

王章训,高 磊,仲启铖.上海市临港新城地区不同季节昆虫多样性[J].江苏农业科学,2020,48(7):111-117,181.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.07.021

上海市临港新城地区不同季节昆虫多样性

王章训,高 磊,仲启铖

(1.上海市园林科学规划研究院,上海 200232; 2.上海城市困难立地绿化工程技术研究中心,上海 200232)

摘要:2017 年 10 月至 2018 年 7 月,采用扫网法对临港新城不同季节昆虫群落多样性进行调查,选取 14 个不同样地,运用香农-威纳指数、Simpson 指数、均匀度指数、丰富度指数对不同群落进行统计分析。共采集 6 970 头昆虫,分属于 12 目 94 科。数据表明,夏季昆虫物种数目最多,春季次之,秋季最少。香农-威纳指数夏季 LG-11、LG-8 样地最高,为 5.86,春季 LG-13 样地最低,为 2.12;Simpson 指数最高为夏季 LG-8 样地和秋季 LG-7 样地,均为 0.98;均匀度指数最高为秋季 LG-2 样地和 LG-5 样地,达 0.97,最低的为春季 LG-8 样地,仅为 0.66;丰富度指数最高为夏季 LG-7 样地,达 10.86,最低的是春季 LG-13 样地,仅为 2.90。典范相关分析表明,物种丰富度与环境因子中的群落盖度相关性较大。

关键词:临港新城;扫网法;昆虫;群落多样性;环境因子;物种丰富度

中图分类号: S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)07-0111-07

昆虫是生物界的主要类群之一,是动物界最大的纲^[1]。无论是个体数量、生物量、种数,还是基因数,它们在生物多样性中均占有十分重要的地位。昆虫对生境的变化敏感,具有广谱的生物地理学和生态学探针功能^[2]。昆虫群落的物种多样性是生态系统结构和功能的组成因素,对维持自然界的生态平衡发挥着重要作用。生境变化会对昆虫多样性产生一定的影响,因此在某种生境下的昆虫多样性可以作为评价该地生态环境质量的一种有效指标^[3]。国内许多地区开展了昆虫多样性调查工作,如黑龙江扎龙湿地不同生境的昆虫多样性^[4]、云南省元谋干热河谷昆虫多样性^[5]、南岳昆虫多样性^[6]、宁夏香山荒漠草原区昆虫多样性^[7]、辽宁蛇岛昆虫多样性^[8]等。通过对昆虫多样性进行调查,为评价当地生态提供参考数据。

盐碱土是地球上广泛分布的一种土壤类型,是一种重要的土地资源。我国盐碱土地资源总面积约为 9 913 万 hm^2 ,盐碱土地不但会造成资源破坏,给农业生产带来巨大损失,而且还对生物圈和生态环境构成威胁,表现出环境 and 经济等 2 方面的危害。临港新城位于上海市南汇区,其土壤类型为东海之

滨典型的盐碱土。目前,学者们已经对临港新城的植物根系分布、土壤动物类型、重金属污染等作了很多研究^[9-13],但对该地昆虫多样性的研究尚未见报道。本研究在 2017 年 10 月至 2018 年 7 月期间对临港新城不同季节昆虫资源及其多样性进行初步调查,运用多样性指数、均匀度指数、丰富度指数等不同指标讨论不同季节和不同样地间昆虫群落特征,以期为临港新城生态建设提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

临港新城位于上海市南汇区境内($30^{\circ}59' \sim 31^{\circ}16'N$, $120^{\circ}53' \sim 121^{\circ}17'E$),位于中纬度东亚季风盛行区域,年平均气温为 $15.0 \sim 15.8^{\circ}\text{C}$,最低气温在 1 月,月平均气温为 $3.3 \sim 3.6^{\circ}\text{C}$,最高气温在 8 月,月平均气温为 26.8°C ;全年总日照时数为 2 000 ~ 2 200 h,年降水量为 900 ~ 1 050 mm。土壤主要为吹填土, pH 值为 7.80 ~ 8.24,全盐量为 2.0 ~ 3.0 g/kg,植被主要有互花米草(*Spartina alterniflora*)、芦苇(*Phragmites australis*)、香蒲(*Typha orientalis*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、银荆(*Acacia dealbata*)等水生植物,香樟(*Cinnamomum camphora*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、墨西哥落羽杉(*Taxodium mucronatum*)、棕榈(*Trachycarpus fortunei*)、桧柏(*Sabina chinensis*)、紫荆(*Cercis*

收稿日期:2019-02-27

基金项目:上海市科委科技专项资金(编号:17DZ1202801)。

作者简介:王章训(1990—),男,重庆奉节人,硕士研究生,从事园林植物保护工作。E-mail: Anthicidae@126.com。

chinensis) 等乔木植物, 金森女贞 (*Ligustrum japonicum*)、绣线菊 (*Spiraea salicifolia*)、夹竹桃 (*Nerium indicum*)、大花秋葵 (*Hibiscus moscheutos*)、大花醉鱼草 (*Buddleja colvilei*)、紫花海棠 (*Malus Purple*)、海滨木槿 (*Hibiscus hamabo*)、木芙蓉 (*Hibiscus mutabilis*)、红叶石楠 (*Photinia fraseri*)、伞

