

文章编号:2095-6134(2018)01-0033-09

成都市温江区城市绿地不同植物配置下 中小型土壤动物群落特征^{*}

黄玉梅^{1†}, 黄胜岚¹, 张 健², 刘 盼¹, 张 凯¹, 王若然¹, 熊 茜¹

(1 四川农业大学风景园林学院, 成都 611130; 2 四川农业大学林学院, 成都 611130)

(2016 年 10 月 19 日收稿; 2017 年 2 月 16 日收修改稿)

Huang Y M, Huang S L, Zhang J, et al. Characteristics of meso-micro soil fauna community under different plant configurations of urban green land in Wenjiang District of Chengdu City[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2018, 35(1):33-41.

摘 要 土壤动物参与自然界的物质循环和能量流动,是土壤肥力的生物学指标之一。研究城市绿地土壤动物群落特征对于客观、全面评价城市绿地生态功能具有重要意义。采用干湿漏斗法对温江区城市绿地 4 种植物配置下中小型土壤动物的群落特征进行研究。结果如下: 4 种植物配置共获得中小型土壤动物 20 600 只,分属 19 目 45 科;伪蛭刀科和小杆总科为 4 种植物配置的优势类群;春夏秋 3 季中小型土壤动物的类群数和个体密度均以草坪高于其他 3 种植物配置方式,而秋末到整个冬季则以乔-灌-草最高;各种植物配置下,中小型土壤动物个体密度具显著差异($F=3.23, P<0.05$),中小型土壤动物优势度指数 C 及均匀性指数 J 具极显著差异($F=7.48, P<0.01$; $F=6.13, P<0.01$);各种植物配置下,中小型土壤动物各功能团的类群数和个体数均为腐食性>捕食性>植食性>杂食性,蛴螬目与弹尾目数量比随时间表现出不同的规律,冬、春季起伏较大,夏、秋季相对平稳。研究表明,城市绿地生态系统中,气候和植物配置是影响土壤动物群落结构的重要因素。在水热条件较差的冬季,复杂的植物配置提供了更丰富的食物和更多样的生境,往往具有更高的土壤动物多样性。

关键词 城市绿地;植物配置;土壤动物;季节动态

中图分类号: S154.1 **文献标志码:** A **doi:** 10.7523/j.issn.2095-6134.2018.01.005

Characteristics of meso-micro soil fauna community under different plant configurations of urban green land in Wenjiang District of Chengdu City

HUANG Yumei¹, HUANG Shenglan¹, ZHANG Jian², LIU Pan¹, ZHANG Kai¹,
WANG Ruoran¹, XIONG Xi¹

(1 College of Landscape Architecture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;

2 College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract An investigation on meso-micro soil fauna community structure was carried out under 4 plant configurations of urban green lands in Wenjiang District of Chengdu City. A total of 20 600

^{*} 国家自然科学基金(31370628)、四川省教育厅重点项目(16ZA0031)和四川景观与游憩研究中心项目(JGYQ201428)资助

[†] 通信作者, E-mail: hyumei@sicau.edu.cn

individuals of meso-micro soil fauna were obtained in different green lands, belonging to 19 orders and 45 families. Nothotylenchidae and Rhabditoidea were the dominant groups under 4 plant configurations. The number of groups and individual density of meso-micro soil fauna under lawn were higher than under the other 3 plant configurations in spring, summer, and autumn, while from autumn to winter they were higher under tree-shrub-grass land than under the other 3 plant configurations. The individual density of meso-micro soil fauna showed significant differences ($F = 3.23, P < 0.05$) among different plant configurations, and the C and J indexes of meso-micro soil fauna showed highly significant differences ($F = 7.48, P < 0.01$ for C ; $F = 6.13, P < 0.01$ for J). The rank of groups and individual quantities of meso-micro soil fauna was saprozoie > predators > phytophage > omnivorous. The ratio of Acarina number to Collembola number changed with time, and it fluctuated more in winter and spring.

Keywords urban green land; plant configurations; soil fauna; seasonal dynamics

城市绿地系统是城市生态系统的子系统,是由城市中不同类型、性质和规模的各种绿地共同构成的一个稳定持久的城市绿色环境体系^[1]。城市绿地系统具有城市生态系统其他子系统不可替代的特殊生态功能^[2]。随着城市化进程的加快,城市绿地系统的作用显得愈发重要,对城市绿地生物多样性的生态评价和研究也越来越受到重视^[3]。土壤动物群落是生物多样性的的重要组成部分,它们对土壤生态系统的结构和功能会产生直接或间接的影响^[4]。而土壤动物群落组成及结构与植被状况密切相关,植被类型与植被群落的季相变化直接影响到地表凋落物的数量和质量,进而对土壤动物群落的结构和功能产生影响^[5-7]。植物凋落物分解对维持土壤肥力和生态系统生产力起着重要作用,是生态系统物质循环和能量流动的关键环节和生态系统自肥的重要机制^[8-10]。因而,土壤动物与地上植物的相互作用,共同影响陆地生态系统的群落结构和进程^[11]。

