04-24

基金项目: 东北农业大学博士启动基金(2009RC41)

作者简介: 赫福霞,女,讲师。研究方向: 生物化学与生态学。E-mail: hefuxia969@163.com

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: fursh@163.com

(陈琳等,2003; 胡隐昌等,2005; 钱迎倩和马克平,1995)。土壤动物是土壤生态系统中食物链的重要组成部分,它担负着消费者和分解者的多重角色,在土壤的形成、熟化、结构改善以及在生态系统的能量转化和物质循环中都起着重要的作用(尹文英,2000,2001; 朱新玉和胡云川,2011; Song *et al.*, 2008)。土壤动物的数量和多样性与土壤健康状况有着直接的联系(王玉珍等,2006; Blair *et al.*, 1996)。土壤污染程度的加剧将土壤动物的研究提升到了新的高度(Filser,2002)。

黄河三角洲土地资源丰富,气候条件优越,浅海滩涂广阔,湿地资源独特,是地球上温带地区最完整、最广阔、最年轻的湿地生态系统,也是目前我国三大三角洲中惟一具有保护价值的原始生态植被区,但有关该区土壤动物的报道较少(田家怡等,2001)。当前,黄河三角洲高效生态经济区建设已上升为国家发展战略,保护生物多样性是黄河三角洲大规模开发建设必须考虑的关键问题之一。为此,作者选择位于黄河三角洲地区的东营盐生植物园,对其土壤动物多样性进行调查研究。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

东营盐生植物园(118°04'~119°14'E、35°15'~38°16'N)位于暖温带,背陆面海,受欧亚大陆和太平洋的共同影响,属于暖温带半湿润大陆性季风气候区。四季温差明显,年平均气温 11.7~12.6℃; 7 月份温度最高,平均气温 26.7℃,极端最高气温 41.9℃; 1 月份最冷,平均气温 -2.8℃,极端最低气温 -23.3℃。年平均日照时数为 2590~2830 h,各月平均日照时数以 5 月份最长,12 月份最短;无霜期 211 d;年平均降水量 530~630 mm,70% 的降雨集中在 6~8 月;平均蒸发量为 750~2400 mm(范运梁,2010)。土壤类型以盐化潮土和滨海盐土为主,含盐量一般在 0.4%~2.0%,养分含量低;植被以耐盐碱植物为主,且植被覆盖率高。

1.2 研究方法

1.2.1 样点设置 该区地表植被主要为人工种植的盐生植物,土壤易受扰动而形成局部小气候。根据植被差异,选择 9 种盐生植物生长的土壤为研究

对象,共设 10 个采样点,分别为二色补血草 *Limonium bicolor* Kuntz、蒙古鸭葱 *Scorzonera mongolica* Maxim.、星星草 *Puccinellia tenuiflora* (Turcz.) Scribn. et Merr.、金银花 *Lonicera japonica* Thunb.、柽柳 *Tamarix chinensis* Lour、杨树 *Poplar* sp.、翅碱蓬 *Suaeda salsa* (L.) Pall.、1 年生马蔺 *Iris lacteal* Pall. var. *chinensis* (Fisch.) Koidz、中亚滨藜 *Atriplex centralasiatica* Iljin、10 年生马蔺 *I. lacteal*。

1.2.2 样品采集及土壤动物标本的收集、鉴定 调查时间为 2008 年 10 月~2009 年 10 月。在设置好的样点内,利用 WET 土壤水分/温度/电导率传感器测定生态因子——电导率。用土壤环刀分层取每种盐生植物生长的土壤样品,分别装入 PE 自封袋,带回实验室进行试验。用 Tullgren 干漏法,将采回的土壤样品置于 60 W 白炽灯下烘烤 48 h。利用土壤动物避光、避热的特性,将土壤动物标本收集到 75% 酒精中固定;然后置于双筒解剖镜下,按较高阶元类群分拣;将分拣后的标本分别保存于 70% 酒精中,以备进一步分类鉴定。分类检索方法参考《中国土壤动物检索图鉴》(尹文英,1998)和《中国亚热带土壤动物》(尹文英,1992)。土壤动物类群划分标准(尹文英,1992):个体数占总数的 10% 以上为优势类群;个体数占总数的 1%~10% 为常见类群;个体数占总数的 1% 以下为稀有类群。

1.2.3 数据统计与分析 利用 SPSS18.0、Excel 和 BioDiversity Professional 软件分析统计数据,并计算动物多样性指数,以分析土壤动物群落的结构(付荣恕和刘林德,2004)。

