

# 盐城 5 种绿地春季大型土壤动物群落的生物多样性

葛宝明 李振兴 张代臻 张华彬 刘总堂 周春霖 唐伯平

盐城师范学院 江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室 盐城 224051

**摘要:**选取盐城 5 种城市绿地:杨树林、油菜地、苗圃、公园绿地和草坪,于 2011 年春季开展了大型土壤动物群落的生物多样性研究。结果显示,密度-类群指数(density-group index,  $DG$ )、群落复杂性指数(complexity index,  $C$ )与 Shannon-Wiener 指数( $H'$ )等  $\alpha$  多样性在苗圃、公园绿地和杨树林中均具有较高水平,在草坪和油菜地的大型土壤动物群落生物多样性水平较低, $DG$  指数与  $C$  指数显著线性相关( $P < 0.01, n = 5$ )并对  $H'$  有较为一致的校正效果。采用  $\beta$  多样性(Jaccard 群落相似性系数)为基础的系统聚类结果认为杨树林、苗圃和公园绿地群落相似,草坪和油菜地群落相似。研究结果认为,大型土壤动物群落的生物多样性与绿地生境特征的复杂程度相关,绿地中树木的分布情况可能是影响大型土壤动物群落生物多样性的重要因素,这可为城市绿地规划设计提供参考。

**关键词:**复杂性指数;密度-类群指数;生境特征;大型土壤动物群落;盐城市

中图分类号:Q958.15 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)02-01-07

## Biodiversity of Soil Macrofauna Communities in Five Kinds of Green-land in Spring at Yancheng City, Jiangsu

GE Bao-Ming LI Zhen-Xing ZHANG Dai-Zhen ZHANG Hua-Bin

LIU Zong-Tang ZHOU Chun-Lin TANG Bo-Ping

Jiangsu Provincial Key Laboratory of Coastal Wetland Bioresources and Environmental Protection,  
Yancheng Teachers University, Yancheng 224051, China

**Abstract:** The biodiversity of soil macrofauna were surveyed by sampling five quadrats (20 cm  $\times$  20 cm) in 5 green-lands (poplar wood, rapeseed farm, grassland in park, nursery, and lawn) at Yancheng City in spring, 2011. The habitat of poplar, grassland in park and nursery had a higher value of  $\alpha$  biodiversity which characterized by density-group index ( $DG$ ), complexity index ( $C$ ) and Shannon-Wiener biodiversity index ( $H'$ ), while habitat of rapeseed farm and lawn had a lower value. A significant linear correlation was found between  $DG$  index and  $C$  index ( $P < 0.01, n = 5$ ). Based on the  $\beta$  diversities (Jaccard's similarity coefficient), we made Hierarchical Cluster analysis and the results of that the soil macrofauna communities can be divided into two groups formed by habitat of poplar, grassland in park, and nursery as one group, rapeseed farm and lawn group as the second group. Our results indicated that the biodiversity of soil macrofauna communities is related to the complexity of habitat characters. The distribution of trees might be an important factor that influenced on

**基金项目** 盐城师范学院自然科学研究项目(No. 10YCKL039),江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室开放课题研究项目(No. JLCBE11007),江苏省高校自然科学重大基础研究项目(No. 07KJA18017);

**第一作者介绍** 葛宝明,男,博士;研究方向:动物生态学;E-mail: gebaoming@gmail.com。

收稿日期:2011-11-22,修回日期:2011-12-30

the soil macrofauna communities in green-land. The biodiversities variation among different green-lands can provide help in green-lands design in the cities.

**Key words:** Complexity index; Density-group index; Habitat character; Soil macrofauna community; Yancheng City

多样性是衡量一定地区生物资源丰富程度的一个客观指标,而生境特征是影响生物多样性分布特征的重要因素<sup>[1]</sup>。开展城市绿地生物多样性研究有助于评估与保护城市的生态健康<sup>[2]</sup>,因为城市土壤是城市生态系统的重要组成部分,城市土壤质量与评价对城市规划和可持续发展具有重要作用<sup>[3-4]</sup>。土壤动物群落能灵敏响应多种环境因素变化,其多样性具有较好的生态指示作用<sup>[5-7]</sup>。城市绿地是城市生态系统中重要的生境类型,测定土壤动物群落可以作为测度城市生物多样性水平的重要研究途径<sup>[8]</sup>。