城市绿地土壤动物生物多样性的研究是当代城市绿地生态功能评价的新视角^[12]。已有学者从土壤环境质量^[13]、景观格局^[14]、土地利用方式变化对环境功能的影响^[15-16]等方面对城市生态环境做了研究,而对城市绿地土壤动物的研究,尤其是对不同植物配置下土壤动物群落特征的研究鲜见报道。与森林^[17]、农田^[18]、草原等生态系统相比,城市生态系统中土壤动物受到的人为干扰最严重,其土壤动物的研究还处于初步阶段。因此,开展城市绿地土壤动物群落特征及其生态功能的研究,有助于拓展城市生态系统的研究内容,

深化人们对城市绿地结构及功能的理解,为今后城市的规划、绿地植物的养护提供一定的理论指导和技术支撑。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

研究区域位于四川省成都市温江区(E103°41' ~ 103°55', N30°36' ~ 30°52')。属岷江冲积平原,平均海拔 540 m,主要土壤类型为冲积土和水稻土,河流均属岷江水系。属亚热带湿润气候,四季分明,年平均气温 16℃ 左右,年极端最高气温 36℃,年极端最低气温 -5℃,年平均降雨量 896.8 mm。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置

选取草坪、乔-草、灌-草、乔-灌-草 4 种植物配置类型,分别在校园、居住区、公园、道路等常见的城市绿地中设置样地,每种配置类型 4 个重复,各样地植物种类基本一致。乔木主要为天竺桂(*Cinnamomum pedunculatum*)、木犀(*Osmanthus fragrans*),灌木主要为小叶女贞(*Ligustrum quihoui* Carr.)、杜鹃(*Rhododendron simsii* Planch),地被主要为高羊茅(*Festuca arundinacea*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)等人工种植的草坪。不同植物配置土壤理化性质如表 1。

1.2.2 样品采集与分离

采样于 2014 年 5 月至 2015 年 4 月每月中旬进行,共取样 12 次。在各样地中按“品”字型布

表 1 不同植物配置土壤理化性质

Table 1 Soil properties in different plant configuration types

植物配置	pH	质量含水量/%	全 P/ (g·kg ⁻¹)	速效 P/ (mg·kg ⁻¹)	全 K/ (g·kg ⁻¹)	速效 K/ (mg·kg ⁻¹)	全 N/ (g·kg ⁻¹)	有机质/ (g·kg ⁻¹)	容重/ (g·cm ⁻³)
草	7.04±0.08	24.45±4.83	0.86±0.13	152.31±42.24	4.16±0.48	8.91±2.29	1.70±0.39	33.53±5.00	1.40±0.08
乔-草	7.01±0.17	21.19±2.80	0.89±0.24	136.98±60.42	3.88±0.41	9.40±2.05	1.52±0.19	29.29±7.49	1.38±0.05
灌-草	6.93±0.11	24.30±3.08	0.96±0.12	168.23±64.98	4.15±0.34	11.20±4.55	1.68±0.31	32.86±7.40	1.41±0.10
乔-灌-草	7.00±0.13	22.15±3.77	0.84±0.15	155.10±69.58	3.82±0.56	8.33±1.86	1.52±0.27	31.20±7.09	1.45±0.11

设样点,用 100 mL 的圆形取样器挖取 0~5 cm 层的土壤(包含凋落物),分别用于分离干、湿生土壤动物,每月共 96 个土壤样品。将采集好的土样用 100 目尼龙网装取,放入黑布袋内迅速带回实验室。将取回的土样置于烘虫箱中,温度控制在 35~40 ℃,中小型干生土壤动物用 Tullgren 法,每 12 h 观测一次,共观测 3 次;中小型湿生土壤动物用 Baermann 法,为防止线蚓自溶,前 4 h 观测一次,以后每 12 h 观测一次,共观测 4 次。参照《中国亚热带土壤动物》、《中国土壤动物检索图鉴》鉴定至科,并统计个体数量。

并于 1、4、7、10 月采集土壤动物样品时,取表层 5 cm 土样带回实验室,测定理化指标。其中,土壤容重采用环刀法,质量含水量采用烘干法,pH 值采用电位法,有机质采用油浴加热重铬酸钾氧化容量法,全氮采用半微量凯氏定氮法,速效氮用碱解扩散法,全磷和速效磷采用钼锑抗比色法,全钾和速效钾采用火焰光度法。

1.3 数据分析与处理

1.3.1 土壤动物多样性分析

采用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Pielou 均匀性指数 J 、Simpson 优势度指数 C 和密度-类群指数 DG 对土壤动物进行多样性分析,公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i,$$
$$J = H' / \ln s,$$
$$C = \sum_{i=1}^s (n_i / N)^2,$$
$$DG = (g / G) \sum_{i=1}^g \left(\frac{D_i C_i}{D_{i\max} C} \right).$$

式中: n_i 为该区内第 i 个类群的个体数量, N 为该区内所有类群的个体数量, $P_i = n_i / N$; s 为样区内类群个数; D_i 为第 i 类群个体数; $D_{i\max}$ 为各群落中第 i 类群的最大个体数; g 为群落中的

