

两种土壤背景值下城市绿地凋落物层土壤动物群落结构与动态

李冬梅, 由文辉*, 方芳芳 (华东师范大学环境科学系, 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062)

摘要 为探讨城市系统下不同土壤背景对绿地凋落物土壤动物群落结构的影响, 2007年7月至2008年4月对上海外环线(闵行段)土壤背景为农田土和客土两种绿化带的凋落物土壤动物群落结构进行了调查。共捕获到土壤动物22189只, 隶属3门8纲18目, 优势种为蟬蟎目, 占总数的93.08%, 常见类群为弹尾目。不同土壤背景的绿地凋落物中土壤动物群落优势类群与常见类群组成一致, 类群数与密度为农田土绿地>客土绿地; 凋落物中土壤动物的密度-类群DG值、Shannon-Wiener多样性指数(H)、Pielou均匀度指数(E)与Simpson优势度指数(C)为农田土绿地>客土绿地, Margalef丰富度指数(D)与之相反; 凋落物土壤动物类群数季节变化为春季=秋季>冬季=夏季, 捕获量为秋季>夏季>冬季>春季; 土壤pH值、有机碳和总氮含量不同, 对凋落物土壤动物捕获量、主要类群及类群数有一定影响。

关键词 土壤动物; 群落结构; 凋落物; 绿地

中图分类号 S154.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)26-12584-05

Community Structure and Dynamics of Soil Animal in Green Belt Litter from Two Soil Origin in Urban City

LI Dong-mei et al (Shanghai Key Laboratory for Ecology of Urbanization Process and Eco-restoration, Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract To study the effect of different soil origin on community structure of soil animal in green belt litter, the author investigated the soil animals in green belt litter at Shanghai Outer Ring expressway from Jul. 2007 to Apr. 2008, one's soil had been used as farm land and the other one was foreign soil. A total of 22 189 soil animals were collected, belonging to 3 phyla, 8 classes and 18 orders. The dominant groups were Arcarina accounting for 93.08% of the total, and Collembola was the common group. The results indicated that green belt litters with different soils has the same dominant groups and common groups, but soil animal group number and density reduced along a gradient of farmland used soil belt, foreign soil belt. The density-group index(DG), Shannon-Wiener(H), Pielou(E) and Simpson(C) showed the following pattern: farmland used soil belt > foreign soil belt, Margalef(D) was foreign soil belt > farmland used soil belt. The seasonal change of the total number of soil animals were ranked as: autumn > summer > winter > spring, while the number of soil animal groups were ranked as: spring = autumn > winter = summer, different pH value and contents of organic carbon(OC), total nitrogen(TN) might have impacts on the distribution of soil animals.

Key words Soil animal; Community structure; Litter; Green belt

凋落物中生活着大量的土壤动物, 它们参与凋落物分解过程^[1-2], 影响着土壤与植物的养分循环过程^[3-4]。国内外学者就森林生态系统不同植被类型、配置方式^[5-9]等方面的凋落物分解情况^[10-12]等问题进行凋落物土壤动物研究; 城市生态系统中的研究较少^[13-14]。近年来, 随着城市化进程的加快, 城市绿地随之出现, 改善了城市生态系统。城市绿地多为改变原来的土地利用类型改建而成, 其土壤来源多数不属于本源土壤, 多为外源土壤, 环境比较恶劣, 是有别于农田与森林的特殊生态系统^[15]。评价城市本源土壤绿地与外源土壤绿地的土壤健康状态与生态效益, 可以通过研究绿地土壤动物群落结构来实现^[16-18]。因此研究城市不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物的群落结构与动态具有重要意义。笔者对上海外环线(闵行区)2种不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物群落结构与季节动态以及土壤背景与土壤动物群落结构的关系进行探讨, 以期评价城市绿地的土壤环境和生态系统健康状况提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况与样地设置 上海市位于北纬30°41'~31°53', 东经120°51'~122°12'。地处中国海岸带的中部, 面临太平洋, 背靠长江流域, 属于亚热带季风气候区, 四季分明, 日照充分, 雨量充沛。气候温和湿润, 春秋较短, 夏较长, 年平均气温16℃左右。全年无霜期约230d, 年平均降雨量在1200mm左右。境内除西南部有少数丘陵山脉外, 全为

坦荡低平的平原, 是长江三角洲冲积平原的一部分, 平均海拔高度为4m左右^[12, 18-19]。研究样地位于上海市闵行区外环线高速公路旁绿化林带。上海外环线位于上海城乡结合部, 环内城区面积680km²。外环线道路在全线道路两侧完成400m宽绿化带, 建林时间为1998年, 为人工半自然林, 植被配置类型为乔木-灌木或乔木-灌木-草。乔木类型有香樟(*Cinnamomum caphora*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、栎树(*Koelreuteria paniculata*)、意大利杨树(*Poplar italician*)等; 灌木类型有海桐(*Pittosporum tobir*)、八掌金盘(*Fatsia japonica*)等; 草本有紫茉莉(*Mirabilis jalap*)、麦冬(*Ophiopogon japonicu*)等。