房决明 (*Cassia corymbosa*) 等灌木植物, 红花酢浆草、冬青、百慕大、白车轴草、大叶吴风草等草本植物^[14]。

根据分布地点和植被特征, 共选择 14 个样地, 调查昆虫多样性及季节动态。各样地情况介绍见表 1。

表 1 临港新城各样地生态环境

样地编号	主要植被	凋落物厚度 (cm)	乔木平均树高 (m)	乔木平均胸径 (cm)	乔木层生物量 (kg)	群落生长势	群落盖度
LG-1	落羽杉、玉簪、沿阶草、紫娇花	0.50	8.00	18.00	3 397.57	3.00	0.33
LG-2	香樟、女贞、乌桕、卫矛、美人蕉	1.00	7.50	20.00	2 461.91	3.65	0.26
LG-3	杨树、乌桕	0.50	9.00	13.00	1 181.22	2.28	0.23
LG-4	杨树、夹竹桃、海滨木槿	0.50	8.50	14.00	1 890.74	2.25	0.25
LG-5	香樟、水杉、绞股蓝	1.50	9.00	20.00	5 468.71	3.55	0.47
LG-6	落羽杉、绞股蓝	1.00	8.50	15.30	4 906.05	3.00	0.33
LG-7	杨树、石楠、榉树	2.00	10.00	13.00	4 693.63	1.70	0.26
LG-8	栎树、香樟	2.00	9.00	12.00	5 278.30	2.25	0.42
LG-9	香樟、熊掌木、美人蕉、竹、高羊茅、池杉、雪松	0.50	9.50	18.00	7 258.32	4.23	0.43
LG-10	香樟、高羊茅、夹竹桃	0.50	7.50	15.50	5 846.65	3.34	0.34
LG-11	女贞、落羽杉、夹竹桃、紫叶李、红花酢浆草	0.50	6.50	14.00	4 419.60	2.68	0.47
LG-12	水杉、红花酢浆草、大叶吴风草	0.80	12.00	14.00	5 030.36	2.78	0.55
LG-13	水杉、怪柳、美人蕉、女贞	0.20	5.00	12.00	1 009.71	1.45	0.15
LG-14	刺槐、垂柳、苦楝、无患子、大叶女贞、加拿大一枝黄花、乌蕨莓等	1.50	6.50	9.00	2 308.94	3.68	0.47

1.2 研究方法

1.2.1 采集方法 在选定的 14 个 10 m×20 m 的样方中, 采用口径为 35 cm 的 80 目标准捕虫网, 在寄主植物上直接扫网采集节肢动物, 每扫网 50 次收集 1 次, 共收集 4 次, 收集时用力将网内所有昆虫扫至网底部, 并迅速将网兜和昆虫移入毒瓶中, 等待 3 min 后打开毒瓶, 用蘸有乙醇的小毛笔或小镊子挑取所有昆虫, 放入写好标签的小瓶中, 带回实验室鉴定及统计。采集的标本用 75% 乙醇保存, 根据《昆虫分类学》及《中国动物志》昆虫纲各卷、《王家园昆虫》等专业书籍^[15-19] 鉴定标本。

1.2.2 分析方法 利用优势度指数、Shannon - Wiener (香农 - 威纳) 多样性指数、均匀度、物种丰富度等来分析群落特征^[20], 具体公式如下。

(1) 优势度分析采用 Simpson (辛普森) 优势度指数:

$$D=1-\sum_{i=1}^s\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}。$$

式中: n_i 为样地内第 i 个物种的个体数; N 为样地内

所有物种的个体数; S 为物种数。

(2) 物种多样性分析采用 Shannon - Wiener 多样性指数:

$$H'=-\sum_{i=1}^sP_i\ln P_i,P_i=\frac{n_i}{N}。$$

式中: P_i 为第 i 个物种的个体数占总个体数 N 的比例; N 为全部物种的个体总数。

(3) 均匀度分析采用 Pielou 指数:

$$J=H'/H_{\max}。$$

式中: $H_{\max}=\ln S。$

(4) 物种丰富度分析采用 Margalef 指数:

$$d_{\text{Ma}}=S-1/\ln N。$$

多样性指数、均匀度以及优势度的计算用 Excel 2010 完成, 典范相关分析使用 The SAS System for Windows V8 完成。

2 研究结果

2.1 昆虫群落多样性调查结果

本研究共采集 6 970 头昆虫, 分属于 12 目 94

科。其中,2017 年秋季采集的数量最少,仅为 396 头,2018 年夏季采集的数量最多,为 4 261 头。不同季节采集到的昆虫种类在各样方中的分布情况如表 2 所示,3 个季节各样方采集到的昆虫种类以 LG-7 科数最多,达 61 种,其次为 LG-3、LG-14 和 LG-8 样地,分别采集到的昆虫科数为 57、54、53 科, LG-13 样地昆虫种类最少,仅采集到 34 科昆