类群数, G 为各群落所包含的总类群数; C_i / C 为相对次数,即在 C 个群落中第 i 个类群出现的比率。

土壤动物类群的数量等级划分标准为:个体数大于捕获 10% 的类群为优势类群;介于 1%~10% 者为常见类群;小于 1% 为稀有类群^[18]。

1.3.2 数据处理和分析

采用 EXCEL 2010 和 SPSS 17.0 软件处理数据并分析;采用 Origin 9.0 软件作图;采用单因素方差分析(One way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)对不同植物配置下中小型土壤动物群落特征进行差异性检验。

2 结果与分析

2.1 中小型土壤动物群落结构特征

由表 2 可知,4 种植物配置类型共捕获中小型土壤动物 20 600 只,分属 19 目 45 科。类群数为灌-草(41)>乔-灌-草(40)=乔-草(40)>草坪(39),个体数为草坪(5 447)>乔-灌-草(5 326)>乔-草(4 938)>灌-草(4 889)。其中,线虫所占比例最大,伪垫刃科、小杆总科、线蚓科为优势类群,其个体数占总个体数的 47.03%,常见类群共 14 类,以赤螨科、矮蒲螨科、跳虫科、棘跳科等蜱螨目和弹尾目类群为主,占总个体数的 46.72%;其余 28 类为稀有类群,其类群数占总类群数的 62.22%,但个体数仅占总个体数的 6.25%。不同生境获得的中小型土壤动物类群数和个体数不尽相同,伪垫刃科、小杆总科均为不同植被配置类型的优势类群,草坪土壤动物的类群数最少而个体数最多,灌-草土壤动物类群数最多而个体数最少,草坪和灌-草在类群数和个体数上呈现出相反的趋势。

