上海虹桥机场土壤及草丛动物群落 特征和鸟类关系研究

赵云龙, 唐思贤, 王 群, 樊玉杰, 赵艳民, 杨志彪

(华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

摘要: 2000 年 4 月至 2001 年 3 月, 对上海虹桥机场草地土壤动物和草丛动物群落的组成、数量和季节性变化特征进行了初步的研究。土壤动物有节肢动物门、软体动物门、环节动物门等 12 个目或类。其中蜱螨目和弹尾目为常年土壤动物群落的优势类群, 各占年总捕量的 19.75% 和 23.14%; 蚯蚓、多足纲、等足目、膜翅目、鞘翅目为常见类群, 5 类全年占总捕量的 48.96%。草丛动物有 15 目或类。其中鞘翅目、直翅目、半翅目、同翅目、膜翅目、双翅目以及蜘蛛目为草丛动物群落的优势类群, 占全年总捕量的 89.63%。草丛动物类群数和个体数总体表现为: 7 月 > 9 月 > 5 月 > 4 月 > 12 月 > 3 月。土壤动物和草丛动物的分布与生境密切相关。所捕的 22 类草地动物中, 可直接被鸟类捕食的有近 20 类, 主要为生活于草地常见类群中, 因此, 草地的生境以及草地动物的分布是吸引鸟类到机场栖息和摄食的主要原因。降低草高、减少结实的植物、控制土壤动物的密度是减少机场区鸟类数量的有效方法和途径。

关键词: 机场草地; 土壤动物; 草丛动物; 群落特征; 鸟类

Relationship between soil and grassland fauna characters and the birds in Hongqiao airport grassland, Shanghai

ZHAO Yun-Long, TANG Si-Xian, WANG Qun, FAN Yu-Jie, ZHAO Yan-Ming, YANG Zhi-Biao (School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1219~1224.

Abstract: Through ecological investigation, the composition, quantity and seasonal variation of the soil and grassland fauna communities were examined in Hongqiao airport Grassland, Shanghai. The preliminary correlation between soil or grassland fauna and birds was (preliminarily analyzed) completed. The results indicated that there were twelve groups of soil fauna, Arthropoda, Mollusca, Annelida etc. Acarina and Collembola were the main groups which made up for 19.75% and 23.14% of the total amount of catches in one year. Earthworm, Myriapoda, Isopoda, Hymenoptera and Coleoptera were common groups which made up for 48.96% of the total amount of catches in one year. There were fifteen groups of grassland fauna. Coleoptera, Orthoptera, Hemiptera, Homoptera, Hymenoptera, Diptera and Araneida were the dominant groups among them. They made up for 89.63% of the total amount of catches in one year. The quantity of groups and individuals of grassland fauna were as follows: July > September > May > April > December > March. The distribution of soil and grassland fauna was related to their circumstances. Relatively, there were more soil and grassland fauna in high grass area. There were 20 groups for birds to catch directly in the 22 groups of grassland fauna, most of which were common groups in grassland. Therefore the main reasons for birds to stay in airport grassland were grassland circumstances and grassland fauna. Reducing grass in height, decreasing the quantity of the bearing plants and limiting the density of soil fauna were effective ways to decrease the number of birds around airport.

基金项目: 上海机场(集团)有限公司资助项目

收稿日期: 2003-04-03; **修订日期:** 2003-10-11

作者简介: 赵云龙(1963~), 男, 江苏江阴人, 博士, 教授, 主要从事水生经济动物发育生物学研究。E-mail: zhaoyunlong1963@263.net

致谢: 中国科学院上海生理生态研究所尹文英院士及其课题组对本研究给予帮助和指导, 特此致射。

Foundation item: The project was supported by the company of Shanghai Hongqiao Airport

Received date: 2003-04-03; **Accepted date:** 2003-10-11

Biography: ZHAO Yun-Long, Ph. D., Professor, mainly engaged in developmental biology of water economical animal. E-mail: zhaoyunlong1963@263.net

Key words: airport grassland; soil fauna character; grassland fauna character; birds

文章编号:1000-0933(2004)06-1219-06 中图分类号:Q958.1 文献标识码:A

机场的土道面是供飞机特殊降落之用,一般设置为平整、底质坚硬的草坪。虹桥机场位于上海的西郊,周边为上海动物园、农田、池塘等区域,由于其环境的特殊,造成周边区域大量的鸟类聚集到机场土道面上摄食,成为飞机安全起降的隐患。因此,为了降低上海虹桥国际机场机场区鸟类的种类和数量,尽可能地减少“鸟撞”现象的发生,对虹桥机场土道面土壤动物、草丛动物群落特征及其与鸟类的关系进行了研究,以便从生态学角度提供“鸟撞”防治对策。