虫。从不同季节来看,秋季昆虫种类分布较多的样地为 LG-6、LG-7;春季 LG-14、LG-7 样地昆虫种类分布较多,分别采集到 37、35 科昆虫;夏季昆虫种类较多的样地为 LG-7、LG-3 样地, LG-13 样地 在不同季节采集到的昆虫种类均最少,秋季、春季、夏季分别采集到 7、23、16 科。

表 2 临港新城各样地不同季节昆虫类群

目	科	LG-1	LG-2	LG-3	LG-4	LG-5	LG-6	LG-7	LG-8	LG-9	LG-10	LG-11	LG-12	LG-13	LG-14
蜉蝣目	四节蜉科	+													+
蜻蜓目	蜻科	○	○	○+	○	○	△○	○+		○	○+	○	+		○+
	蜓科	○+	+	○	+	○	○+		○+	○	○	+	○	+	○
	春蜓科		+	+		+		+		+			+		+
	蟌科	+	△+	+	+		△+		+		+	△+		+	+
	色蟌科			+		+		+			+	+			
半翅目	盲蝽科	△○	△○	+	○+		○	△○		○		○	○		○
	长蝽科		○+			○	+	○	○+		○			○	
	网蝽科	△○+	○	○+	○+	△○+	△○+	○	△○	○+	△○+	○+	△○+	○	△○+
	缘蝽科		○	○+		○+		○+		+	○	○+			○+
	黽蝽科				+										
	蝽科	○+	△	○	△○	△○	△	△○+	△○+	△	△○		+	○	△○
	划蝽科	+													+
	异蝽科			○	+	△	○							△	○
	猎蝽科	△○	○+	○		○	△○	△	△○+		△○+	△	△○+		△○
	叶蝉科	○	△○+	△○+	△	△○	△+	△○+	△	△	○	△+	○	○+	△○+
	蛾蜡蝉科							+							
	广翅蜡蝉科			+						+		+			
	角蝉科	+	△○		+	△	△○+	+	△+	△○	△	○+	△○+		△○
	象蜡蝉科							+				+			
	蝉科	○+	○+	○	○+	○+	○+	○+	○+	○+	○+	○+	○+	○+	○+
鳞翅目	螟蛾科	○+	+	△○+	+	+	△○+	○+	+	△○+	+	+	+	+	○+
	卷蛾科	+		+	+	+		+		+	+	+	+	+	+
	尺蛾科	○	○	○	○	○	○	○+	○	○	○	○	○	○	○
	透翅蛾科			+							+				
	木蠹蛾科													△	
	鹿蛾科						+		+						+
	舟蛾科			○		○		○	○			○+			○+
	夜蛾科	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	天蛾科													+	
	刺蛾科	○+	○	○		○	○	○	○	+	○	○	○		○+
	蓑蛾科	○	+	○	○	○	+	○+	○		○	○	○	○	○
	斑蛾科				+		○				+	○			
	粉蝶科	○	○	○	○+	○	○	○	○+	○	○	○	○	○	○
	弄蝶科			○	○		+	○	+			+	○		
	灰蝶科			+	+				+	+					+
	眼蝶科	+	○+		○	○+	+	○+		○	○	○	+	○	○

表 2(续)