物种多样性是群落分析的重要手段与途径,通常采用的  $\alpha$  多样性指标有 Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ )、Pielou 均匀度指数 ( $E$ ) 以及物种优势度指数 ( $D$ )。在分析土壤动物群落的工作中,研究者往往采用大分类系统,只将个体分类到纲和目的水平<sup>[1,7,9]</sup>。在这种情况下,采用上述的多样性指数,特别是  $H'$  常不能对结果做出很好地解释<sup>[10-12]</sup>。为了计算复杂土壤动物群落的多样性,国内的一些研究工作使用了 2 个不同以往且较为常用的指数来表征  $\alpha$  多样性:密度-类群指数 (density-group index,  $DG$ ) 和群落复杂性指数 (complexity index,  $C$ )。  $DG$  指数在 20 世纪 90 年代首次被提出<sup>[13]</sup>,发现其能较好地分析土壤动物群落次生演替与发展过程。此后,  $DG$  指数被不断改进,得到了国内学者的肯定和应用<sup>[14-15]</sup>。  $C$  指数是在 21 世纪初提出的用群落间的相对个体数作为校正系数 ( $r$ ) 来修正  $H'$  指数,通过比较  $C$  指数和其他指数 ( $H'$ ,  $E$  和  $D$ ),发现  $C$  指数能很好地说明土壤动物多样性的分布差异<sup>[16]</sup>,组成丰富、各类群个体数比较接近且相对丰盛的群落都具有较高的  $C$  值<sup>[5,9,17]</sup>。但也有研究指出,分析土壤动物群落的多样性,不能仅靠单一

含义的多样性指数的堆砌,需要结合综合指数<sup>[15]</sup>及其他多元统计来探讨群落异同<sup>[6,9,18]</sup>。

城市中的绿地类型往往由土地利用形式与城市规划决定,常见的一些类型有草坪类、草地类、灌木类、乔木类等,各种不同建设方式获得植被覆盖<sup>[5-7]</sup>。同时,随着城市化的推进,城市范围不断扩张,在城市与农村的土地利用转变过程中,有一些小的农田斑块散布于城市内部,形成独特的“城区-农田”镶嵌格局,而其中的农田可被视为一种“特殊”的绿地类型。因此,选取城市中具有代表性绿地类型,研究大型土壤动物群落生物多样性,可为城市中的生物多样性维持与演变提供科学基础。

以 2011 年 4 月下旬开展的盐城城市绿地春季大型土壤动物群落研究为例,采用大分类系统下的大型土壤动物群落数据为基础,结合不同的  $\alpha$  多样性分析方法和基于  $\beta$  多样性 (Jaccard 群落相似性系数) 的群落聚类方法,探讨不同绿地条件下大型土壤动物群落的多样性表征特征,分析城市绿地生境类型对多样性的影响,以期在城市绿地规划设计提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 研究地点** 研究地点为江苏中北部沿海城市盐城,位于亚热带和北温带的过渡地带,季风气候,受海洋气候和陆地气候的双重影响,温暖湿润,雨水充沛,年降水量为 900 ~ 1 100 mm,日照数 2 200 ~ 2 400 h,年均温 14.6 ~ 15.9℃。最冷的 1 月平均温度 1 ~ 2℃,最热的 7 月平均温度 27 ~ 28℃,4 月的平均温度 13 ~ 14℃,春季的年平均降水量为 150 ~ 200 mm<sup>[19]</sup>。在盐城市区选取 5 种不同植被条件的城市绿地,主要是盐城主要道路和河岸边常见的杨树林 (poplar),一条城市干道街边的公园绿地 (grassland in park),一条城市干道绿

化带中的种植草坪(lawn),城市中一块苗圃(nursery)以及城市扩张后镶嵌在城区间的小斑块农田中的油菜地(rapeseed farm),其中油菜地可被视为是城市动态变化过程中土地利用变化的一种特殊的、具有代表性的绿地类型,本研究选取了上述 5 种具有代表性的绿地开展工作。具体情况如下:

杨树林选自通榆运河岸边绿化带,其主要植被种类为意大利杨(*Populus euramevicana*),乔木盖度 40%,高度约 8 m,胸径 15 cm 左右;基本无灌木;草本种类有狗尾草(*Setaria viridis*)、小飞蓬(*Conyza canadensis*)等,草本盖度 30%;杨树林种植年限 7 年。