Shannon-Weiner 多样性指数: $H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln P_i$

Pielou 均匀性指数: $J' = H' / \ln S$

Simpson 优势度指数: $C = \sum_{i=1}^S (n_i / N)^2$

式中, S 为动物类群数, N 为动物个体总数, n_i 为第 i 类群的个体数, P_i 为第 i 类群个体数占总个体数的比例。

2 结果与分析

2.1 群落组成与数量分布

本次调查共获得各类土壤动物样本 13860 头,隶属于 2 门 8 纲,共计 14 个类群(表 1)。

表 1 土壤动物群落组成与数量分布
Table 1 Soil animal community composition under different plants in halphyte garden in Dongying

动物类群 Group			二色补血草 <i>Limonium bicolor</i>		蒙古鸢葱 <i>Scorzonera mongolica</i>		星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i>		金银花 <i>Lonicera japonica</i>		柃柳 <i>Tamarix chinensis</i>	
门 Phylum	纲 Class	目 Order	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)
节肢动物门 Arthropoda	蛛形纲 Arachnida	蜱螨目 Acarina	894	86.38	722	86.26	978	81.57	494	70.57	451	56.30
		蜘蛛目 Araneae	1	0.10	1	0.12	0	0.00	3	0.43	1	0.12
	弹尾纲 Collembola	弹尾目 Collembola	74	7.15	51	6.09	150	12.51	88	12.57	279	34.83
		昆虫纲 Insecta	膜翅目 Hymenoptera	28	2.71	11	1.32	32	2.67	44	6.29	45
	鞘翅目 Coleoptera		14	1.33	12	1.43	19	1.58	42	6.00	10	1.26
		双翅目 Diptera	3	0.29	3	0.36	10	0.83	8	1.15	2	0.25
		鳞翅目 Lepidoptera	4	0.39	3	0.36	1	0.08	5	0.71	2	0.25
		缨翅目 Thysanoptera	6	0.58	31	3.70	8	0.68	5	0.71	3	0.37
		半翅目 Hemiptera	0	0.00	1	0.12	1	0.08	5	0.71	8	1.00
		等足目 Isopoda	10	0.97	1	0.12	0	0.00	2	0.29	0	0.00
		多足纲 Myriapoda	1	0.10	0	0.00	0	0.00	1	0.14	0	0.00
	线形动物门 Nematomorpha	综合纲 Symphyla	0	0.00	1	0.12	0	0.00	1	0.14	0	0.00
		双尾纲 Diplura	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.29	0	0.00
		线虫纲 Nematoda	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
合计 Total			1035	100.00	837	100.00	1199	100.00	700	100.00	801	100.00

动物类群 Group			杨树 <i>Poplar sp.</i>		翅碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>		1 年生马蔺 <i>Iris lacteal</i>		中亚滨藜 <i>Atriplex centralasiatica</i>		10 年生马蔺 <i>Iris lacteal</i>	
门 Phylum	纲 Class	目 Order	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)	个体数 Individual number	百分比 Percent (%)
节肢动物门 Arthropoda	蛛形纲 Arachnida	蜱螨目 Acarina	593	57.85	717	68.61	882	80.04	827	71.66	4385	88.37
		蜘蛛目 Araneae	5	0.49	3	0.29	2	0.18	2	0.17	0	0.00
	弹尾纲 Collembola	弹尾目 Collembola	359	35.01	132	12.63	134	12.17	234	20.28	443	8.93
		昆虫纲 Insecta	膜翅目 Hymenoptera	26	2.54	153	14.64	55	4.99	13	1.13	88
	鞘翅目 Coleoptera		24	2.34	11	1.05	18	1.63	27	2.34	21	0.42
		双翅目 Diptera	10	0.98	7	0.67	3	0.27	8	0.69	3	0.06
		鳞翅目 Lepidoptera	1	0.10	5	0.48	6	0.54	4	0.35	1	0.02
		缨翅目 Thysanoptera	5	0.49	5	0.48	0	0.00	37	3.21	3	0.06
		半翅目 Hemiptera	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		等足目 Isopoda	0	0.00	12	1.15	0	0.00	0	0.00	2	0.05
		多足纲 Myriapoda	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	线形动物门 Nematomorpha	综合纲 Symphyla	0	0.00	0	0.00	1	0.09	0	0.00	12	0.24
		双尾纲 Diplura	2	0.20	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.06
		线虫纲 Nematoda	0	0.00	0	0.00	1	0.09	2	0.17	1	0.02
合计 Total			1025	100.00	1045	100.00	1102	100.00	1154	100.00	4962	100.00