其中,中小型干生土壤动物优势类群主要为赤螨科(16.57%)、厉螨科(17.35%)、跳虫科

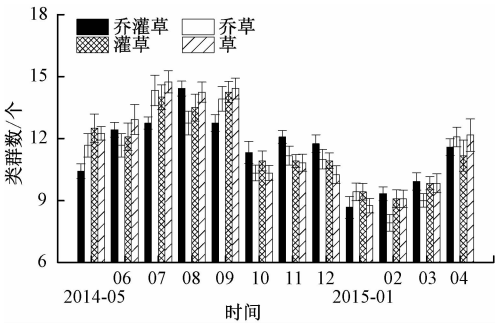
表 2 中小型土壤动物群落组成

Table 2 Composition of meso-micro soil fauna community

目	食性	科	乔-灌-草		乔-草		灌-草		草		总个体数/只	百分比/%
			个体数/只	百分比/%	个体数/只	百分比/%	个体数/只	百分比/%	个体数/只	百分比/%		
蜘蛛目												
Araneae	Pr	跳蛛科 Salticidae	1	0.02	14	0.28	9	0.18	4	0.07	28	0.14
前气门亚目	Pr	赤螨科 Erythraeidae	267	5.01	238	4.82	244	4.99	270	4.96	1 019	4.95
	Sa	矮蒲螨 Pygmephoridae	87	1.63	96	1.94	83	1.7	79	1.45	345	1.67
	Sa	莓螨科 Rhagidiidae	10	0.19	9	0.18	26	0.53	33	0.61	78	0.38
Prostigmata	Sa	小黑螨科 Caligonellidae	3	0.06	3	0.06	—	—	—	—	6	0.03
	Pr	巨须螨科 Cunaxidae	5	0.09	25	0.51	10	0.2	19	0.35	59	0.29
	Ph	叶螨科 Tetranychidae	—	—	4	0.08	—	—	—	—	4	0.02
中气门亚目	Sa	隐颚螨科 Cryptognathidae	3	0.06	12	0.24	4	0.08	23	0.42	42	0.2
	Sa	寄螨科 Parasitidae	51	0.96	43	0.87	40	0.82	50	0.92	184	0.89
	Sa	美绥螨科 Ameroseiidae	108	2.03	70	1.42	106	2.17	75	1.38	359	1.74
	Ph	足角螨科 Podocinidae	18	0.34	69	1.4	29	0.59	9	0.17	125	0.61
Mesostigmata	Sa	派盾螨科 Parholaspididae	51	0.96	72	1.46	49	1	47	0.86	219	1.06
	Sa	维螨科 Veigaiidae	76	1.43	61	1.24	50	1.02	23	0.42	210	1.02
	Ph	厚厉螨科 Pachylaelapidae	1	0.02	25	0.51	4	0.08	4	0.07	34	0.17
	Ph	厉螨科 Laelapidae	312	5.86	271	5.49	262	5.36	222	4.08	1 067	5.18
甲螨亚目	Ph	丽甲螨科 Liacaridae	19	0.36	3	0.06	11	0.22	26	0.48	59	0.29
Oribatida	Sa	懒甲螨群 Nothridae	23	0.43	7	0.14	8	0.16	—	—	38	0.18
综合目 Symphyla	Sa	幺蛰科 Scolopendrellidae	17	0.32	25	0.51	20	0.41	29	0.53	91	0.44
华蛭目												
Sinentomata	Sa	富蛭科 Fujientomidae	4	0.08	4	0.08	24	0.49	20	0.37	52	0.25
弹尾目	Sa	虫蛭科 Poduridae	189	3.55	146	2.96	187	3.82	160	2.94	682	3.31
	Sa	棘蛭科 Onychiuridae	200	3.76	206	4.17	234	4.79	323	5.93	963	4.67
	Sa	长角长蛭科 Orchesellidae	5	0.09	9	0.18	5	0.1	24	0.44	43	0.21
Collembola	Sa	驼蛭科 Cyphoderidae	—	—	6	0.12	—	—	9	0.17	15	0.07
	Sa	圆蛭科 Sminthuridae	23	0.43	18	0.36	23	0.47	28	0.51	92	0.45
双尾目	Ph	铗蛭亚科 Japyginae	24	0.45	19	0.38	13	0.27	20	0.37	76	0.37
Diplura	Ph	巨铗蛭亚科 Gigasjapyginae	1	0.02	—	—	5	0.1	3	0.06	9	0.04
等翅目 Isoptera	Ph	木蜚科 Kalotermitidae	—	0	4	0.08	4	0.08	—	0	8	0.04
膜翅目												
Hymenoptera	O	猛蚁亚科 Ponerinae	17	0.32	10	0.2	15	0.31	35	0.64	77	0.37
鞘翅目	Pr	蚁甲科 Pselaphidae	4	0.08	—	—	1	0.02	2	0.04	7	0.03
Coleoptera	Pr	锯谷盗科 Silvanidae	25	0.47	16	0.32	21	0.43	15	0.28	77	0.37
鳞翅目(幼虫)	Ph	舟蛾科 Notodontidae	1	0.02	7	0.14	2	0.04	—	—	10	0.05
	Ph	天蛾科 Sphingidae	2	0.04	—	—	1	0.02	6	0.11	9	0.04
Lepidoptera	Ph	毒蛾科 Lymantriidae	—	—	—	—	5	0.1	—	0	5	0.02
	larvae	尺蛾科 Geometridae	6	0.11	12	0.24	7	0.14	1	0.02	26	0.13
缨翅目	O	管蓟马科 Phlaeothripidae	—	—	12	0.24	10	0.2	8	0.15	30	0.15
Thysanoptera												
虫齿目 Psocopter	Pr	虫齿科 Psocidae	1	0.02	—	—	—	—	2	0.04	3	0.01
垫刃目	Sa	伪垫刃科 Nothotylenchidae	1 011	18.98	703	14.24	829	16.96	853	15.66	3 396	16.49
	Sa	异皮科 Heteroderidae	134	2.52	270	5.47	217	4.44	223	4.09	844	4.1
Tylenchida	Sa	针科 Paratylenchidae	286	5.37	296	5.99	382	7.81	513	9.42	1 477	7.17
	Sa	环科 Criconematidae	194	3.64	210	4.25	251	5.13	323	5.93	978	4.75
小杆目												
Rhabditida	Sa	小杆总科 Rhabditidea	1 044	19.60	973	19.7	687	14.05	1 058	19.42	3 762	18.26
嘴刺目												
Enoplida	Pr	三孔科 Tripyliidae	203	3.81	33	0.67	46	0.94	146	2.68	428	2.08
颤蚓目	Sa	线蚓科 Enchytraeidae	640	12.02	637	12.9	743	15.2	510	9.36	2 530	12.28
Tubificida	Sa	颤蚓科 Tubificidae	31	0.58	52	1.05	105	2.15	30	0.55	218	1.06
矛线目												
Dorylaimida	Pr	矛线科 Dorylaimidae	229	4.30	248	5.02	117	2.39	222	4.08	816	3.96
总个体数/只			5 326	—	4 938	—	4 889	—	5 447	—	20 600	—
类群数/个			40	—	40	—	41	—	39	—	45	—

注:Pr 表示捕食性;Sa 表示腐食性;Ph 表示植食性;O 表示杂食性。

(11.09%)和棘跳科(15.66%),4个优势类群个体数占中小型干生土壤动物总个体数的60.67%;在调查中捕获的弹尾目和蛴螬目2类优势类群个体数占全年调查获得的中小型干生土壤动物总个体数的91.74%。中小型湿生土壤动物的优势类群为伪垫刃科(23.5%)、针科(10.22%)、小杆总科(26.04%)、线蚓科(17.51%),4个优势类群个体数占中小型湿生土壤动物总个体数的77.27%。



2.2 中小型土壤动物群落季节动态

2.2.1 不同植物配置下中小型土壤动物类群数和个体密度动态

如图1所示,不同植物配置下中小型土壤动物类群数和个体数密度在1年间的变化趋势基本一致,表现为春、夏、秋3季高于冬季,土壤动物群落个体密度的季节变化主要取决于优势类群和常见类群的数量变动。

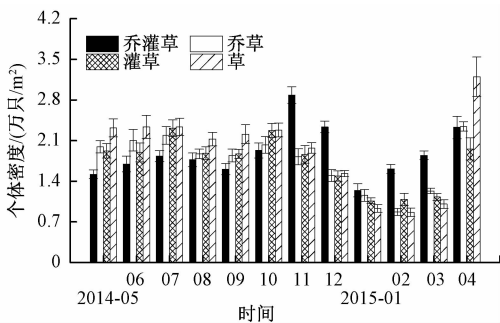


图1 不同植物配置下土壤动物类群数和个体密度动态

Fig.1 Dynamics of group number and individual density of soil fauna under different plant configurations