油菜地中无乔木灌木,种植作物为油菜(*Brassica napus*),盖度 90%;油菜为 1 年生作物。

公园绿地选取了一个街边公园的草地,种植有雪松(*Cedrus deodara*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*),树高度约 4 m,胸径 12 ~ 18 cm,乔木盖度 10%;灌木有黄杨(*Buxus sinica*)、大叶女贞(*Ligustrun lucidum*)等,高度约 1.5 m,灌木盖度 10%;草本主要有广布野豌豆(*Vicia cracca*)、小飞蓬和藜(*Chenopodium album*)等,草本盖度 100%;公园绿地主要树种移栽种植年限 4 年。

草坪为种植的短叶沿阶草(*Ophiopogon japonicus*),草本盖度 100%,草坪种植年限 4 年。

苗圃种植大叶女贞,高度约 2 m,灌木盖度 80%,草本主要是小飞蓬,雀舌草(*Stellaria alsine*)等,草本盖度 30%;苗圃种植年限 5 年。

**1.2 取样和鉴定** 2011 年 4 月下旬进行样品采集工作。在绿地内部(远离路边 5 m 以上)随机选取面积为 20 cm × 20 cm、深度 15 cm 的样地,每个绿地类型设置 5 个样地。获得的土样用聚乙烯塑料袋封装,在实验室内手捡法挑出大型土壤动物(> 2 mm)放入 75% 酒精中保存。大型土壤动物的分类鉴定采用大类别(纲、目或科)分类方法<sup>[14]</sup>,检索和鉴定标本<sup>[20]</sup>。本研究采集到的标本鉴定到目。

**1.3 数据处理** 土壤动物的多度按以下标准划分:个体数量占总捕获量 10.00% 以上者为优势类群(+++),占 1.00% ~ 10.00% 者为常见类群(++),不足 1.00% 者为稀有类群(+).

土壤动物群落结构指标的测定,采用公式如下<sup>[21]</sup>。

Shannon-Wiener 多样性指数:  $H' = - \sum P_i \ln P_i$ ; Pielou 均匀性指数公式:  $E = H' / \ln s$ ; Simpson 优势度指数:  $D = 1 - \sum P_i^2$ ; 式中,  $P_i$  指  $i$  物种在群落中的个体比例,即  $P_i = n_i / N$ ,  $n_i$  为该区内第  $i$  个类群的个体数量,  $N$  为样区内所有种的个体数量,  $s$  为群落中种类(本研究为类群)的数目。

$DG$  指数<sup>[15]</sup>:  $DG = (g/G) \sum (D_i T_i / D_{iMax} T)$ ,  $T$  为研究的群落数,  $T_i$  为第  $i$  类群在  $T$  个群落中出现的次数,  $D_i$  为第  $i$  类群的密度,  $D_{iMax}$  为第  $i$  类群出现的最大密度,  $g$  为群落中的类群数,  $G$  为  $T$  个研究群落中的总类群数。

群落  $j$  的复杂性指数<sup>[16]</sup>:  $C_j = H'_j \times r_j$ ,  $r_j$  可由下式求出:  $r_j = A_j / \bar{a}$ ,  $A_j = (1/S_j) \sum (N_{ij} / N_i)$ , 其中,  $N_{ij}$  为群落  $j$  中类群  $i$  的个体数,  $N_i$  为所有群落中类群  $i$  的总个体数 ( $N_i = \sum N_{ij}$ ),  $S_j$  为群落  $j$  的类群数,  $A_j$  为群落  $j$  中各类群群落间相对个体数 ( $N_{ij} / N_i$ ) 的平均值(可称为群落  $j$  的个体丰盛度),  $\bar{a}$  为各群落的平均个体丰盛度 [ $\bar{a} = (1/n) \sum A_j$ ].

Jaccard 群落相似性系数<sup>[22]</sup>:  $J = c / (a + b - c)$ ,  $c$  为两群落共有的类群数,  $a$  和  $b$  分别是两个群落的类群数。

结合  $C$  指数和  $DG$  指数计算公式,采用一元一次回归分析,判断两种指数之间是否为显著的线性相关。以群落相似性系数为基础进行群落系统聚类,探讨群落之间的相似情况。

相关数据处理在 Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft Inc.) 和 SPSS 16.0 (SPSS Inc.) 中进行。