样地I位于上海外环线闵行段外侧100m的第2标段林带, 该林由原来的农田改造而成, 土壤背景为农田土壤; 样地II位于外环线闵行段内侧的22.5m林带, 该林由村庄改建而成, 其土壤表层为外来的土壤, 土壤背景为客土。在两个样地中分别设置3个样方: 样方I-A和II-A为香樟常绿落叶树、I-B和II-B为水杉落叶针叶树、I-C为栎树落叶阔叶树、II-C为意大利杨树落叶阔叶树(表1)。

1.2 调查方法 2007年7月~2008年4月, 每隔3个月分别在以上6样方采样, 每一样方随机选3个平行点, 每个点间隔5m以上; 由于城市绿化用地面积较小, 且多为长方形, 因此每个样地沿其长边选; 每个点手捡直径为30cm圆形样方的凋落物于布袋中。所采样品带回实验室后立即用塔式干法电热分离装置在60W白炽灯下进行24h分离, 用Nikon SMZ800显微镜镜检鉴定计数^[20-21], 以获得2种土壤背景绿地土壤动物群落结构与季节动态数据。

基金项目 华东师范大学-闵行区科技合作项目资助。

作者简介 李冬梅(1982-), 女, 广西梧州人, 硕士研究生, 研究方向: 城市生态学。*通讯作者。

收稿日期 2009-04-23

1.3 土壤 pH 值、有机碳、总氮和总磷含量测定 每个样点采集若干凋落物进行土壤动物分离的同时,也采集其土壤样品带回实验室,风干、粉碎后分别过 18 目、60 目和 100 目筛后用于各项指标的测定。pH 值的测定采用无 CO₂ 蒸馏水与

土壤 1:1 混合,磁力搅拌 1 min,静止半小时后用 DELTA320 pH 计测定。有机碳采用重铬酸钾-硫酸(K₂Cr₂O₇-H₂SO₄)氧化法测定,总氮和总磷用 SKALAR 流动注射分析仪测定^[13]。

表 1 调查样地的植被与土壤概况

Table 1 Vegetation and soil quality of green belt in the plots

样地与土壤背景 Plot and soil background	样方 Sample	植被类型 Vegetation types	土壤 pH、有机碳(TOC)、总氮(TN)与 总磷(TP)含量 pH value, organic carbon, total N and total P of soil
外环线外侧 100 m 2 标段 农田土(I)	I-A 乔-灌	乔木为香樟(密度 0.12 棵/m ²),灌木为海桐(0.04 棵/m ²),八掌金盘(0.08 棵/m ²)和香樟(0.20 棵/m ²)	pH = 7.92 ± 0.20, TOC = 1.65 ± 0.33 TN = 0.22 ± 0.13, TP = 2.34 ± 0.54
	I-B 乔-灌	乔木为水杉(0.40 棵/m ²),灌木为海桐(0.12 棵/m ²),香樟(0.64 棵/m ²)	pH = 7.73 ± 0.14, TOC = 1.97 ± 0.33 TN = 0.24 ± 0.13, TP = 2.19 ± 0.45
	I-C 乔-灌	乔木为栎树(0.12 棵/m ²),灌木为栎树(1.56 棵/m ²),海桐(0.04 棵/m ²)	pH = 7.86 ± 0.17, TOC = 2.08 ± 0.61 TN = 0.24 ± 0.14, TP = 2.29 ± 0.34
外环线内侧 22.5 m 标段 客土(II)	II-A 乔-灌	乔木为香樟(0.12 棵/m ²),灌木为海桐(0.12 棵/m ²)	pH = 8.01 ± 0.16, TOC = 1.82 ± 0.50 TN = 0.23 ± 0.12, TP = 1.89 ± 0.32
	II-B 乔-灌-草	乔木为水杉(0.40 棵/m ²),灌木为海桐(0.08 棵/m ²),草本为紫茉莉和麦冬	pH = 7.96 ± 0.15, TOC = 1.74 ± 0.26 TN = 0.21 ± 0.22, TP = 1.86 ± 0.36
	II-C 乔-灌-草	乔木为意大利杨树(0.32 棵/m ²),灌木为海桐(0.08 棵/m ²),草本为紫茉莉	pH = 7.99 ± 0.09, TOC = 1.94 ± 0.61 TN = 0.32 ± 0.36, TP = 1.91 ± 0.37

注:TOC 单位为%,TN 单位为 mg/g,TP 单位为 10⁻² mg/g。

Note: The unit of TOC is %, the unit of TN is mg/g, the unit of TP is 10⁻² mg/g.