类群数在冬末(1,2月)出现最低值,春初(3月)开始升高,在夏末秋初(7,8,9月)达到最高值;个体密度冬末(1,2月)出现最低值,乔-草和草坪个体密度在4月均出现最高值,乔-灌-草和灌-草分别出现在11月和7月。春夏秋3个季度中小型土壤动物的类群数和个体密度均以草坪最高,而秋末到整个冬季则以乔-灌-草的类群数和个体密度高于其他3种植物配置方式。中小型土壤动物类群数和个体密度表现的规律几乎一致,方差分析结果表明:不同植物配置下土壤动物个体密度存在显著差异($F=3.228, P<0.05$),类群数无显著差异($P>0.05$)。

2.2.2 不同植物配置下中小型土壤动物多样性动态

物种多样性不仅可以反映生物群落在结构、功能和组成等方面的异质性,也可反映不同自然环境与生物群落的相互关系^[19]。研究发现,4种植物配置下中小型土壤动物群落的多样性有所不同(图2)。其中,多样性指数 H' 和密度-类群指数 DG 变化趋势基本一致,均表现为春季(3月)呈上升趋势,夏秋季节达最大值,而在最严寒的冬季(1月)则降至最低值;优势度指数 C 和均匀性

指数 J 波动较大,无明显变化趋势;乔-灌-草密度-类群指数 DG 和优势度指数 C 在秋冬季节高于其他植物配置,并在1月出现最高值,而多样性指数 H' 和均匀性指数 J 变化趋势相反。方差分析表明,不同植物配置下土壤动物多样性指数 H' 和密度-类群指数 DG 无显著差异($P>0.05$),优势度指数 C 和均匀性指数 J 具极显著差异($F=7.481, P<0.01; F=6.129, P<0.01$)。

2.3 中小型土壤动物功能团的动态分布

土壤动物种类繁多,食性复杂,本研究参照李娜等^[20]将土壤动物划分为腐食性、植食性、捕食性和杂食性4种功能团。由图3可知,不同季节、不同植物配置下中小型土壤动物群落的功能团组成大体相同,但分布不均匀。4种植物配置下中小型土壤动物群落功能团的类群数和个体数均为腐食性>捕食性>植食性>杂食性。其中,腐食性土壤动物个体数以草坪最多,而类群数则以乔-草最多。4种植物配置下,腐食性土壤动物类群百分比呈现出一致的季节变化,即以春夏秋3季高于冬季;腐食性土壤动物个体百分比起伏较大,但除乔-灌-草以外,其余3种配置基本以冬季最低。

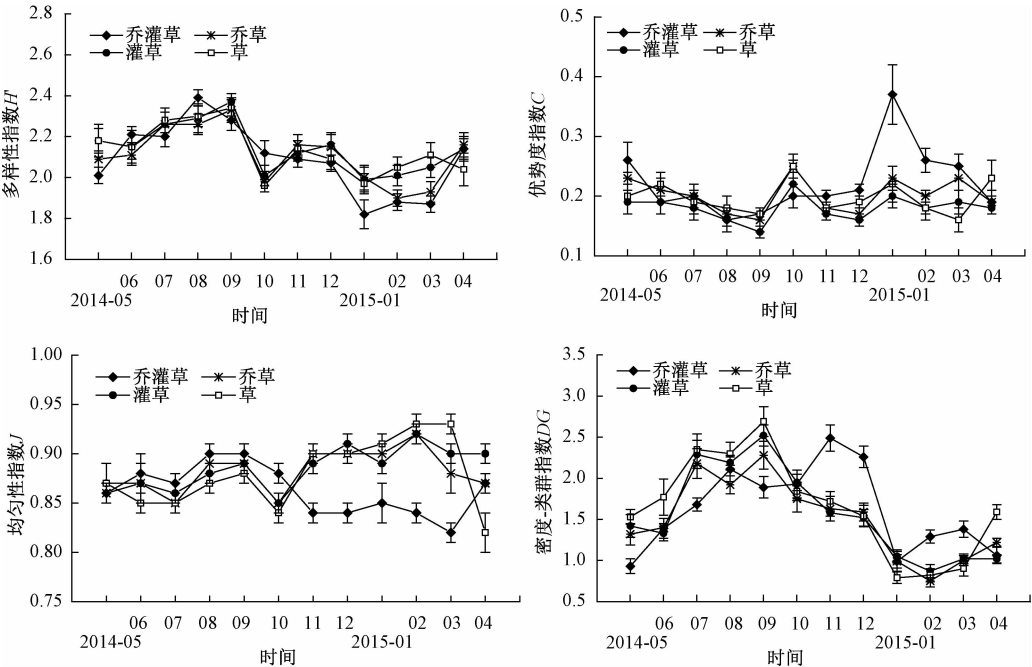


图 2 不同植物配置下土壤动物群落多样性动态

Fig. 2 Dynamics of diversity index of soil fauna community under different plant configurations