1 材料和方法

1.1 样地的选择和生境特点

上海虹桥机场跑道长约 3.8km,两侧为宽 140m 的土道面。其上草本植物茂盛,种类繁多,但各处生境基本相同。根据虹桥机场跑道两侧土道面草地植被分布状况及鸟类活动情况,在跑道西侧土道面设置草丛动物、土壤动物调查样地。样地土壤为粘性土壤,表面为一层 1~3cm 的腐殖质土层,下为 8~10cm 厚的土壤层,再往下为小石块铺成的地基。

1.2 调查方法

本研究工作于 2000 年的 4 月、5 月、7 月、9 月、12 月以及 2001 年的 3 月分别对机场土道面上所设的样区进行了实地取样分析统计。样区设定如下:土道面由南至北设置 3 个样区,I 区和 III 区分别在土道面距其两端 200m 处,II 区在 I 区和 III 区的中间位置。每个样区长 200m,宽约 140m。3 个样区在实验前生境相同,实验期间 I 区土道面上的草由机场进行正常的日常管理(草高一般达到 40cm,人工刈除),II 区由虹桥机场运行保障部定期将草高控制在 5cm 以下,不超过 10 cm。III 区为草场自然生长区,任草自然生长,最高可达 1.3m。除上述的样区外,土道面的其余部分同 I 区。

1.2.1 土壤动物 每个样区内按对角线法设置 5 个样点。每个样点设置 25cm×25cm×10cm 的样方 1 个,用筛网和手检方法分别提取土样中的大、中型土壤动物,并将各样点所取的土壤动物分别存放,以便进一步分析鉴定。小型土壤动物采用漏斗集虫法:用圆形采样器在各样点由土壤表面垂直向下采取土样容量 100ml,采用烘干法,提取小型土壤动物^[1]。

1.2.2 草丛动物 在各样区内随机设定 4m×4m 的样方 1 个。用昆虫网扫取样方内的草丛动物,分别存放,并带回实验室做进一步鉴定,计数。

1.3 样本的处理

样本中的动物分离并鉴定^[1,2],昆虫鉴定至目,其它动物以类群表示。结果中不同月份各区的土壤动物或草丛动物的数量均以该样区实际采样面积内的数量之和表示。土壤动物和草丛动物群落多样性用 Shannon-Wiener 指数来计算^[3~5]。

2 结果与分析

2.1 土壤动物

2.1.1 土壤动物群落类群数量与个体数量的不同月份变化 采样 6 次,共采集土样 90 个,取样面积 5.625m²,获得土壤动物 3443 头,分属节肢动物门、软体动物门、环节动物门等 12 个目或类。结果见表 1。

表 1 上海虹桥机场土道面不同月份土壤动物类群和数量统计

Table 1 Soil fauna groups and individuals in every month in Hongqiao Airport grassland

年月 Year-month	I 区 Sampling area I		II 区 Sampling area II		III 区 Sampling area III	
	类群(目) ^①	数量(头) ^②	类群(目) ^①	数量(头) ^②	类群(目) ^①	数量(头) ^②
2000-04	9	92	8	107	9	157
2000-05	7	144	7	129	6	203
2000-07	9	118	9	165	9	217
2000-09	11	206	12	216	10	306
2000-12	11	217	10	230	11	290
2001-03	10	194	10	189	12	263

①Group(Order),②Quantity(ind.)

从上表可知,对于不同样区,动物类群数、个体数在不同月份均有变化。在 2000 年 4 月至 12 月间,逐月采集的样本中,无论土壤动物的个体数,还是动物类群数基本呈逐渐上升趋势,这与机场气候条件及生境有着较大的关系。2000 年 4 月、5 月、7 月的土壤动物随着气温增高,数量逐渐增加,由 356 头上升至 500 头,之后虽气温逐渐降低,但降雨较少,地表较为干燥,并且正是植物种子成熟期,使得土壤动物有较多的食物来源和较好的生存环境并得以发展,因此 9 月、12 月的动物数量仍然高于前期采集的动物数,分别为 728 头和 737 头。而 2001 年 3 月所采群落中动物的类群(种类)与数量,要明显高于 2000 年的 4 至 7 月间所采的样品,这是因为后者降雨较多,样区草地有较多的积水,对土壤动物自下而上的发展不利。此外,本工作未采用湿漏斗法,所