由表1可见,在调查的10块样地中,蜚蠊目Acarina所占捕获总量的比例均最大,其最小值出现在桤柳样地,为56.30% (451头),最大值出现在10年生马蔺样地,高达88.37% (4385头),为东营盐生植物园土壤动物群落的主要优势类群。弹尾目Collembola在星星草、金银花、桤柳、杨树、翅碱蓬、1年生马蔺、中亚滨藜7块样地中,所占捕获总量的比例均超过10%,为优势类群,其最大值出现在杨树样地,达35.02% (359头),桤柳样地次之,达34.83% (279头);而在二色补血草、蒙古鸢葱、10年生马蔺3块样地中,弹尾目所占捕获总量的比例均为1%~10%,属于常见类群。可见,弹尾目个体数量变化明显,在不同样地中的百分比存在明显差异。膜翅目Hymenoptera在调查的10块样地中均为常见类群;鞘翅目Coleoptera在10年生马蔺样地中所占捕获总量的比例不足1%,为稀有类群,但在其他9块样地中均为常见类群;双翅目Diptera在金银花样地中所占捕获总量的比例为1.14%,是该样地的常见类群;其余类群在所有样地中所占捕获总量的比例均不足1%,为稀有类群。

土壤动物类群数量在不同样地中变化不明显。其中,金银花样地的土壤动物类群最多,为13种;桤柳、翅碱蓬、1年生马蔺、中亚滨藜各9种;星星草样地的土壤动物类群最少,为8种。而土壤动物个体总数变化有较大差异,个体总数最多的是10年生马蔺样地,达4962头(占捕获总数的35.80%);

个体总数最少的是金银花样地,为700头(占捕获总数的5.05%)。

东营盐生植物园内耐盐碱植物的种植,可以不同程度地降低土壤中的含盐量(盐度)。有研究表明,栽种翅碱蓬和马蔺后土壤含盐量可降低50%~81%(王玉珍等,2006)。由表1可知,二色补血草、蒙古鸢葱、星星草、翅碱蓬、1年生马蔺、中亚滨藜样地的土壤动物数量没有明显差异,说明这6种植物在降低盐碱地含盐量方面的作用相近。此外,在10年生马蔺样地中捕获的动物数量比1年生马蔺多4倍以上,存在明显差异。

2.2 土壤动物群落的多样性

多样性指数、均匀性指数和优势度指数可以表示群落的结构和功能特征。土壤动物类群数、密度和土壤动物多样性是土壤动物研究的基础性内容。群落的多样性指数、均匀性指数和优势度指数都取决于群落的类群数与各类群动物的个体数量,是可以直接测定的指标(马克平和刘玉明,1994)。由表2可知,在10块样地中,群落多样性指数最高的是金银花样地,达1.0820,最低的是10年生马蔺样地,仅为0.4575。群落类群数越多、各类群动物个体数越均匀,多样性指数就越大,反之越小。均匀性指数最高的是桤柳样地,达0.4608,最低的是10年生马蔺样地,仅为0.1841。优势度指数与均匀性指数呈负相关,均匀性指数越大,优势度指数则越小。优势度指数最高的为10年生马蔺样地,达0.789。

表2 土壤动物群落结构的主要指标						
Table 2 Some indexes of soil mesofauna structure						
样地 Sample	动物类群数 Number of Orders	密度(头·m ⁻²) Density (number of individuals per square meter)	多样性指数 Diversity index (H')	均匀性指数 Evenness index (J')	优势度指数 Dominance index (C)	电导率 T. D. S (mS·m ⁻¹)
二色补血草 <i>Limonium bicolor</i>	10	13248	0.5975	0.2595	0.752	241
蒙古鸢葱 <i>Scorzonera mongolica maxim</i>	11	10713	0.6104	0.2545	0.749	224
星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i>	8	15347	0.6738	0.3240	0.682	74
金银花 <i>Lonicera japonica</i>	13	8960	1.0820	0.4218	0.521	29
桤柳 <i>Tamarix chinensis</i>	9	10252	1.0124	0.4608	0.441	28
杨树 <i>Poplar sp.</i>	10	13120	0.9880	0.4291	0.457	60
翅碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>	9	13397	1.0018	0.4559	0.508	70
1年生马蔺 1 a <i>Iris lacteal</i>	9	14128	0.7199	0.3276	0.658	50
中亚滨藜 <i>Atriplex centralasiatica</i>	9	14794	0.8872	0.4038	0.556	206
10年生马蔺 10 a <i>I. lacteal</i>	12	63641	0.4575	0.1841	0.789	5