## 2 结果

**2.1 群落结构** 在 5 个绿地生境中采集 25 个样地,土壤容积 150 000 cm<sup>3</sup>,获得大型土壤动

物 513 头,隶属于 3 门 7 纲 18 目;优势类群为膜翅目和等足目,合计频度达 59.06%;常见类群为鞘翅目、半翅目、双翅目、原尾目、蜘蛛目、盲蛛目、颤蚓目、中腹足目和柄眼目,合计频度为 36.45%;其余类群均为稀有类群,合计频度 4.49% (表 1)。

表 1 5 种绿地类型中大型土壤动物群落组成

Table 1 Composition of soil macrofauna communities in 5 green-lands

目 Order	杨树林 Poplar	油菜地 Rapeseed farm	公园绿地 Grassland in park	草坪绿地 Lawn	苗圃 Nursery	频度 (%) Frequency	等级 Grade
鞘翅目 Coleoptera	++	++	++	++	++	5.46	++
膜翅目 Hymenoptera	+++	+++	+++	+++	+++	31.77	+++
等翅目 Isoptera			++		+	0.97	+
鳞翅目 Lepidoptera				++	+	0.78	+
半翅目 Hemiptera	++	+++	++	+++		3.51	++
双翅目 Diptera					+	0.39	+
虱目 Anoplura	++		+		+	0.58	+
双尾目 Diplura	++	++	++	+++	++	7.41	++
原尾目 Protura			++	+++	+++	6.63	++
蜘蛛目 Araneae	++	++	++		++	3.90	++
盲蛛目 Opiliones	++		++	++	+	1.56	++
蜈蚣目 Scolopendromorpha	++		++	++	+	0.97	+
地蜈蚣目 Geophilomorpha			+	++		0.39	+
等足目 Isopoda	+++		+++		+++	27.29	+++
正蚓目 Lumbricida			+		+	0.39	+
颤蚓目 Tubificida	++		++		+	1.36	++
中腹足目 Mesogastropoda	+++		++			3.31	++
柄眼目 Stylommatophora	++	++	++		++	3.31	++

+++ 优势类群; ++ 常见类群; + 稀有类群。+++ Dominant; ++ Frequent; + Rare.

2.2 多样性分析  $H'$ 、 $E$  多样性指数均为:公园绿地 > 杨树林 > 苗圃 > 草坪绿地 > 油菜地;  $D$  为:公园绿地 > 杨树林 > 草坪绿地 > 苗圃 > 油菜地,表现为苗圃中土壤动物群落类群的集中程度较草坪高(图 1)。

$C$  指数和  $DG$  指数均表现为:公园绿地 > 苗圃 > 杨树林 > 草坪绿地 > 油菜地,其中苗圃和杨树林的顺序结果与  $H'$  中展现的结果有所不同(图 2a)。一元一次线性回归结果显示, $C$  指数与  $DG$  指数极显著线性相关( $P < 0.01$ ) (图 2b)。

2.3 群落相似性系数与聚类分析 杨树林与公园绿地、公园绿地与苗圃、杨树林与苗圃生境中大型土壤动物群落相似性系数大于 0.50,其他群落之间的相似性较小,其中以草坪与公园绿地群落间相似性系数最小,为 0.35 (表 2)。群落系统聚类结果显示,杨树林、公园绿地、苗圃生境中大型土壤动物群落聚为一类,草坪、油菜地群落聚为另一类(图 3)。

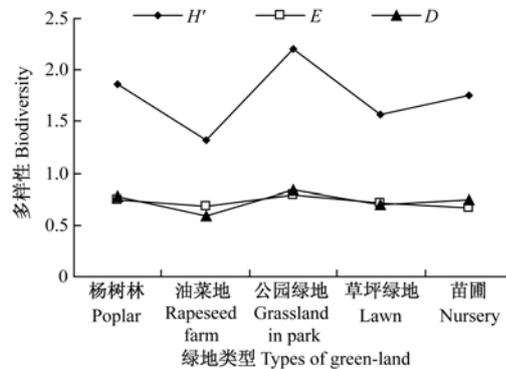


图 1 大型土壤动物群落的多样性指数

Fig. 1 The biodiversity indices on the macrofauna communities

$H'$ . Shannon-Weiner 指数;  $E$ . Pielou 均匀度指数;

$D$ . Simpson 优势度指数。

$H'$ . Shannon's diversity index;  $E$ . Pielou's evenness index;

$D$ . Simpson's dominance index.