以个别物种采到很少或未采到,如线虫等。

2.1.2 土壤动物的群落组成及分布 3个样区不同月份主要土壤动物类群的数量组成见表2。

表2 上海虹桥机场土壤面不同月份土壤动物类群的数量组成

Table 2 The composition of soil fauna in every month in Hongqiao Airport grassland

类群 Group	2000-04						2000-05					
	I	II	III	总数 (头) ^⑬	占总样 量% ^⑭	多度 ^⑮	I	II	III	总数 (头) ^⑬	占总样 量% ^⑭	多度 ^⑮
蜱螨目 ^①	11	30	34	75	21.07	+++	83	56	109	248	52.10	+++
弹尾目 ^②	2	3	8	13	3.65	++	27	27	68	122	25.63	+++
蜘蛛目 ^③	5	0	4	9	2.53	++	0	0	0	0	0	
鞘翅目 ^④	41	19	27	87	24.44	+++	2	1	0	3	0.63	
膜翅目 ^⑤	3	8	31	42	11.80	+++	24	29	17	70	14.70	+++
蚯蚓 ^⑥	14	13	18	45	12.64	+++	1	4	1	6	1.26	+
多足纲 ^⑦	1	13	16	30	8.43	++	1	8	4	13	2.73	++
等翅目 ^⑧	5	11	6	22	6.18	++	0	0	0	0	0	
等足目 ^⑨	6	7	9	22	6.18	++	2	3	1	6	1.26	+
双尾目 ^⑩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
线虫 ^⑪	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
其它 ^⑫	4	3	4	11	3.10	++	4	1	3	8	1.68	+
类群 Group	2000-07						2000-09					
	I	II	III	总数 (头) ^⑬	占总样 量% ^⑭	多度 ^⑮	I	II	III	总数 (头) ^⑬	占总样 量% ^⑭	多度 ^⑮
蜱螨目 ^①	38	72	88	198	33.06	++	18	13	28	59	8.10	++
弹尾目 ^②	33	18	61	112	18.70	+++	13	20	38	71	9.75	++
蜘蛛目 ^③	1	2	8	11	1.84	+	7	10	16	33	4.53	++
鞘翅目 ^④	6	13	9	28	4.67	++	13	14	16	43	5.91	++
膜翅目 ^⑤	17	23	22	62	10.35	+++	12	6	11	29	3.98	++
蚯蚓 ^⑥	11	3	7	21	3.50	++	78	46	32	156	21.43	+++
多足纲 ^⑦	1	16	1	18	3.00	++	45	44	62	151	20.74	+++
等翅目 ^⑧	3	7	13	23	3.84	++	4	5	0	9	1.24	+
等足目 ^⑨	3	8	6	17	2.84	++	5	51	78	134	18.41	+++
双尾目 ^⑩	0	0	0	0	0		0	2	9	11	1.51	+
线虫 ^⑪	0	0	0	0	0		1	1	0	2	0.27	
其它 ^⑫	5	3	2	10	1.67	+	10	4	16	30	4.12	++
类群 Group	2000-12						2001-03					
	I	II	III	总数 (头) ^⑬	占总样 量% ^⑭	多度 ^⑮	I	II	III	总数 (头) ^⑬	占总样 量% ^⑭	多度 ^⑮
蜱螨目 ^①	36	21	29	86	11.67	+++	22	28	31	81	12.54	+++
弹尾目 ^②	49	42	48	139	18.86	+++	93	89	136	318	49.23	+++
蜘蛛目 ^③	10	5	20	35	4.75	++	6	3	2	11	1.70	+
鞘翅目 ^④	16	13	14	43	5.83	++	2	9	11	22	3.41	++
膜翅目 ^⑤	8	9	60	77	10.45	+++	6	3	5	14	2.17	++
蚯蚓 ^⑥	18	103	26	147	19.95	+++	29	40	50	119	18.42	+++
多足纲 ^⑦	30	17	29	76	10.31	+++	7	4	13	24	3.72	++
等翅目 ^⑧	18	0	2	20	2.71	++	0	3	1	4	0.62	
等足目 ^⑨	25	18	55	98	13.30	+++	18	6	10	34	5.26	++
双尾目 ^⑩	0	1	6	7	0.95		0	0	2	2	0.31	
线虫 ^⑪	1	0	0	1	0.14		4	0	1	5	0.77	
其它 ^⑫	6	1	1	8	1.09	+	7	4	1	12	1.86	+