2. 4 蜚蠊目和弹尾目数量比的季节动态

蜚蠊类(A)和弹尾类(C)是土壤动物中两大优势类群,二者数量比(A/C 值)是反映不同区系土壤动物群落特征的重要指标之一,在一定程度上能表征不同气候带土壤动物水平分布规律及植物群落的多样性状况。一般认为,A/C 值从南至北呈逐渐减小的趋势,亚热带地区 A/C > 1,随时间变化二者数量比也随之发生变化^[21]。本研究中,弹尾类和蜚蠊类两大优势类群个体数占中小型干生土壤动物总个体数的 91. 74%,其 A/C 值大于 1,符合已有规律。由图 4 可知,4 种植物配置下土壤动物 A/C 值随时间变化呈现出不同的趋势,其中全年最大值出现在 5 月,表明此时乔-草配置下蜚蠊类个体数远远高于跳虫,除 2—4 月以灌-草 A/C 值最高外,其余各月基本以乔-草最高,冬、春季 A/C 值起伏较大,夏、秋季相对平稳。

3 结论与讨论

3. 1 中小型土壤动物群落特征

中小型土壤动物是腐生食物链的重要组成部分,其个体密度与植被地下生物量呈显著正相关^[22-23]。本研究中,草坪和灌-草在类群数和个

体数上呈现出相反的趋势,但不同植物配置下中小型土壤动物类群数相差不大。草坪常年保持着不变的植被覆盖,其土壤动物类群少恰恰是其凋落物种单一的结果;同时,草坪草数量众多且分布均匀,为土壤动物生长提供了稳定良好的生存环境,因而土壤动物个体数最高。灌-草类型下凋落物数量和种类较多,为不同食性土壤动物提供了多样的食物来源,因而土壤动物类群数较丰富。由此可知,城市绿地系统中土壤动物的类群数很可能取决于地表植物凋落物种类,而人为干扰程度和植物地下生物量的多少则导致土壤动物个体数出现差异。

3. 2 中小型土壤动物季节动态

城市生境中,中小型土壤动物群落结构不仅受气候、土壤、植被等因素影响,还与人类活动密切相关。植物生长的不同物候期,凋落物数量和质量的变化可能显著影响土壤动物的群落结构^[24]。本研究中,中小型土壤动物个体密度和类群数呈夏秋多,冬春少的趋势。夏秋季植被茂盛,植物凋落量增加,加之气温高,凋落物分解迅速,土壤动物个体密度和类群数均达到最大值,但由于城市绿地的特殊性,对凋落物的频繁清扫可能很大程度上干扰土壤动物的活