### 3 讨论

本研究发现在苗圃、公园绿地和杨树林中

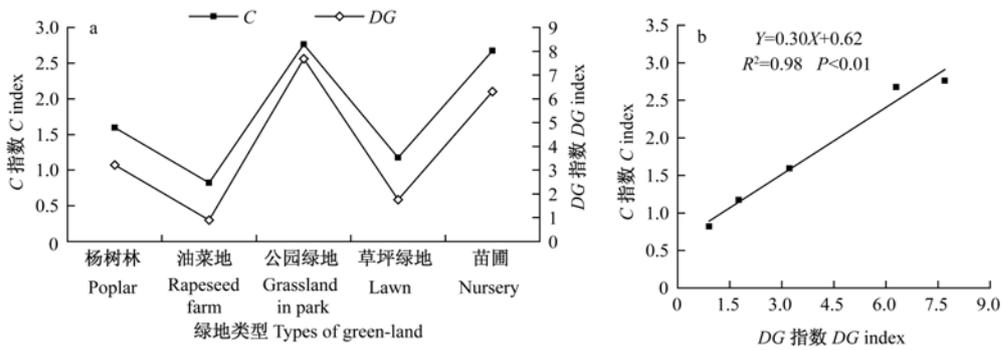


图 2 大型土壤动物群落的 C 指数和 DG 指数 (a) 及回归分析 (b)

Fig. 2 C index and DG index of the macrofauna communities (a) and the linear regression analysis (b)

表 2 大型土壤动物群落间 Jaccard 相似性系数  
Table 2 Jaccard's similarity coefficient among macrofauna communities

绿地类型 Types of green space	杨树林 Poplar wood	油菜地 Rapeseed farm	公园绿地 Grassland in park	草坪 Lawn
油菜地 Rapeseed farm	0.46			
公园绿地 Grassland in park	0.75	0.35		
草坪 Lawn	0.40	0.46	0.47	
苗圃 Nursery	0.59	0.38	0.72	0.41

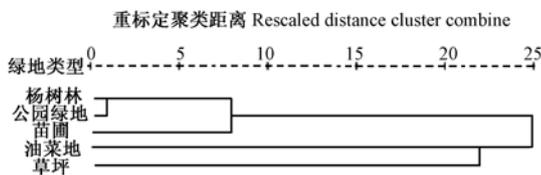


图 3 基于 Jaccard 相似性系数的群落聚类

Fig. 3 The Hierarchical Cluster based on the Jaccard's similarity coefficient

组间平均聚类法。Average Linkage Between Groups.

杨树林:Poplar; 公园绿地:Grassland in park;

苗圃:Nursery; 油菜地:Rapeseed farm; 草坪:Lawn。

的大型土壤动物群落有较高的  $\alpha$  多样性,在油菜地和草坪中多样性较低(图 1,2),基于  $\beta$  多样性的聚类分析也证实了这一结果的合理性(图 3)。公园绿地、苗圃和杨树林中均有一定的树木覆盖,植被特征也较为丰富;而油菜地和草坪这两种生境的植被单一,缺乏树木覆盖,人为干扰较大,可直观判断其生境复杂程度在一

定程度上较前面提到的另 3 种类型差。复杂土壤生境中往往能保持复杂的食物网关系,土壤动物各种功能群在其中均能占据相应生态位维持较高的生物多样性<sup>[23]</sup>。结合在浙江金华<sup>[6]</sup>和上海<sup>[18]</sup>城市绿地中的研究,发现城市绿地中树木分布情况可能是影响大型土壤动物多样性的一个重要因素。城市绿地中的树木可以促使土壤保持一定的湿度和避免强烈的光照,保持较高的土壤环境分化程度以适合多类大型土壤动物生存,进而保持更高的生物多样性<sup>[6]</sup>。同时,生物多样性表征与环境扰动之间具有显著的关联,如栖息地毁坏后栖息地特征发生剧烈变化而导致生物多样性的下降<sup>[1]</sup>,城市绿地中的人为干扰是一种典型的栖息地剧烈变化引发因素<sup>[8]</sup>。

本研究支持 C 指数与 DG 指数对  $H'$  均有较好的校正作用这一观点。如:用  $H'$  表征群落生物多样性时苗圃(1.76) < 杨树林(1.87),实际情况是杨树林中只有 12 个类群,个体数也只有  $17.80 \pm 4.21$ ,苗圃中却出现 15 个类群和  $40.20 \pm 4.09$  的个体数,但是只因杨树林中的类群分布稍均匀些(图 1),才使得苗圃中的  $H'$  较杨树林中的小。而 C 指数苗圃(2.68) > 杨树林(1.59)和 DG 指数苗圃(6.30) > 杨树林(3.23),个体数和类群数的特征在指数表现中得以更好的体现。不同于 DG 指数是以群落中类群可能出现的最大个体数为重要参数<sup>[15]</sup>,C 指数考虑了类群在所有群落中的相对个体