1.4 数据分析 把四季捕获到的凋落物层土壤动物个体数换算成每平方米的土壤动物密度数,算作该样方年平均每平方米土样中土壤动物总捕获量,根据以下公式分别计算样地中土壤动物密度-类群指数、多样性指数、均匀度、优势度和丰富度^[1,13,18-19]。由于土壤动物分类难度较大,笔者仍根据土壤动物高级分类群进行群落组成及多样性分析。

密度-类群 DG 指数: $DG = (g/G) \times \sum (D_i B_i / D_{\max} B_{\max})$ 式中, g 为要测度的某群落的实有类群数; G 为各群落的总类群数; D_i 为第 i 类群的密度; D_{\max} 为各群落中第 i 类群的最大密度; B_i / B_{\max} 为第 i 个类群在 B 个群落中出现的比率;

Shannon-Wiener 多样性指数 $H = - \sum P_i \ln P_i$, 其中, $P_i = n_i / N$, 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 $E = H / \ln S$, 式中 S 为类群数;

Simpson 优势度指数 $C = \sum P_i^2$;

Margalef 丰富度指数 $D = (S - 1) / \ln N$ 。

利用统计分析软件 SPSS11.5 对 2 种不同土壤背景绿地的土壤动物密度、总土壤动物密度四季动态数据以及绿地土壤的 pH 值、有机碳、总氮、总磷含量进行方差分析,同时对土壤 pH 值、有机碳、总氮和总磷含量以及土壤动物主要类群密度、总捕获量、类群数量进行 Pearson 相关分析。

2 结果与分析

2.1 土壤动物群落组成 四季共捕获到凋落物土壤动物 22 189 只,隶属于 3 门 8 纲 18 目,优势种为蜚蠊目,占总数的 93.08%;常见类群为弹尾目,其余为稀有类群(表 2)。其中样地 I 共捕获到土壤动物 17 931 只,隶属于 3 门 8 纲 18 目,优势种为蜚蠊目,占总数的 76.97%;样地 II 共捕获到土壤动物 4 258 只,隶属于 3 门 8 纲 16 目,优势种为蜚蠊目,占总数的 16.11%。2 种不同土壤背景绿地凋落物中的土壤动物群落

优势类群与常见类群组成一致。

凋落物土壤动物类群数与密度存在显著差异:土壤动物类群数在常绿阔叶绿地中为客土绿地 > 农田土绿地,在针叶落叶与落叶阔叶绿地为农田土绿地 > 客土绿地;土壤动物密度于 3 种绿地中均为农田土绿地 > 客土绿地,其中农田土绿地中栎树最高,客土绿地中水杉最低。土壤动物主要类群分布也存在差异,农田土绿地蜚蠊目(占此次调查总数的 76.97%)显著高于客土绿地(16.11%);蜚蠊目与近孔寡毛目密度于 3 种绿地中均为农田土绿地显著高于客土绿地;弹尾目于常绿阔叶与针叶阔叶绿地为客土绿地 > 农田土绿地,落叶阔叶绿地中则农田土绿地 > 客土绿地;双翅目于针叶落叶与落叶阔叶绿地中为农田土绿地显著高于客土绿地;缨翅目在针叶落叶绿地中农田土绿地显著高于客土绿地;膜翅目于常绿阔叶绿地为客土绿地显著高于农田土绿地。土壤动物密度的方差分析表明:常绿阔叶绿地中凋落物土壤动物密度在农田土绿地与客土绿地差异不显著($F = 0.983, P = 0.322$),针叶落叶与落叶阔叶绿地中农田土绿地与客土绿地差异显著($F = 4.487, P = 0.035; P = 3.505, F = 0.022$)。

凋落物土壤动物类群数为农田土绿地(18) > 客土绿地(16),6 样方中类群数最高为农田土绿地的阔叶落叶树(19),最低为客土绿地的针叶落叶树(9);蜚蠊目、弹尾目、双翅目、缨翅目、鳞翅目鞘翅目、近孔寡毛目和中腹足目均为农田土绿地 > 客土绿地,同翅目、膜翅目与啮目则为客土绿地略高于农田土绿地,后孔寡毛目、双尾目与盲蛛目稀有类群只在农田土绿地捕获到;凋落物土壤动物密度在农田土绿地与客土绿地差异显著($F = 8.806, P = 0.003$)。

2.2 土壤动物多样性分析 图 1 显示,土壤动物密度-类群 DG 值与 Margalef 丰富度指数(D)在针叶落叶和落叶阔叶绿地中为农田土绿地 > 客土绿地,在常绿阔叶绿地中为客土