目	科	LG-1	LG-2	LG-3	LG-4	LG-5	LG-6	LG-7	LG-8	LG-9	LG-10	LG-11	LG-12	LG-13	LG-14
鳞翅目	蛱蝶科				○ +		○		○ +						
	凤蝶科						+								
鞘翅目	天牛科	○	○	○ +	○ +	○	△○ +	○ +	○ +	○	○ +	○	○	○	○
	瓢虫科	○ +	○ +	△○ +	○	○ +	△○ +	△○ +	○ +	○ +	△○ +	△○ +	○ +	○ +	△○ +
	蚁甲科			+									+		
	蚁形甲科				+				+	+	+				+
	拟步甲科			+				+							
	叶甲科	△○ +	△○ +	○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○	△○	△○
	虎甲科		○				+	○	+						
	肖叶甲科	○ +			+	○ +	△	△○ +	○		○	△○ +	○	△○	○
	花金龟科	+	+						+						
	鳃金龟科			+		+		+			+		+		+
	丽金龟科		○		○ +			○			○			○	
	蜉金龟科						+								
	犀金龟科			○											○ +
	象甲科	△○ +	+	+	+	○ +	○ +	+	+	△○ +	+	+			+
膜翅目	姬蜂科	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○ +	△○	△○ +	△○ +	○ +	△○ +
	茧蜂科			△	○	+		○ +	△○ +		○ +		△	△	
	蚁科	○ +	○ +	○ +	○ +	○ +	△○	○ +	△○ +	○	○ +	△○ +	○ +	○ +	△○ +
	蜜蜂科	○ +	○	○ +	○ +	△○ +		△○ +	○		△○	○	○		○
	小蜂科	+	○ +	○ +	○ +	△ +	○ +	○ +	○ +	○ +	+	△○ +	○ +	△○ +	○ +
	金小蜂科				+	+		+	+	+	+				+
	青蜂科	+													
	土蜂科			+				+	+						
	叶蜂科		+		+	○	+		○			○		○	
	三节叶蜂科	+				+									
	茎蜂科								+						
	隧蜂科	○		○		○ +		○ +	○		○		○	○	○
	马蜂科	+		+							+				+
	螺赢科		+		+		+				+				
	地花蜂科						+	+		+					
	胡蜂科	○		+	○			○	○		○	○	○		
双翅目	水虻科		△○	○ +		+	○	+	+	△		○			○
	食蚜蝇科		△○	+	△ +	△○ +	+	+	○ +	△○ +	△○ +	○ +	△○ +	○ +	△○ +
	丽蝇科	△○ +	+	○	△ +	○	○ +	△	△○		○ +	△○	+	○ +	△○ +
	寄蝇科		○ +	○ +		+	+	△○	△ +	○	△ +	○ +	○	△	+
	鼓翅蝇科					+			+						
	实蝇科		○ +	+	+		+	△○			+	○ +			○
	麻蝇科		+		△	+		+	+	○ +			+		△ +
	果蝇科	○ +	+	○ +	△ +	○	+	△○	○	△	+	△ +	△ +	○ +	○ +
	虻科	△○ +			○		+		+	○					
	食虫虻科		+			+		+							+
	水虻科	+		+		+				+					
	蜂虻科				+			+							
	蚊科	○ +	○ +	○ +	○	△○	△○	○ +	○	△○ +	○	○ +	○	○	△○ +
	摇蚊科	+		+							+				
	大蚊科		+				+	+	○			○	+		○ +

表 2(续)

目	科	LG-1	LG-2	LG-3	LG-4	LG-5	LG-6	LG-7	LG-8	LG-9	LG-10	LG-11	LG-12	LG-13	LG-14
直翅目	锥头蝗科	+	○	△+	△	○+	△	○		○	○+		○		
	网翅蝗科		△		△		△				△				
	菱蝗科	△					△	△		△					
	螽蜥科	○+	○	○	△	○	△○+	△○	△	○	○	△○	△	+	△○
脉翅目	草蛉科		+	△○	+		○	+	○		△○+		○+		○+
	褐蛉科								+	+					
革翅目	肥螋科		+		+				+						+
	垫跗螋科			+				+			+				
螳螂目	螳科			+									+		
蜚蠊目	姬蠊科							+							
总计科数(科)		44	47	57	50	50	50	61	53	41	51	45	43	34	54
秋季科数(科)		9	9	8	10	11	18	16	12	12	11	13	9	7	14
春季科数(科)		28	29	32	23	31	26	35	30	24	31	31	27	23	37
夏季科数(科)		33	30	39	35	30	33	42	36	23	32	27	24	16	36

注:表中“△”表示秋季有分布;“○”表示春季有分布;“+”表示夏季有分布。

不同季节临港新城昆虫群落的数量特征如表 3 所示,其中 2017 年秋季采集到的昆虫种类和数量均为最少,2018 年夏季采集到的昆虫种类和数量均为最多。采集到昆虫的目数、科数、种数和个体数均为夏季>春季>秋季。

表 3 不同季节临港新城昆虫群落多样性

季节	目数 (目)	科数 (科)	种数 (种)	个体数 (个)
春季	8	51	130	2 313
夏季	12	91	159	4 261
秋季	6	39	68	395

由图 1 可知,春季香农-威纳指数较高的是 LG-1 和 LG-3 样地,分别为 3.09、3.06。Simpson 指数最高的样地是 LG-1、LG-3 样地,均为 0.94。均匀度指数最高的样地为 LG-1,达 0.87,最低的

样地为 LG-8,仅为 0.66。丰富度指数最高的为 LG-7 样地,达 6.77,最低的是 LG-13 样地,仅为 2.90。

由图 2 可知,夏季香农-威纳指数较高的是 LG-11、LG-8 样地,分别为 5.86、3.63。Simpson 指数较高的是 LG-8 和 LG-10 样地,分别为 0.98、0.97。均匀度指数最高的样地为 LG-8,达 0.95,最低的为 LG-1 和 LG-2 样地,仅为 0.81。丰富度指数最高的为 LG-7 样地,达 10.86,最低的是 LG-13 样地,仅为 6.56。

由图 3 可知,秋季香农-威纳指数最高的是 LG-6 和 LG-7 样地,均为 2.88,最低的是 LG-13 样地,为 2.13。Simpson 指数最高的是 LG-7 样地,为 0.98。均匀度指数最高的样地为 LG-2 和 LG-5 样地,达 0.97,最低的为 LG-10 样地,仅为 0.81。