+++ : 占样地总捕获量 10% 以上 the proportion of total > 10%; ++ : 占样地总捕获量 2% 以上 the proportion of total > 2%; + : 占样地总捕获量 1% 以上 the proportion of total > 1%; ①Acarina; ②Collembola; ③Araneae; ④Coleoptera; ⑤Hymenoptera; ⑥Earthworm; ⑦Myriapoda; ⑧Isoptera; ⑨Isopoda; ⑩Diplura; ⑪Nematoda; ⑫Others; ⑬Total(ind.); ⑭The proportion of total; ⑮Density

蜱螨目和弹尾目为上海虹桥机场草地常年土壤动物群的优势类群,各占年总捕量的 19.75% 和 23.14%; 蚯蚓、多足纲、等足目、膜翅目、鞘翅目为常见类群,5类全年占总捕量的 48.96%; 其它为稀有类群,占全年总捕获量的 8.15%。但在不同样方或不同时期,部分类群会出现较大增长而成为优势类群,而在其它样方则可能成为常见或稀有类群(如鞘翅目、蚯蚓、膜翅目等),这在大、中型土壤动物群落中尤为突出。

各类土壤动物因生活习性和所需环境的不同,其分布及密度呈现明显差异。在同一时间,各区土壤动物的数量以 III 区为最大,且在土壤动物数量相对较少的月份,其数量甚至达到 I、II 区之总和,这显然与样区的环境状况密切相关。III 区为草自然生长区,II 区和 I 区的草被定期刈除,正由于此缘故,III 区的草丛、枯草、腐殖质等为土壤动物提供了较好的生存环境,人为的干扰也极少,动物个体数量较多,如蜚蠊目、弹尾目、膜翅目、蚯蚓等。

2.2 草丛动物

2.2.1 草丛动物群落类群数量与个体数量的不同月份变化 采样 6 次,共计样方 18 个,取样面积 288m²,获得草丛动物 1574 头,分属 15 目(或类)。结果见表 3。

表 3 上海虹桥机场土道面不同月份草丛动物类群和数量统计

Table 3 Grassland Fauna groups and individuals in every month in Hongqiao Airport grassland

年月 Year-month	I 区 Sampling area I		II 区 Sampling area II		III 区 Sampling area III	
	类群(目) ^①	数量(头) ^②	类群(目) ^①	数量(头) ^②	类群(目) ^①	数量(头) ^②
2000-04	5	26	5	24	7	58
2000-05	8	65	7	40	8	105
2000-07	9	120	9	122	10	377
2000-09	10	105	8	190	12	259
2000-12	6	33	4	13	9	36
2001-03	0	0	0	0	1	1

①Group(Order),②Quantity(ind.)

由上表可知,上海虹桥机场土道面草丛生态系统对环境的变动极为敏感,动物的类群数量和个体数量较土壤动物有很大的不同。不同样方其动物类群数量、个体数量随时间而有不同的变化,总体表现为:7月>9月>5月>4月>12月>3月。这与气候条件同样有着密切的关系。7月、9月气温较高,有花植物开花,使以昆虫为主的草丛动物群落有了较多的食物来源和较好的生存环境。9月以后至翌年的3月,因气温逐渐下降,草丛动物数量逐渐减少,12月份时3个样区内仅采集到动物82头,次年3月仅1头。

2.2.2 草丛动物的群落组成及分布 3个样区不同月份主要草丛动物类群的数量组成见表4。

鞘翅目、直翅目、半翅目、同翅目、膜翅目、双翅目以及蜘蛛目为机场土道面草丛动物群落的优势类群,占全年总捕量的89.63%;食毛目、等翅目、鳞翅目、腹足纲的数量较少,但常可采集到,共占全年总捕获量的8.84%;其它如脉翅目、蜻蜓目、螳螂目等为稀有类群,仅占全年总获量的1.53%。但不同样方在不同时期,会出现较大数量波动。

在各样区内因生境的不同,草丛动物的分布存在明显差异。III区草丛动物的数量明显高于I区和II区,说明草丛动物的分布有一定的规律性,高草区动物数量较多,且主要以昆虫为主,这与昆虫的生活习性相吻合。如在6、7、9月,气候条件适宜,草本植物生长良好,故草丛动物数量较多。且4月和5月同期采样的结果显示,III区的动物数量是I区和II区的之和,甚至还多;4月和5月气温尚低,尽管草丛动物数量较少,但III区的草丛动物分布密度最高;4月III区的草丛动物占同期总捕获量的53.70%,5月的III区则占总捕获量的50%。3月和12月主要因气温较低,草丛动物陆续死亡或大多数已死亡,草已枯萎,少量的草丛动物随机分布。