电导率是测定土壤水溶性盐的指标,是判定土壤中盐类离子是否限制土壤动物生存、生长的重要因素。电导率越低说明土壤中盐的含量越少,越有利于土壤动物的生存。由表2可知,电导率与土壤

动物密度整体变化趋势呈反比关系。因此,根据土壤含盐量变化所引起的电导率的变化可以估量某一地区土壤动物数量的多少。随着耐盐碱植物种植年限的增长,土壤水分中的含盐量减少,盐度降低,电导率值减小,土壤动物类群数和种群密度随之增大。在实际测量中,由于不同离子的导电性和质量不同,含盐量与电导率之间并无严格意义上的对应关系,但对土壤动物类群数和种群密度变化的研究可以作为分析含盐量与电导率之间关系的补充。

3 结论与讨论

本次调查共获得各类土壤动物样本 13860 头,隶属于 2 门 8 纲,共计 14 个类群。其中,主要优势类群为蜉蝣目和弹尾目;常见类群为膜翅目和鞘翅目;其他类群均为稀有类群。蜉蝣目、弹尾目、膜翅目和鞘翅目构成了东营盐生植物园土壤动物的主体,对该区土壤动物群落多样性特征起着决定性的作用。本研究为后续研究积累了基础数据。

二色补血草、蒙古鸭葱、星星草、翅碱蓬、中亚滨藜 5 块样地的动物数量没有明显差异,主要原因:这些 1 年生草本植物,秋季多被收割,使得样地一年中较长时间为光板地,所以土壤动物的分布比较一致。此外,在 10 年生马蔺样地捕获的动物数量比 1 年生马蔺多 4 倍以上,存在明显差异,说明根系发达的多年生马蔺,较大程度地减少了所在地的含盐量,减轻了盐度对土壤动物的胁迫作用。

东营盐生植物园土壤动物类群总数较少,稀有类群较多,但稀有物种数量较少,如不采取有效措施,该区的稀有物种随时有灭绝的危险。因此,我们应在关注盐碱地改造进程的同时,更加关注该区土壤动物多样性的变化。

致谢: 山东师范大学的范运梁、刘光华在采样过程中给予了很大帮助,在此深表感谢!

参考文献

- 陈琳,袁峻峰,柏国强,张锦平. 2003. 现代生物技术的生物安全问题. 上海师范大学学报, 32(1): 91-94.
- 范运梁. 2010. 盐生植物对黄河三角洲微生物多样性的影响. 济南: 山东师范大学.
- 付荣恕,刘林德. 2004. 生态学实验教程. 北京: 科学出版社.
- 胡隐昌,肖俊芳,李勇,罗建仁,谭细畅,汪学杰. 2005. 生物安全及其评价. 华中农业大学学报: 社会科学版, 55(1): 29-36.
- 马克平,刘玉明. 1994. 生物群落多样性的测定方法 I: α 多样性的测定方法(下). 生物多样性, 2(4): 231-239.
- 钱迎倩,马克平. 1995. 生物技术与生物安全. 自然资源学报, 10(4): 321-331.
- 田家怡,潘怀剑,傅荣恕. 2001. 黄河三角洲土壤动物多样性初步调查研究. 生物多样性, 9(3): 228-236.
- 王玉珍,刘永信,魏春兰,缪金伟. 2006. 6 种盐生植物对盐碱地土壤改良情况的研究. 安徽农业科学, 34(5): 951-954.
- 尹文英. 1992. 中国亚热带土壤动物. 北京: 科学出版社.
- 尹文英. 1998. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社.
- 尹文英. 2000. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社.
- 尹文英. 2001. 土壤动物学研究的回顾与展望. 生物学通报, 36(8): 1-3.
- 朱新玉,胡云川. 2011. 土壤动物对土壤质量变化的响应述评. 中国农学通报, 27(11): 236-240.
- Blair J M, Bohlen P J and Freckman D W. 1996. Soil invertebrates as indicators of soil quality // Doran J W and Jones A J. *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Special Publication No. 49 Madison, WI: Soil Science Society of America, 283-301.
- Filser J. 2002. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia*, 46: 234-235.
- Song B, Yin X Q and Zhang Y. 2008. Dynamics and relationships of Ca, Mg, Fe in litter, soil fauna and soil in *Pinus koraiensis* broad-leaf mixed forest. *Chinese geographical science*, 18: 284-290.

(责任编辑:杨郁霞)