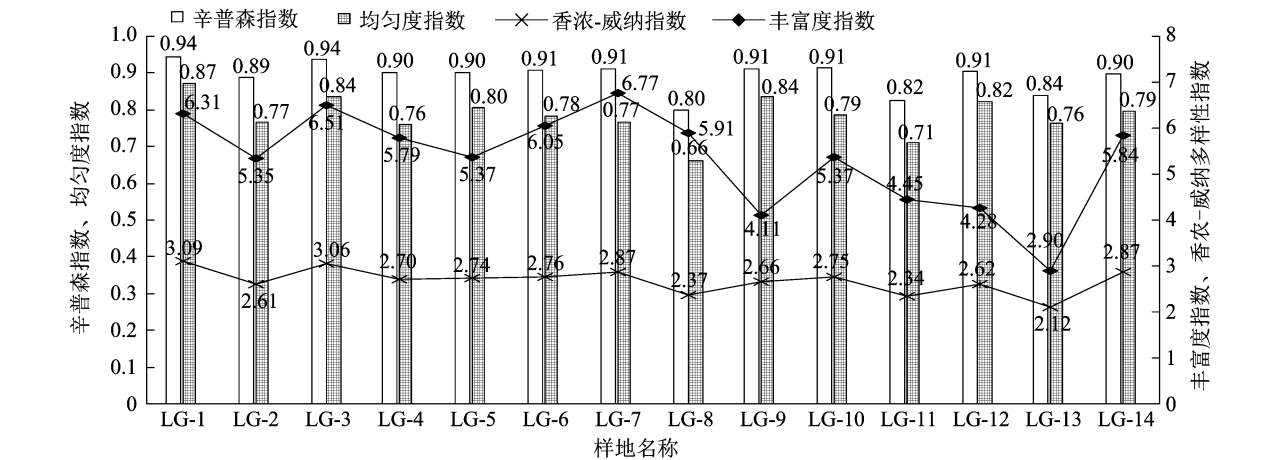


图1 春季各样地昆虫群落多样性指数

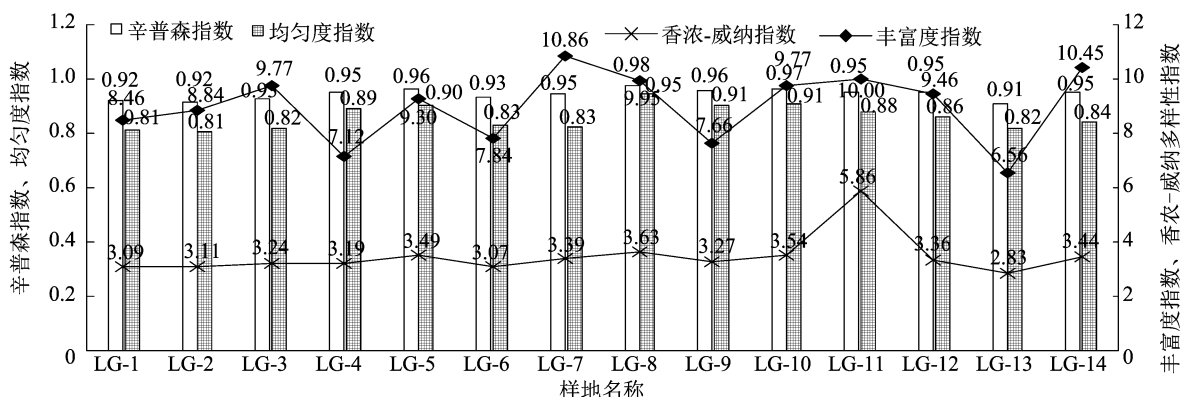


图2 夏季各样地昆虫群落多样性指数

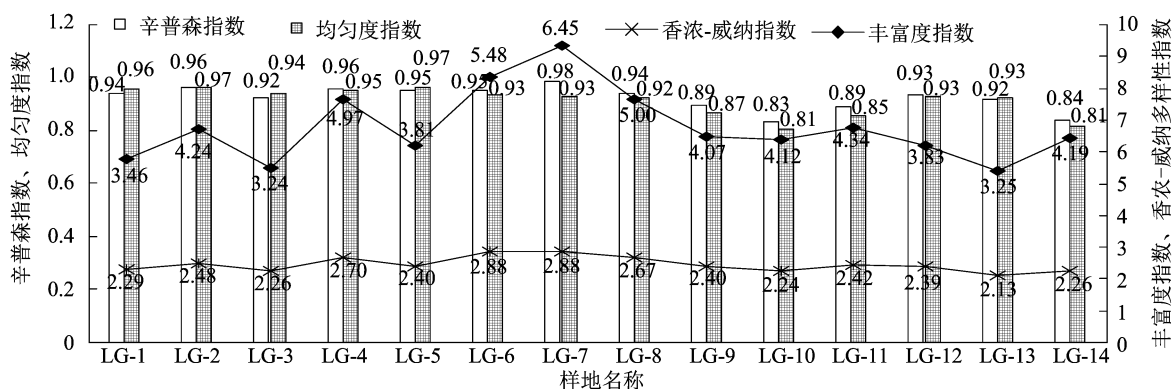


图3 秋季各样地昆虫群落多样性指数

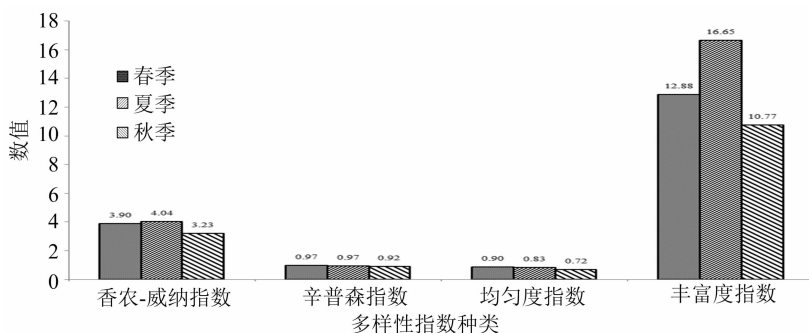


图4 临港新城不同季节昆虫多样性

丰富度指数最高的为 LG-7 样地,达 6.45,较低的是 LG-3 样地与 LG-13 样地,仅为 3.24 和 3.25。

由表 4 可知,不同季节香农-威纳指数、丰富度指数由高到低依次为夏季、春季、秋季, Simpson 指数春季与夏季相同,均为 0.97,秋季最小,为 0.92。均匀度指数由高到低依次为春季、夏季、秋季。

3.2 昆虫多样性与环境因子的关系

利用各样地不同季节多样性指数平均数与反应环境因子的各变量进行典型相关分析,结果表明,第 1 对典型变量 (V_1, W_1) 之间的典型相关系数 $r_1 = 0.9378$,标准误差为 0.0334。

由表 4、表 5 可知,典型变量 V_1 与生态因子中的群落盖度相关系数最大,为 0.8547,典型变量 W_1 与多样性系数中的丰富度指数相关系数最大,为 0.7110。以此类推,从用标准化指标表达的第 1 对典型变量 (V_1, W_1) 可以看出,丰富度指数与群落盖度密切相关,而与乔木的平均胸径及乔木层生物量关系较小。

3 结论与讨论

本试验在不同季节统计,上海市临港新城 14 个不同样地昆虫多样性情况,结果表明,临港新城不

表 4 基于标准化数据的生态因子与典型变量 VAR 相关系数

生态因子	相关系数			
	V_1	V_2	V_3	V_4
凋落物厚度	0.653 3	-0.454 0	0.434 9	0.077 4
乔木平均树高	0.783 0	0.516 2	-0.133 4	0.200 3
乔木平均胸径	-0.116 4	0.865 2	0.234 3	-0.145 3
乔木层生物量	-0.192 1	-0.313 1	-0.015 9	-0.956 6