绿地 > 农田土绿地; Shannon-Wiener 多样性指数 (H)、Pielou 均匀度指数 (E) 和 Simpson 优势度指数 (C) 在 3 种绿地中均为农田土绿地 > 客土绿地; 土壤动物多样性指数方差分析表明: 常绿阔叶绿地的土壤动物密度 - 类群 DG 值、Shannon-Wiener 多样性指数 (H)、Pielou 均匀度指数 (E) 与 Simpson 优

势度指数 (C) 差异不显著 ($P > 0.05$), 针叶落叶绿地中密度 - 类群 DG 值在农田土绿地与客土绿地差异显著 ($F = 12.702, P = 0.002$), 落叶阔叶绿地中农田土绿地栎树与客土绿地意杨差异显著 ($F = 4.771, P = 0.04$)。

土壤动物的密度 - 类群 DG 值、Shannon-Wiener 多样性

表 2 2 种不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物群落组成

Table 2 The community composition of soil animals in green belt litters from two soil backgrounds

类群 Taxon	农田土绿地(I) Farm land domestic soil greenbelt				客土绿地(II) External soil greenbelt				总量//% Total	多度 Abundance
	I-A	I-B	I-C	I(%)	II-A	II-B	II-C	II(%)		
蝉蟊目 Acarina	17 524	29 880	33 124	26 843(76.97)	9 097	2 726	5 036	5 620(16.11)	97 387(93.08)	+++
弹尾目 Collembola	938	170	948	685(1.97)	1118	203	505	608(1.74)	3 881(3.71)	++
双翅目 Diptera	14	108	231	118(0.34)	57	5	90	50(0.14)	505(0.48)	+
缨翅目 Thysanoptera	0	255	47	101(0.29)	19	19	71	36(0.10)	410(0.39)	+
同翅目 Homoptera	19	28	127	58(0.17)	14	47	179	80(0.23)	415(0.40)	+
膜翅目 Hymenoptera	42	14	127	61(0.18)	170	9	42	75(0.22)	410(0.39)	+
啮目 Psocoptera	5	5	151	53(0.15)	28	0	222	83(0.24)	410(0.39)	+
鳞翅目 Lepidoptera	0	38	174	71(0.20)	5	38	66	36(0.10)	321(0.31)	+
鞘翅目幼虫 Coleoptera	42	99	57	66(0.19)	14	14	61	30(0.09)	288(0.27)	+
鞘翅目 Coleoptera	9	33	90	44(0.13)	9	14	61	28(0.08)	217(0.21)	+
近孔寡毛目 Oligochaeta plesiopora	19	52	38	36(0.10)	5	0	5	3(0.01)	118(0.11)	+
等足目 Isopoda	9	19	9	13(0.04)	28	0	14	14(0.04)	80(0.08)	+
地蜈蚣目 Chilopoda	0	9	24	11(0.03)	19	0	19	13(0.04)	71(0.07)	+
中腹足目 Mesogastropoda	9	14	5	9(0.03)	0	5	0	2(0.01)	33(0.03)	+
蜘蛛目 Araneae	0	5	9	5(0.01)	9	0	9	6(0.01)	33(0.03)	+
后孔寡毛目 Oligochaeta pishopora	0	14	0	5(0.01)	0	0	0	0(0)	14(0.01)	+
马陆目 Sphaerotherida	0	0	14	5(0.01)	0	0	9	3(0.01)	24(0.02)	+
双尾目 Psocoptera	0	0	5	2(0.01)	0	0	0	0(0)	5(0.01)	+
盲蛛目 Opiliones	0	0	5	2(0.01)	0	0	0	0(0)	5(0.01)	+
各样地总密度 Total density for each plot	18 642	30 761	35 194	43 359	10 620	3 079	6 394	6 414	104 626	
比值 Ratio//%	17.81	29.38	33.63	26.94	10.12	2.94	6.11	19.18	100.00	
类群数 Groups	11	16	18	18	14	9	14	16		

注: +++ 为优势类 (>10%); ++ 为常见类群(1% ~10%); + 为稀有类群(< 1%)。

Note: + + +. Dominant groups (>10%); + +. Common groups(1% -10%); +. Rare groups(< 1%).