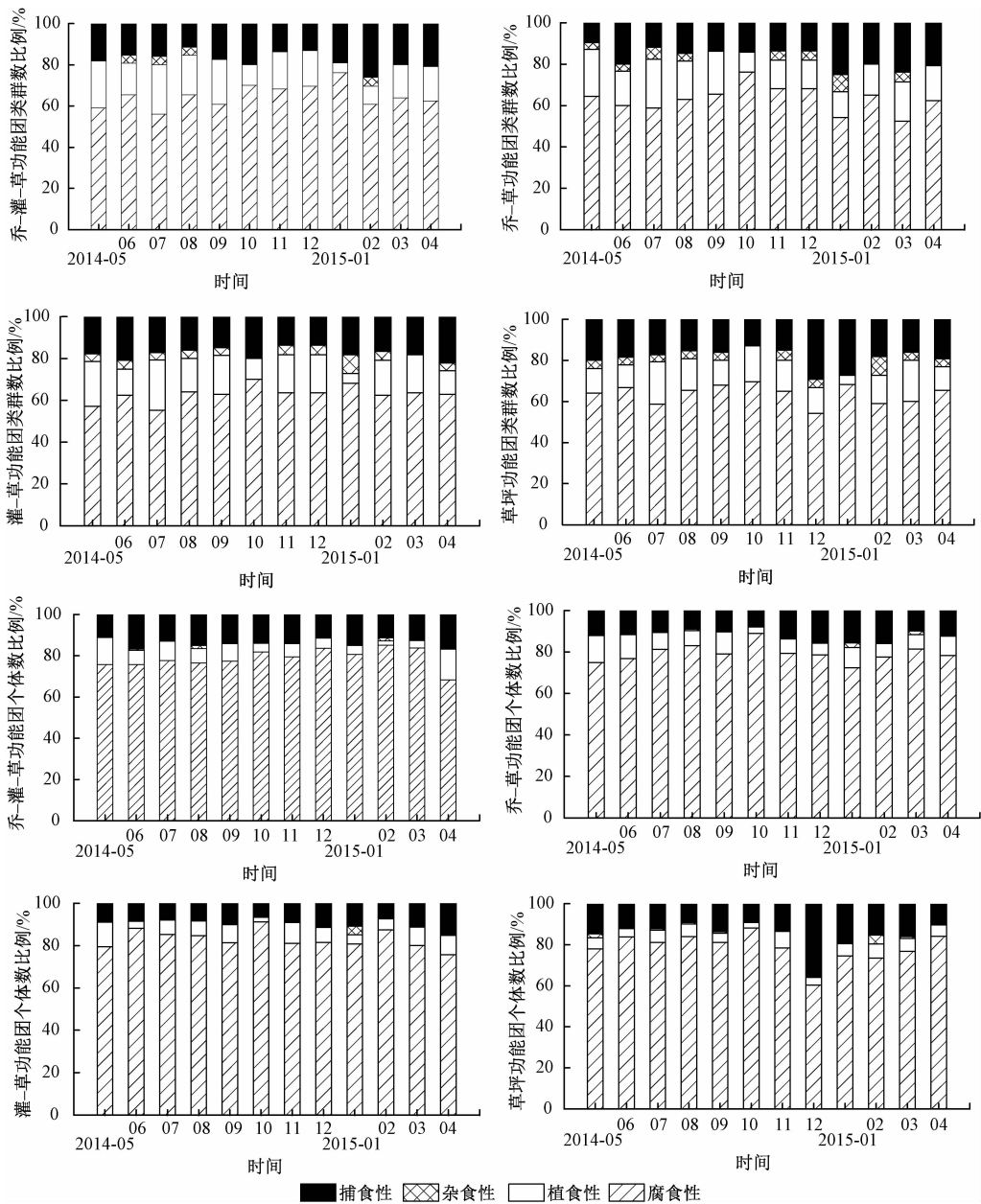


图 3 不同植物配置下土壤动物各功能团类群数和个体数比

Fig. 3 Ratio of functional group number to individual number of soil fauna under different plant configurations

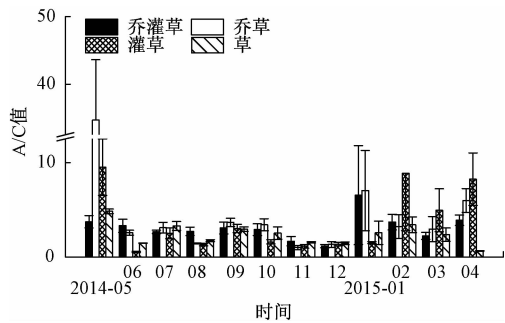


图 4 不同植物配置下土壤动物群落 A/C 值动态

Fig. 4 Dynamics of A/C value of soil fauna community under different plant configurations

动,因而凋落物丰富的复合型植物配置(乔-草,灌-草,乔-灌-草)其土壤动物类群数和个体密度反而低于草坪配置;冬季,复合型植物配置为土壤动物保育提供更适宜的土壤温度,加之前期凋落物的逐步分解,为土壤动物提供了更为充足的食物,因而中小型土壤动物类群数及个体密度高于草坪配置。

土壤动物的多样性能反映群落的稳定性,高的多样性指数和均匀度意味着在生态系统中,有更长的食物链和更多的共生现象,从而增加群落

结构的稳定性^[18]。秋冬季乔-灌-草配置土壤动物的多样性指数 H' 和均匀性指数 J 低,而其优势度指数 C 和密度-类群指数 DG 高,可能是由于秋冬季乔-灌-草土壤动物群落中腐食性类群优势突出所致,但其较高的 DG 指数也表明乔-灌-草配置下中小型土壤动物的类群和个体都相对丰富。

3.3 中小型土壤动物功能团

土壤动物的生态功能一直是土壤生态学关注的重要内容之一,土壤动物通过对凋落物的机械破碎、取食以及对土壤微生物的选择性牧食,积极参与凋落物的分解;同时,凋落物通过为土壤动物提供食物和栖居场所,也极大影响着土壤动物的类群及数量^[25]。因此,研究土壤动物的功能团对深刻理解生态系统的物质循环和能量流动有着重要意义^[20,26-27]。本研究中,4种植物配置均以腐食性土壤动物功能团占绝对优势,与大多数研究一致^[20,26-28],这不仅与食物竞争、生境气温、降水、土壤理化性质等因素有关^[20],很大程度上还受土壤动物群落优势类群的食性影响。腐食性土壤动物功能团类群数和个体数比例基本以冬季最低,可能与冬季凋落物逐渐被分解殆尽以及不利活动的水热条件有关,而乔-灌-草配置的例外,则可能与其能提供更适宜土壤动物保育的土壤温度有关。研究结果进一步证实土壤动物是城市绿地生态系统重要的分解者。

3.4 中小型土壤动物 A/C 值

有研究表明,人为干扰程度较轻^[17]、植被覆盖度较高^[28]、土壤环境条件良好^[29]的生境中 A/C 值更大,表明蜚蠊类对生境要求更高,而弹尾类抗干扰能力更强;另外, A/C 值不仅受生境影响,还具有明显的季节性变化,即使同一生境,不同季节采样也会造成 A/C 值差异悬殊^[30]。本研究中, A/C 值随植物配置及季节的变化而变化,这一方面可能受不同配置中植被的物候影响,另一方面也与生境内人为干扰强度有关。11、12 月凋落物大量产生并被不断清扫,干扰强度大,蜚蠊类数量下降, A/C 值最低;春季气温逐渐升高,加之前期残余凋落物养分的回归,土壤环境有利于蜚蠊类生活, A/C 值达