2.3 土道面土壤动物和草丛动物群落与鸟类的相关性

鸟类在机场区的活动规律受机场环境的诸多因素影响,其分布也有一定的规律性,见表5。3月和4月是鸟类的繁殖前期,需要大量的食物,故鸟类的多样性指数值最大。而同期各区比较,土壤动物和草丛动物的多样性指数值大,相应地鸟类的多样性指数值也大,说明土壤动物和草丛动物群落特征与鸟类群落之间也存在着一定的相关性。因此,尽管表5仅列出机场区鸟类的多样性指数,但根据土壤动物和草丛动物群落的分布特征,可以认为对鸟类活动的影响主要表现在食物链关系上。

3 结论与建议

3.1 结论

草地在机场是一种具有特殊功能和作用的生态环境,草地环境对鸟类的吸引主要体现在食物链关系上^[6,7]。在群落组成上,所捕22类草地动物中,可直接被鸟类捕食的有近20类,个体主要集中于草地动物的常见类群中。如蜚蠊目和弹尾目因个体大小不能被鸟类直接捕食,但它们可被其它草地动物捕食,间接为鸟类利用,成为鸟类食物链的重要组成部分。

在群落分布上,周年的气候条件影响土壤动物的分布,随着气温的增高,地表土壤动物类群数量和个体数量表现出增加的趋势^[8]。但多数大、中型土壤动物的幼虫及成虫主要分布于地表枯草腐草下,如蚯蚓、多足纲、鞘翅目等。草丛动物群落中,春夏两季种类和数量多,如双翅目、半翅目、直翅目、同翅目等。该季节是鸟类的繁殖期,丰富的食物对鸟类具有较强的吸引力,因此,鸟类是机场草地生态系统中的重要组成成员,同时机场草地也是鸟类摄食栖息的较好场所之一。

表 4 上海虹桥机场土道面不同月份草丛动物类群的数量组成
Table 4 The composition of grassland fauna in every month in Hongqiao Airport grassland