群落生长势	0.467 3	-0.404 6	-0.363 7	1.098 9
群落盖度	0.854 7	0.440 5	1.007 9	0.141 5

表 5 基于标准化数据的多样性系数与典型变量 WITH 相关系数

多样性系数	相关系数			
	W_1	W_2	W_3	W_4
Shannon - Weiner 指数	-0.644 6	0.554 9	0.498 5	-0.759 6
Simpson 指数	0.631 6	0.420 2	-1.490 8	-1.670 9
均匀度指数	-0.165 6	0.593 3	1.494 2	1.531 2
丰富度指数	0.711 0	-0.684 2	1.161 1	0.951 5

同样地的昆虫群落由 12 目 94 科组成,其中秋季昆虫的种类数、目数、科数和个体数均为最少,春季其次,夏季均为最多。网蝽科、叶蝉科、瓢虫科、叶甲科等昆虫在多样地中均有分布,属于临港新城常见的昆虫种类;而四节蜉科、龟蝽科、凤蝶科、茎蜂科、姬螋科等昆虫仅在其中 1~2 个样地中有分布,属于临港新城昆虫种类中的稀有种。

多样性分析结果表明,香农 - 维纳指数和丰富度指数由高到低依次均为夏季、春季、秋季,均匀度指数则是春季最高,夏季其次,秋季最低。荣亮等对上海市崇明岛不同季节昆虫多样性进行调查,得出类似的研究结果^[21],根据前人的研究,Shannon - Wiener 生物多样性指数一般为 1.5~3.5,而临港新城 3 个季节 Shannon - Wiener 多样性指数为 3.23~4.04,昆虫多样性水平较高。不同样地昆虫多样性变化幅度较大,春季各样地丰富度指数最低的 LG - 13 样地(2.90)与最高的 LG - 7 样地(6.77)相差 3.87;夏季各样地均匀度指数最低的 LG - 1 样地(0.81)与最高的 LG - 8 样地(0.95)相差 0.14,造成各样地昆虫多样性的主要原因是植被种类及人为干扰程度的不同。在 14 个样地中,多数样地为人工种植的绿地或公园,这种生境下人为干扰严重^[22],昆虫种类与数量和人工种植的景观植被有较大的关系,LG - 11 样地和 LG - 12 样地地被植物主要为红花酢浆草,因此该样地访花昆虫种类明显多于其他样地。