指数 (H)、Pielou 均匀度指数 (E)、Simpson 优势度指数 (C) 和 Margalef 丰富度指数 (D) 规律为农田土绿地 > 客土绿地; 土壤动物多样性指数方差分析表明: Shannon-Wiener 多样性指数 (H) 与 Pielou 均匀度指数 (E) 在农田土绿地与客土绿地差异显著 ($F = 10.785, P = 0.003; F = 10.762, P = 0.003$); 密度 - 类群 DG 值、Simpson 优势度指数 (C) 与 Margalef 丰富度指数 (D) 在 2 种不同土壤背景的绿地中差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 土壤动物与土壤 pH 值、有机碳、总氮和总磷含量之间的关系 农田土绿地与客土绿地土壤的 pH 值、有机碳、总氮和总磷含量不同(表 1)。土壤 pH 值在 3 种绿地中均表现为客土绿地 > 农田土绿地; 有机碳含量表现为在常绿阔叶绿地中客土绿地 > 农田土绿地, 而其余 2 种绿地与之相反; 总氮含量在常绿阔叶绿地中含量接近, 在针叶落叶绿地中为农田土绿地 > 客土绿地, 在阔叶落叶绿地中为客土绿地 > 农田土绿地; 总磷含量在 3 种绿地中为农田土绿地 > 客土绿地; 两绿地的 pH 值与总磷含量差异显著 ($F = 14.399, P < 0.005; F = 15.979, P < 0.005$), 有机碳与总氮含量在农田土绿地与客土绿地中差异不显著 ($P > 0.05$)。

对 2 种不同土壤背景地土壤的 pH 值、有机碳、总氮和总磷含量以及土壤动物主要类群密度、总捕获量、类群数量进

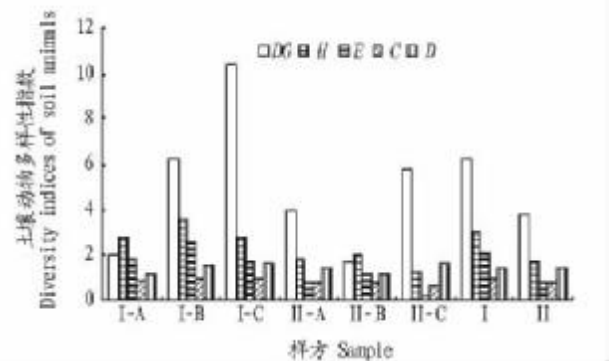


图 1 2 种不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物群落多样性指数
Fig.1 The diversity indices of soil animal communities in green belt litters from two soil backgrounds

行 Pearson 相关性分析(表 3), 结果发现土壤的 pH 值与总捕获量、弹尾目密度呈显著负相关; 总氮含量与类群数呈显著负相关; 总磷含量与土壤动物捕获量、弹尾目密度呈显著相关; 凋落物土壤动物总捕获量与弹尾目密度、类群数与其他类群数为极显著相关, 捕获量与其他类群数为显著相关。

2.4 土壤动物季节变化 土壤动物类群数季节的变化分布方面, 春季与秋季相同均为 16 种, 夏季与冬季相同为 15 种, 类群数季节变化不大。图 2 显示, 在凋落物层土壤动物总捕

获量方面为秋季>夏季>冬季>春季,其中秋季捕获量显著高于其他三季,占总捕获量的 55.81%,其他三季数量接近,其中农田土绿地捕获量为秋季>夏季>冬季>春季,客土绿地中为夏季>秋季>春季>冬季;弹尾目捕获量季节分布规律:秋季>夏季>冬季>春季,其中在农田土绿地分布为秋季>冬季>春季>夏季,在客土绿地则夏季>秋季>冬季>

春季;弹尾目为秋季>夏季>春季>冬季,在农田土绿地分布为夏季>秋季>冬季>春季,在客土绿地为秋季>冬季>春季>夏季;其他类群为:夏季>秋季>冬季>春季,农田土绿地与客土绿地规律一致。方差分析表明:四季土壤动物密度差异显著($F=2.945, P=0.019$),其中春季与夏季差异显著($P<0.05$),春季与秋季差异显著($P<0.05$)。

表 3 土壤的 pH 值、有机碳、总氮和总磷含量与土壤动物总捕获量、类群数、主要类群密度的相关性分析

Table 3 The correlation analysis of pH value, OC, TN and TP of soils and total numbers, group numbers and density of soil animals

项目 Item	pH 值 pH value	TOC	TN	TP	总捕获量 Total numbers	类群数 Group numbers	蜱螨目 Acarina	弹尾目 Collembola	其他 Others
pH	1								
TOC	-0.272*	1							
TN	0.225	0.344**	1						
TP	-0.329**	0.221	0.202	1					
总捕获 Total numbers	-0.237*	-0.068	0.029	0.235*	1				
类群数 Group numbers	-0.061	0.022	-0.265*	0.003	0.265*	1			
蜱螨目 Acarina	-0.247*	-0.069	0.020	0.240*	0.999**	0.240*	1		
弹尾目 Collembola	-0.239*	-0.020	0.160	-0.050	0.055	0.304**	0.017	1	
其他 Others	-0.050	0.018	0.162	-0.010	0.387**	0.690**	0.360**	0.131	1