最大值。

相比森林,城市绿地生态系统的土壤动物不仅受到地表植被的影响,同时也易受到人为活动的干扰,表现出不规则的变化趋势。尤其是凋落物的频繁清扫,减少了土壤动物的食物来源,改变了土壤动物的栖居环境,从而在一定程度上降低了城市绿地土壤的自肥功能。气候、土壤性质、人为干扰、植物配置均是影响土壤动物群落结构的重要因素,在水热条件较差的冬季,复杂的植物配置能提供更丰富的食物和更多样的生境,往往具有更高的土壤动物多样性。因此,建议在城市绿地的建设和日常养护中,尽可能维持较高的植被丰富度,同时适当保留或妥善处理(如深埋)凋落物,这对改善城市生态环境、增强城市生态功能,提高城市绿地系统稳定性具有重要意义。

参考文献

- [1] 王保忠,王彩霞,何平. 城市绿地研究综述[J]. 城市规划汇刊,2004(2):62-69.
- [2] 吴耀兴,康文星. 城市绿地系统的生态功能探讨[J]. 中国农学通报,2008(6):24 335-24 337.
- [3] 毛齐正,罗上华,马克明. 城市绿地生态评价研究进展[J]. 生态学报,2012,32(17):5 589-5 600.
- [4] 吴廷娟. 全球变化对土壤动物多样性的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(2):581-588.
- [5] 殷秀琴,顾卫,董炜华. 公路边坡人工恢复植被后土壤动物群落变化及多样性[J]. 生态学报,2008,28(9):4 295-4 305.
- [6] 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):2 616-2 622.
- [7] Laossi K R, Barot S, Carvalho D, et al. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian Pastures[J]. Pedobiologia,2008,51:397-407.
- [8] Nieminen J K. Soil animals and ecosystem processes: How much does nutrient cycling explain? [J]. Pedobiologia,2008,51(5):367-373.
- [9] González G, Seastedt T R. Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests [J]. Ecology, 2001,82(4):955-964.
- [10] García-Palacios P, Maestre F T, Kattge J, et al. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes [J]. Ecology Letters, 2013,16(8):1 045-1 053.

[11] Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota [J]. Science, 2004, 304: 1 629-1 633.

[12] 张利华, 邹波, 黄宝荣. 城市绿地生态功能综合评价体系研究的新视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(4): 67-71.

[13] 李婷, 张世熔, 干文芝. 成都平原土壤 pH 的时空分布特征及影响因素研究[J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(3): 313-318.

[14] 周启刚, 张叶. 基于 RS 和 GIS 的成都市郊区景观格局分析[J]. 土壤, 2007, 39(5): 813-818.

[15] 彭文甫, 周介铭, 罗怀良. 城市土地利用变化对生态系统服务价值损益估算: 以成都市为例[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 43-51.

[16] 张碧, 张世熔, 张素兰, 等. 温江区土地利用环境影响评价研究[J]. 生态环境, 2011(1): 357-369.

[17] 黄玉梅, 张健, 杨万勤. 巨桉人工林中小型土壤动物类群分布规律[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2 327-2 331.

[18] 肖玖金, 卢昌泰, 张健, 等. 川芎 (*Ligusticum chuanxiong* Hort) 种植地的土壤动物群落特征[J]. 中国科学院大学学报, 2013, 30(6): 751-756.

[19] 章家恩, 秦钟, 李庆芳. 不同土地利用方式下土壤动物群落的聚类与排序[J]. 生态学杂志, 2011, 30(12): 2 849-2 856.

[20] 李娜, 张雪萍, 张利敏. 红松人工林与天然次生林大型土壤动物功能类群[J]. 应用与环境生物学报, 2014, 20(1): 22-29.

[21] 李晓东, 史沉鱼, 覃国乐. 濒危植物单性木兰林区土壤动物群落结构与季节动态[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(4): 20-26.

[22] 刘国华. 草原及城市生态系统土壤动物研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2013.

[23] 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): 2 616-2 622.

[24] 王文君, 杨万勤, 谭波, 等. 四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5 737-5 750.

[25] 黄玉梅, 刘盼, 陈莹佳, 等. 草坪草白三叶枯落物质量损失过程及土壤动物的贡献[J]. 应用与环境生物学报, 2016, 22(4): 654-659.

[26] 黄丽荣, 张雪萍. 大兴安岭北部森林生态系统土壤动物的功能类群及其生态分布[J]. 土壤通报, 2008, 39(5): 1 017-1 022.

[27] 孙立娜, 李晓强, 殷秀琴, 等. 龙湾自然保护区森林土壤动物群落多样性及功能类群[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2014, 46(1): 110-116.

[28] 黄玉梅, 杨万勤, 张健. 川西亚高山云杉叶凋落物质量损失过程及土壤生物的作用[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(4): 676-683.

[29] 秦钟, 章家恩, 李庆芳. 城市化地区不同生境下中小型土壤动物群落结构特征[J]. 应用生态学报, 2009, 20(12): 3 049-3 056.

[30] 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.