数<sup>[16]</sup>。同时,本研究中 *C* 指数与 *DG* 指数之间存在极显著的线性相关性,说明在一定的研究尺度上,如合适的取样面积和分类阶元,*C* 指数与 *DG* 指数对 *H'* 的校正能获得较为一致的效果,而在其他条件下的校正效果需要进一步验证评估<sup>[24]</sup>。而通过以  $\beta$  多样性为基础的聚类分析发现,具有较高类群相似性的群落会更近地聚在一起,如杨树林和公园绿地,从而展现了类群分布的特征,但采用基于  $\beta$  多样性为基础的聚类分析并未体现群落包含的个体数的特征,而仅仅体现了类群的丰富性差异或相似情况。

大型土壤动物群落所处环境中的植被特征往往与有机质、含水量等土壤理化性质密切相关,土壤理化性质及植被特征决定了生境的复杂程度<sup>[25-27]</sup>。本研究中不论是采用 *H'*、*C* 或 *DG* 指数,大型土壤动物多样指数的表征在复杂生境中均较在简单生境中的要高,这说明了生物多样性是与生境特征复杂程度密切相关的<sup>[28-29]</sup>。因此在城市绿地生态系统中,生境复杂程度是一种极具价值的表征土壤动物生物多样性的表现指标。具体来说,具有复杂植被条件的公园绿地、苗圃在种植大叶女贞后很少再有人活动,人为干扰较少,杨树林也很少有人为活动,这类绿地往往能保持较高的大型土壤动物多样性水平。因此,在城市绿地建设和规划方面需要结合城市环境中的自然生境特征,并通过减少人为干扰、增加绿地植被结构复杂性等手段,可以更好地保护、维持生态系统中的生物多样性水平<sup>[30]</sup>。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Stone L. Biodiversity and habitat destruction: a comparative study of model forest and coral reef Ecosystems. *Proceedings: Biological Sciences*, 1995, 261 (1362): 381 - 388.
- [ 2 ] Natuhara Y, Imai C, Takeda H. Classification and ordination of communities of soil arthropods in an urban park of Osaka City. *Ecological Research*, 1994, 9(2): 131 - 141.
- [ 3 ] Paterson E, Sanka M, Clark L. Urban soils as pollutant sinks-a case study from Aberdeen, Scotland. *Applied Geochemistry*, 1996, 11(1/2): 129 - 131.
- [ 4 ] 张甘霖,朱永官,傅伯杰. 城市土壤质量演变及其生态环境效应. *生态学报*, 2003, 23(3): 539 - 546.
- [ 5 ] 杨冬青,高峻,韩红霞. 城市不同土地利用类型下土壤动物的分布初探. *上海师范大学学报:自然科学版*, 2003, 32(4): 86 - 92.
- [ 6 ] 葛宝明,程宏毅,郑祥,等. 浙江金华不同城市绿地大型土壤动物群落结构与多样性. *生物多样性*, 2005, 13(3): 197 - 203.
- [ 7 ] 高艳,卜云,栾云霞,等. 城市新规划地土壤动物群落组成和多样性:以上海市世博会会址为例. *生物多样性*, 2007, 15(2): 207 - 214.
- [ 8 ] McIntyre N E, Rango J, Fagan W F, et al. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 52(4): 257 - 274.
- [ 9 ] 葛宝明,孔军苗,程宏毅,等. 不同利用方式土地秋季大型土壤动物群落结构. *动物学研究*, 2005, 26(3): 272 - 278.
- [ 10 ] 廖崇惠,李健雄,黄海涛. 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究. *生态学报*, 1997, 17(5): 549 - 555.
- [ 11 ] 吴东辉,胡克,殷秀琴. 松嫩草原中南部退化羊草草地生态恢复与重建中大型土壤动物群落生态特征. *草业学报*, 2004, 13(5): 121 - 126.
- [ 12 ] 晏毓晨,颜亨梅,王常玖,等. 湖南“三难地”土壤动物群落结构研究. *农业现代化研究*, 2005, 26(2): 154 - 157.
- [ 13 ] 廖崇惠,陈茂乾. 热带人工林土壤动物群落的次生演替和发展过程探讨. *应用生态学报*, 1990, 1(1): 53 - 59.
- [ 14 ] 尹文英. 中国土壤动物. 北京:科学出版社, 2000: 1 - 399.
- [ 15 ] 廖崇惠,李健雄. 再论 *DG* 指数的性质与应用. *生物多样性*, 2009, 17(2): 127 - 134.
- [ 16 ] 傅必谦,陈卫,董晓晖,等. 北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构. *生态学报*, 2002, 22(2): 215 - 223.
- [ 17 ] 韩立亮,王勇,王广力,等. 洞庭湖湿地与农田土壤动物多样性研究. *生物多样性*, 2007, 15(2): 199 - 206.
- [ 18 ] 王金凤,由文辉. 上海城市绿地生境中春季大型土壤动物群落结构研究. *生态与农村环境学报*, 2007, 23(1): 19 - 23.
- [ 19 ] 江苏省地图集编篆委员会. 江苏省地图集. 北京:中国地图出版社, 2004: 8 - 12.
- [ 20 ] 尹文英. 中国土壤动物检索图谱. 北京:科学出版社, 1998: 1 - 756.