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关。

Note: *, ** stand for significant correlation at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

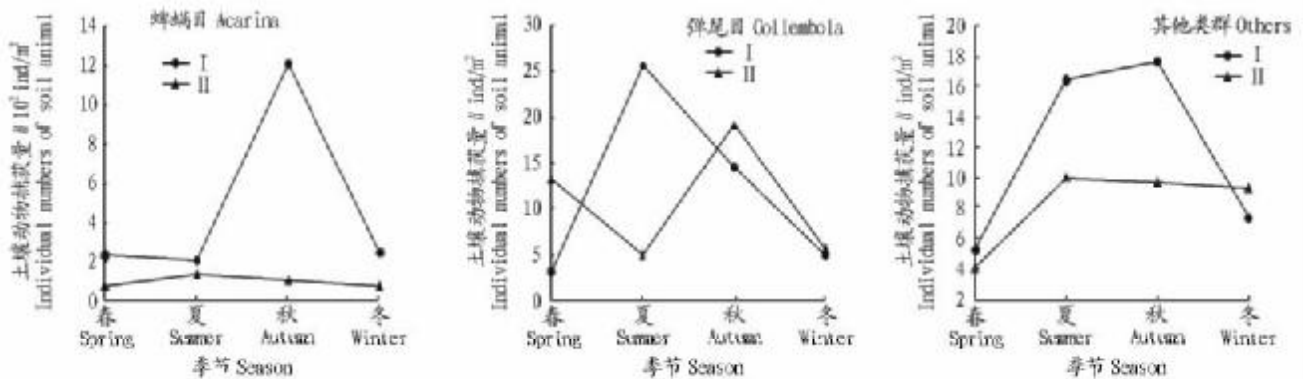


图 2 2 种不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物主要类群群落捕获量季节变化

Fig. 2 Seasonal variation of individual numbers of soil animal communities in green belt litters from two soil backgrounds

3 讨论

此次调查的 2 种不同土壤背景绿地凋落物中包括了绝大部分的土壤动物类群(类群数 18),多样性低于同纬度带森林生态系统(类群数 27)^[1];同城工业区绿地(类群数 19)^[13]种类组成基本一致;蜱螨目和弹尾目为其主体构成类群,优势类群(蜱螨目)与常见类群(弹尾目)组成较单一,组成类群均较同纬度带森林、同城工业区绿地少;稀有类群组成与同城工业区绿地基本一致。凋落物土壤动物密度(17 440 ind/m²)显著低于同纬度森林(150 674 ind/m²),高于同城工业区绿地(9 238 ind/m²),其中,蜱螨目占总捕获量的绝对优势,蜱螨目密度(16 231 ind/m²)显著低于同纬度森林(126 201 ind/m²),高于同城工业区绿地(7 049 ind/m²);弹尾目密度(647 ind/m²)显著低于同纬度森林(16 474 ind/m²)和同城工业区绿地(1 306 ind/m²);近孔寡毛目密度(20 ind/m²)显著低于同城工业区绿地(340 ind/m²);鞘翅目密度(84 ind/m²)较同城工业区绿地(40 ind/m²)高;其余稀有类群密度与同城工业区绿地差异不大。这可能与调查样地为改变原来土地利用类型改建而成,且毗邻上海外环线高速公路的缘故有关,环境比较恶劣。由此可见:蜱螨目对城

市绿地适应性较强,在不良环境下仍能保持较高的群落密度,是较好的指示生物类群^[15]。弹尾目^[22]与近孔寡毛目对环境反应灵敏,于不良环境下群落密度锐减,是很好的生物指示类群。在热带亚热带地区,降雨量是影响土壤动物群落数量变化的重要因素^[23],凋落物中土壤动物季节动态显示,土壤动物适合于夏季与秋季生存,群落密度最大;类群数在四季中差异小,这与同城绿地规律一致。

不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物群落结构不同,土壤动物类群和密度的比较均表现为农田土绿地高于客土绿地,农田土绿地的蜱螨目、鞘翅目和近孔寡毛目密度均高于客土绿地,可以说明农田土绿地土壤和凋落物中的水分含量及有机质含量^[24-25]较客土绿地高,其中鞘翅目与近孔寡毛目可以作为农田土绿地指示物种。多样性指数分析也表明,农田土绿地均高于客土绿地。不同土壤背景可能造成凋落物中土壤动物群落结构差异,土壤中 pH 值、有机碳、总氮与总磷含量测定可以证实该结论:此次调查 2 种弱碱性土壤,且客土绿地 pH 值均高于农田土绿地,土壤 pH 值与土壤动物个体数呈显著负相关,这与林英华等对鼎湖山不同自然植被土壤动物群落结构调查结果一致^[26]。有机碳和总磷含