典型相关分析被广泛应用于分析环境因子与

多样性关系^[23],本研究结果表明,样地植被的盖度与昆虫物种丰富度相关性最高,而均匀度指数与所测环境因子相关度不高,乔木的平均胸径和生长量与昆虫多样性相关度也不高,造成这种结果可能原因是研究样地大多是人为种植的绿地,人为干扰程度较大。

总体而言,由于土壤为盐碱土不利于植物生长,临港新城昆虫种类偏少,且昆虫群落在人为干扰的情况下显得很不稳定,调查发现,天牛和小蠹等钻蛀性害虫由于缺乏天敌,对该地区柳树、杨树、无花果、海滨木槿等树木危害很大,在今后的工作中可适当引入天敌,增加临港新城地区昆虫多样性,进而达到维持生态平衡的目的。

参考文献:

- [1] 尤民生. 论我国昆虫多样性的保护与利用[J]. 生物多样性, 1997,5(2):56-62.
- [2] Samways M J. Insects in biodiversity conservation:some perspectives and directives[J]. Biodiversity and Conservation, 1993, 2(3): 258-282.
- [3] Basset Y, Hawkins B A, Leather S R. Visions for insect conservation and diversity: spanning the gap between practice and theory[J]. Insect Conservation and Diversity, 2009,2(1):1-4.
- [4] 顾伟,马玲,丁新华,等. 扎龙湿地不同生境的昆虫多样性[J]. 应用生态学报, 2011,22(9):2405-2412.
- [5] 李昆,罗长维,陈友,等. 元谋干热河谷生态恢复区昆虫多样性研究[J]. 生态学杂志, 2006,25(4):417-422.
- [6] 朱巽,黄向东. 南岳昆虫多样性研究[J]. 中南林学院学报, 2001,21(4):64-67.
- [7] 尚占环,辛明,姚爱兴,等. 宁夏香山荒漠草原区的昆虫多样性[J]. 昆虫天敌, 2006,28(1):1-7.
- [8] 张恒庆,栾天宇,郝久程,等. 辽宁蛇岛昆虫多样性初步研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2017,44(2):171-176.
- [9] 李娟英,胡谦,陈美娜,等. 上海临港新城地表沉积物与径流重金属污染研究[J]. 上海海洋大学学报, 2014,23(6):882-889.
- [10] 叶水送,王瀚强,陈颖,等. 上海临港新城河岸带昆虫群落特征[J]. 生态学杂志, 2012,31(5):1207-1213.
- [11] 朱时茂,侯婧,胡超华,等. 上海市临港新城景观格局动态变化分析[J]. 地理空间信息, 2013,11(6):106-108,11.
- [12] 叶水送,夏灵丹,方燕,等. 上海临港新城土壤动物群落结构时空格局研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2011,50(3):282-287,295.
- [13] 毕华松,崔心红,陈国霞,等. 上海临港新城滨海盐渍土壤年内盐动态及其分析[J]. 安徽农业科学, 2007,35(34):11149-11151.
- [14] 倪玮怡,毕春娟,王薛平,等. 上海临港新城滴水湖生态系统健康评价[J]. 环境科学学报, 2014,34(9):2426-2433.

(下转第 181 页)