- [21] 马克平. 生物多样性的测度方法//钱迎倩,马克平. 生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社,1994: 141-165.
- [22] 张金屯. 数量生态学. 2 版. 北京:科学出版社,2011: 1-372.
- [23] Brussaard L, Pulleman M M, Ouedraogo é, et al. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia*, 2007, 50(6): 447-462.
- [24] 颜绍疆, Singh A N, 邱红兵, 等. DG 指数在定量多样性时的缺陷及其内涵解析. *生物多样性*, 2009, 17(5): 524-530.
- [25] 鲍毅新, 程宏毅, 葛宝明, 等. 不同土地利用方式下大型土壤动物群落对土壤理化性质的响应. *浙江师范大学学报:自然科学版*, 2007, 30(2): 121-127.
- [26] 刘志磊, 徐海根, 丁晖. 外来入侵植物紫茎泽兰对昆明地区土壤动物群落的影响. *生态与农村环境学报*, 2006, 22(2): 31-35.
- [27] 哈斯塔米尔, 罗瑞芳, 刘新民. 皇甫川流域大型土壤动物对不同水土治理措施响应. *动物学杂志*, 2011, 46(6): 1-10.
- [28] 陈波, 包志毅. 从柏林的生境调查看城市生物多样性保护的策略. *世界林业研究*, 2005, 18(2): 30-35.
- [29] 戚仁海. 生境破碎化对城市化地区生物多样性影响的研究. 上海:华东师范大学博士学位论文, 2008: 1-144.
- [30] 吴鹏飞, 朱波. 重庆市生物多样性与生境敏感性评价. *西南农业学报*, 2008, 21(2): 301-304.

## 陕西省鸟类新纪录——白斑尾柳莺



2011 年 5 月 27 ~ 30 日, 笔者在秦岭北坡的眉县红河谷调查期间多次观测到白斑尾柳莺 (*Phylloscopus davisoni*)。Per Alström 通过播放自己之前录制的白斑尾柳莺的鸣声进行招引, 并用双目望远镜 (10 × 40 倍 SWAROVSKI) 观察, 同时利用佳能 7D 照相机 (300 定焦镜头加 1.4 倍增倍镜) 拍摄照片进行对比鉴定, 确定所观察到的为白斑尾柳莺。此次调查发现其分布于海拔 1 500 m 左右的阔叶林带 (E 107°46'58", N 34°03'42")。据文献记载, 该种鸟在中国分布于云南、贵州、四川、重庆、湖南和福建西北部。经查阅以往有关的鸟类文献资料以及《中国鸟类分类与分布名录》第二版 (郑光美, 2011), 确定该鸟在陕西省尚未记述。

**致谢** 本次在秦岭地区进行的联合野外考察得到了国家自然科学基金重大国际合作项目 (No. 31010103901) 及中国科学院外国专家特聘研究员计划 (No. 2011T2S04) 的资助。

高学斌<sup>①</sup> Per Alström<sup>②③</sup> 宋刚<sup>③</sup> 尹祚华<sup>③</sup>

① 陕西省动物研究所 西安 710032; ② 瑞典农业大学 乌普萨拉 75007;

③ 中国科学院动物研究所 北京 100101