量显示农田土绿地高于客土绿地,总氮含量在常绿阔叶和针叶落叶绿地中接近,落叶阔叶绿地中差异大,这可能造成2种不同落叶阔叶树间的差异,同时客土绿地中可能常有人为性动物氮肥添加到土壤里,造成客土绿地中局部土壤总氮含量较农田土绿地高;农田土绿地土壤性质要优于客土绿地,可能影响凋落物中土壤动物群落结构和多样性,农田土绿地优于客土绿地。可见,由于不同土壤背景绿地凋落物中土壤动物群落结构不同,从而影响凋落物的分解过程与土壤养分循环等过程,最终影响到绿地生态系统,因此要加强对本源地土壤的保护。

参考文献

[1] 易兰,由文辉,宋永昌. 天童常绿阔叶林五个演替阶段凋落物中的土壤动物群落[J]. 生态学报,2005(5):466-478.
 [2] WARDLE D A. The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity[J]. Soil Biology and Biochemistry,2006,38:1052-1062.
 [3] BRUSSAARD L. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes[J]. Applied Soil Ecology,1998,9:123-35.
 [4] HAIMI J. Decomposer animals and bioremediation of soils[J]. Environmental Pollution,2000,107:233-238.
 [5] 林成芳,李震,牛志鹏,等. 福建柏人工林凋落物的养分动态特征[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2005,34(1):64-66.
 [6] 殷秀琴,辛未冬,齐艳红,等. 温带红松阔叶混交林凋落叶与主要大型土壤动物热值的季节变化[J]. 应用生态学报,2007,18(4):756-760.
 [7] 林英华,杨德付,张夫道,等. 栎林凋落层土壤动物群落结构及其在凋落物分解中的变化[J]. 林业科学研究,2006,19(3):331-336.
 [8] SANTOSA E M R, FRANKLIN E, LUIZAO F J. Litter manipulation and associated invertebrate invertebrate fauna in secondary forest, central Amazonia, Brazil[J]. Acta Acta Ecologica,2008,34(3):274-284.
 [9] FROUZ J, ELHOTTOVA D, PIZL V, et al. The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: a laboratory study[J]. Applied Soil Ecology,2007,37:72-80.
 [10] 张瑞清,孙振钧,王冲. 西双版纳热带雨林凋落叶分解的生态过程. I. 凋落叶分解动态[J]. 植物生态学报,2006,30(5):780-790.

[11] CAROLINA LVON PARIS, MARINA GONZALEZ POLO, CRISTINA GARBAGNOLI, et al. Litter decomposition and soil organisms within and outside of camponotus punctulatus nests in sown pasture in North-eastern Argentina[J]. Applied Soil Ecology,2008,40:271-282.
 [12] HOUA P C L, ZOUA X M, HUANG CHING Y, et al. Plant litter decomposition influenced by soil animals and disturbance in a subtropical rainforest of Taiwan[J]. Pedobiologia,2005,49:539-547.
 [13] 王金凤,由文辉,易兰. 上海宝钢工业区凋落物中土壤动物群落结构及季节变化[J]. 生物多样性,2007(15):463-469.
 [14] MCLTYRE N E, RANGO J, FAGANB W F, et al. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment[J]. Landscape and Urban Planning,2001,52(4):257-274.
 [15] 刘漫萍,刘武惠,崔志兴,等. 上海城市绿化带土壤螨目群落结构与生物指标[J]. 生态学杂志,2007,26(10):1555-1562.
 [16] LADISLAV HÁ NĚ. Nematode assemblages indicate soil restoration on colliery spoils afforested by planting different tree species and by natural succession[J]. Applied Soil Ecology,2008,40:86-99.
 [17] SUTHAR S. Earthworm communities a bioindicator of arable land management practices: A case study in semiarid region of India[J]. Ecological Indicators,2009,9(3):588-594.
 [18] 王金凤,由文辉. 上海市绿地生境中春季大型土壤动物群落结构研究[J]. 生态与农村环境学报,2007,23(1):19-23.
 [19] 王金凤,由文辉. 上海市不同土地利用类型春季中小型土壤动物群落结构研究[J]. 生态环境,2007,16(4):1238-1243.
 [20] 尹文英. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京:科学出版社,1992.
 [21] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京:科学出版社,1998.
 [22] 勾影波,苏永春. 土壤温度和含水量对螨类和弹尾目类动物数量的影响[J]. 常熟理工学院学报:自然科学版,2007,21(2):57-62.
 [23] 王军,姚海元,麦俊伟,等. 广州长岗山森林凋落物土壤动物群落结构及季节变化[J]. 生态学杂志,2008,27(3):408-413.
 [24] ZACHARY A HICKMAN, BRIAN J REID. The co-application of earthworms (*Dendrobaena veneta*) and compost to increase hydrocarbon losses from diesel contaminated soils[J]. Environment International,2008,34:1016-1022.
 [25] PETERSEN H. Effects of non-inverting deep tillage vs conventional ploughing on collembolan populations in an organic wheat field[J]. Eur J Soil Biol,2002,38:177-180.
 [26] 林英华,张夫道,张俊清,等. 鼎湖山不同自然植被土壤动物群落结构时空变化[J]. 生态学报,2005,25(10):2616-2622.