- 性物质及品质特性分析[J]. 食品科学,2014,35(22):215–221.
- [2] Alshatwi A A, Ai Obaaid M A, Ai Sedairy S A, et al. Tomato powder is more protective than lycopene supplement against lipid peroxidation in rats[J]. Nutrition Research,2010,30(1):66–73.
- [3] Rao A V, Rao L G. Carotenoids and human health[J]. Pharmacological Research,2007,55(3):207–216.
- [4] Fordes, Bergmannmm, Kroger J, et al. Healthy living is the best revenge: findings from the european prospective investigation into cancer and nutrition – potsdam study[J]. Archives of Internal Medicine,2009,169(15):1355–1362.
- [5] Block Q, Patterson B, Subar A. Fruit, vegetables, and cancer prevention;a review of the epidemiological evidence[J]. Nutrition and Cancer,1992,18(1):1–29.
- [6] Butelli E, Titta L, Giorgio M, et al. Enrichment of tomato fruit with health – promoting anthocyanins by expression of select transcription factors[J]. Nature Biotechnology,2008,26(11):1301–1308.
- [7] 李春喜, 姜丽娜, 邵云. 生物统计学[M]. 5 版. 北京: 科学出版社,2013.
- [8] 张京社, 杨玉东, 王志忠, 等. 玉米杂交种主要农艺性状的相关与通径分析[J]. 山西农业科学,2006,34(1):23–25.
- [9] 申慧芳, 李国柱. 绿豆产量构成因素的相关与通径分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2005(2):164–167.
- [10] 苏泽春, 和加卫, 和志娇, 等. 草莓主要经济性状与单株产量的相关和通径分析[J]. 江西农业学报,2014,26(8):18–21.
- [11] 张继宁, 袁文业, 郭仰东. 茄子主要农艺性状的相关与通径分析[J]. 中国农学通报,2007,23(5):290–292.
- [12] 陈贤, 王再强, 关文灵, 等. 番茄品系红熟果实的耐贮性与品质的通径分析[J]. 北方园艺,2007(7):18–20.
- [13] 曲瑞芳. 番茄果实中番茄红素的遗传分析及与农艺性状的相关性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学,2006.
- [14] 万赛罗, 李翔, 梁伍七, 等. 番茄果实硬度与相关性状间的相关及通径分析[J]. 中国园艺文摘,2009(4):32–34.
- [15] Sheqiang M, Chunfu S, Runping Z, et al. Traffic safety evaluation of the provincial regions in China based on principal component analysis[C]//Intelligent Computation Technology and Automation, 2009. ICICTA'09. Second International Conference on. IEEE, 2009:864–867.
- [16] Liu C H, Xu L, Gao H Y, et al. Water quality evaluation in representative lake based on principal component analysis[C]//Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE),2011 International Conference on. IEEE,2011:4704–4707.
- [17] Ding C. Principal component analysis of water quality monitoring data in Xiasha region [C]//Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2011 International Conference on. IEEE,2011:2321–2324.
- [18] 李文生, 冯晓元, 王宝刚, 等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. 食品科学,2009,30(4):247–249.
- [19] 田玉肖, 黄玉婷, 张芬, 等. 红柄叶用甜菜主要营养成分及抗氧化能力分析[J]. 核农学报,2018,32(10):1984–1991.
- [20] 马倩倩, 吴翠云, 蒲小秋, 等. 高效液相色谱法同时测定枣果实中的有机酸和维生素 C 含量[J]. 食品科学,2016,37(14):149–153.
- [21] 赵英永, 戴云, 崔秀明, 等. 考马斯亮蓝 G-250 染色法测定草乌中可溶性蛋白质含量[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2006,15(3):235–237.
- [22] 张亮, 张坤生, 吕晓玲, 等. 番茄红素测定方法的研究[J]. 中国食品学报,2005,5(1):75–78.
- [23] 任韧, 金铨, 龚立科, 等. 分光光度法测定不同食品基质中亚硝酸盐含量[J]. 中国食品卫生杂志,2016,28(4):480–484.
- [24] 曹炜, 索志荣. Folin – Ciocalteu 比色法测定蜂蜜中总酚酸的含量[J]. 食品与发酵工业,2003,29(12):80–82.
- [25] 周春华, 孙崇德, 李鲜. 富含绿原酸的植物中类黄酮测定方法探讨[J]. 植物生理学通讯,2007,43(5):902–904.
- [26] 公丽艳, 孟宪军, 刘乃侨. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. 农业工程学报,2014,30(13):276–285.
- [27] 刘子记, 申龙斌, 杨衍, 等. 甜椒核心种质遗传多样性与亲缘关系分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):199–202.
- [28] 芮文婧, 张倩男, 王晓敏, 等. 47 份大果番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):92–95.
- [29] 罗颖, 薛琳, 黄帅, 等. 番茄果实可溶性固形物含量与果实指标的相关性研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2010,28(1):23–27.
- [30] Drogoudi, Pavlina D, Pantelidis, et al. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico – chemical and antioxidant properties in different apple cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 2011,129(4):752–760.
- [31] 国艳梅, 杜永臣, 王孝宜, 等. 利用色差仪估测番茄果实番茄红素含量的研究[J]. 中国蔬菜,2008(11):10–14.
- [32] 王晓静, 梁燕, 徐加新. 番茄品质性状的多元统计分析[J]. 西北农业学报,2010,19(9):103–108.

(上接第 117 页)

- [15] 吴时英, 徐颖. 城市森林病虫害图谱[M]. 上海: 上海科学技术出版社,2005:1–165.
- [16] 王炎. 上海林业病虫[M]. 上海: 上海科学技术出版社,2008:1–186.
- [17] 徐公天, 杨志华. 中国园林昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社,2007:1–287.
- [18] 郑乐怡, 归鸿. 昆虫分类(上、下册)[M]. 南京: 南京师范大学出版社,1999:1–598.
- [19] 虞国跃, 王合. 王家园昆虫[M]. 北京: 科学出版社,2016.
- [20] 马克平. 生物多样性的测度方法[J]. 生物多样性,1994,2(2):162–168.
- [21] 荣亮, 李恺, 严莹, 等. 上海市崇明岛不同季节的昆虫多样性[J]. 昆虫知识,2009,46(5):772–777.
- [22] 高磊, 章一巧, 池杏珍. 城市不同绿地类型节肢动物群落的组成与结构[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2016,34(2):53–57.
- [23] 雷相东, 唐守正, 李冬兰, 等. 东北过伐林灌木层物种多样性与林分因子的典型相关分析[J]. 应用与环境生物学报,2002,8(4):346–350.