(上接第12576页)

能,提高了饲料的消化率和利用率,增加猪的体能,从而达到显著增重的效果。给生长期猪(50日龄)4次用药(50、57、64、71日龄),用药量0.25 ml/kg,120日龄称重,试验组与对照组差异显著,但与20日龄猪4次用药的猪相比,增重效果

表4 猪育成期给药后增重情况

Table 4 Increase weight situation of pig in nurture period after medication

组别 Group	头数 Headage	kg/头		
		120日龄均重 120 days old average weight	150日龄均重 150 days old average weight	120~150日龄 平均总增重 120-150 days old average gain weight
试验组 Test group	1	64.20 ± 2.55	89.80 ± 3.94	27.40 ± 3.39
	2	58.20 ± 1.83	94.10 ± 2.982	35.80 ± 2.71
	3	60.90 ± 3.85	96.20 ± 3.54	35.30 ± 3.00
	4	64.20 ± 4.55	90.80 ± 2.62	26.60 ± 4.01
	5	61.70 ± 3.87	94.68 ± 4.87	32.98 ± 2.85
对照组 Control group	1	61.40 ± 2.45	90.80 ± 3.80	29.40 ± 3.36
	2	59.78 ± 3.22	87.80 ± 3.80	28.02 ± 2.93
	3	58.50 ± 2.76	86.20 ± 3.09	27.70 ± 3.15
	4	57.80 ± 3.37	91.20 ± 4.44	33.40 ± 3.11
	5	61.60 ± 3.20	93.60 ± 6.00	32.00 ± 2.37

有所降低。给猪(20日龄)4次用药(20、27、34、41日龄)后的发病率与对照组相比差异显著。由于仔猪发病率较高,因此在20日龄用药效果好。50日龄前给药,发病率和死亡率明显降低。这些结论与郭成留等^[5]、卢元成等^[6]、姚金水等^[7]、

王忠等^[8]报道的免疫增强剂提高了动物免疫机能的结果是一致的。余斌等^[9]在对鸡的试验中也证明在雏肉鸡日粮中添加一定量的胸腺肽可调节鸡只内分泌活动,提高机体免疫功能,促进鸡只生长发育。该试验说明苷肽注射液对哺乳和保育期仔猪的防病效果是确切的。免疫增强剂的使用无疑提高了动物的生产性能。苷肽注射液作为一种理想的新型动物免疫制剂,真正提高了动物的免疫机能,促进了动物生长,同时有效地预防动物疾病的发生,是值得开发和应用的

参考文献

[1] 谢庆国,翟中和. 畜禽重大疫病免疫防制研究进展[M]. 北京:中国农业出版社,1996:161-168.
 [2] 谢明权,宋长绪. 5种免疫增强剂对主 PBMC 增殖反应的影响[J]. 中国兽医学报,2000(5):485-486.
 [3] 李相安,杨林. 鸡脾转移因子对雏鸡免疫功能的影响[J]. 山东家禽,2001(1):9-10.
 [4] 王建文. 鸡脾特异性转移因子对雏鸡生长发育免疫功能及预防球虫病的效果试验[J]. 中国兽医科技,1994(11):26-28.
 [5] 郭成留,程会昌. 动物转移因子及其研究进展[J]. 河南农业科学,2003(6):46-48.
 [6] 卢元成,郭宝福. 转移因子制剂临床效果观察[J]. 黑龙江畜牧兽医,1995(6):26-27.
 [7] 姚金水,黄一帆,李沁光. 免疫增强剂对蛋用雏鸡免疫功能的影响[J]. 福建农业大学学报,1994,23(2):199-202.
 [8] 王忠,张玉芝,杨旭丽. 乌鸡转移因子对小鼠 T、B 淋巴细胞及体重增长的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,1998(7):5-6.
 [9] 余斌,傅伟龙. 饲料添加胸腺肽对肉鸡增重、免疫及内分泌的影响[J]. 华南农业大学学报,1997(S1):6-11.