类群 Group	2000-04						2000-05					
	I	II	III	总数 (头) ⁽¹⁶⁾	占总样 量% ⁽¹⁷⁾	多度 ⁽¹⁸⁾	I	II	III	总数 (头) ⁽¹⁶⁾	占总样 量% ⁽¹⁷⁾	多度 ⁽¹⁸⁾
鞘翅目 ⁽¹⁾	13	17	30	60	55.56	+++	13	9	18	40	19.05	+++
双翅目 ⁽²⁾	4	2	12	18	16.67	+++	3	0	2	5	2.38	++
直翅目 ⁽³⁾	1	0	5	6	5.56	++	5	3	10	18	8.57	++
膜翅目 ⁽⁴⁾	5	1	4	10	9.26	++	4	4	3	11	5.24	++
半翅目 ⁽⁵⁾	0	0	2	2	1.85	+	13	8	21	42	20.00	+++
同翅目 ⁽⁶⁾	0	0	0	0	0		8	3	12	23	10.95	+++
食毛目 ⁽⁷⁾	2	2	1	5	4.63	++	0	0	0	0	0	
鳞翅目 ⁽⁸⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
脉翅目 ⁽⁹⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
等翅目 ⁽¹⁰⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
蜻蜓目 ⁽¹¹⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
螳螂目 ⁽¹²⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
蜘蛛目 ⁽¹³⁾	0	1	2	3	2.78	++	2	5	5	12	5.71	++
腹足纲 ⁽¹⁴⁾	0	0	0	0	0		17	4	33	54	25.71	+++
其它 ⁽¹⁵⁾	1	1	2	4	3.70	++	0	4	1	5	2.38	++
类群 Group	2000-07						2000-09					
	I	II	III	总数 (头) ⁽¹⁶⁾	占总样 量% ⁽¹⁷⁾	多度 ⁽¹⁸⁾	I	II	III	总数 (头) ⁽¹⁶⁾	占总样 量% ⁽¹⁷⁾	多度 ⁽¹⁸⁾
鞘翅目 ⁽¹⁾	10	15	51	76	12.28	+++	12	4	5	21	3.79	++
双翅目 ⁽²⁾	5	1	14	20	3.23	++	3	16	35	54	9.75	++
直翅目 ⁽³⁾	15	11	77	103	16.64	+++	54	36	124	214	38.63	+++
膜翅目 ⁽⁴⁾	9	10	19	38	6.14	++	5	24	50	79	14.26	+++
半翅目 ⁽⁵⁾	23	44	96	163	26.33	+++	8	9	3	20	3.61	++
同翅目 ⁽⁶⁾	31	18	71	120	19.39	+++	7	64	0	71	12.82	+++
食毛目 ⁽⁷⁾	6	2	5	13	2.10	++	0	0	10	10	1.81	+
鳞翅目 ⁽⁸⁾	0	0	4	4	0.65		4	9	1	14	2.53	++
脉翅目 ⁽⁹⁾	0	0	0	0	0		0	0	3	3	0.54	
等翅目 ⁽¹⁰⁾	0	0	0	0	0		0	0	11	11	1.99	+
蜻蜓目 ⁽¹¹⁾	0	0	0	0	0		1	0	0	1	0.18	
螳螂目 ⁽¹²⁾	0	0	0	0	0		0	0	1	1	0.18	
蜘蛛目 ⁽¹³⁾	18	14	28	60	9.69	++	9	28	10	47	8.48	++
腹足纲 ⁽¹⁴⁾	1	3	10	14	2.26	++	2	0	6	8	1.44	+
其它 ⁽¹⁵⁾	2	4	2	8	1.29	+	0	0	0	0	0	
类群 Group	2000-12						2001-03					
	I	II	III	总数 (头) ⁽¹⁶⁾	占总样 量% ⁽¹⁷⁾	多度 ⁽¹⁸⁾	I	II	III	总数 (头) ⁽¹⁶⁾	占总样 量% ⁽¹⁷⁾	多度 ⁽¹⁸⁾
鞘翅目 ⁽¹⁾	8	3	2	13	15.85	+++	0	0	0	0	0	
双翅目 ⁽²⁾	2	2	5	9	10.98	+++	0	0	0	0	0	
直翅目 ⁽³⁾	7	0	4	11	13.41	+++	0	0	0	0	0	
膜翅目 ⁽⁴⁾	0	0	5	5	6.10	++	0	0	0	0	0	
半翅目 ⁽⁵⁾	0	0	5	5	6.10	++	0	0	0	0	0	
同翅目 ⁽⁶⁾	1	0	1	2	2.44	++	0	0	0	0	0	
食毛目 ⁽⁷⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
鳞翅目 ⁽⁸⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
脉翅目 ⁽⁹⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
等翅目 ⁽¹⁰⁾	1	0	1	2	2.44	++	0	0	0	0	0	
蜻蜓目 ⁽¹¹⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
螳螂目 ⁽¹²⁾	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
蜘蛛目 ⁽¹³⁾	12	7	9	28	34.15	+++	0	0	1	1	100	+++
腹足纲 ⁽¹⁴⁾	0	1	2	3	3.66	++	0	0	0	0	0	
其它 ⁽¹⁵⁾	2	0	2	4	4.88	++						

+++ : 占样地总捕获量 10% 以上 the proportion of total > 10%; ++ : 占样地总捕获量 2% 以上 the proportion of total > 2%; + : 占样地总捕获量 1% 以上 the proportion of total > 1%; ① Coleoptera; ② Diptera; ③ Orthoptera; ④ Hymenoptera; ⑤ Hemiptera; ⑥ Homoptera; ⑦ Mallophaga; ⑧ Lepidoptera; ⑨ Neuroptera; ⑩ Isoptera; ⑪ Odonata; ⑫ Mantodea; ⑬ Araneae; ⑭ Gastropoda; ⑮ Others; ⑯ Total (ind.); ⑰ The proportion of total; ⑱ Density

表 5 不同月份各样区土壤动物、草丛动物和鸟类群落多样性指数变化

Table 5 The change of diversity index on soil fauna, grassland fauna and birds in every month

年月 Year-month	I 区 Sampling area I			II 区 Sampling area II			III 区 Sampling area III		
	土壤动物 ^①	草丛动物 ^②	鸟类 ^③	土壤动物 ^①	草丛动物 ^②	鸟类 ^③	土壤动物 ^①	草丛动物 ^②	鸟类 ^③
2000-04	2.2134	1.6587	2.0953	1.9048	1.6539	2.2042	2.6512	1.8905	2.3154
2000-05	2.2365	1.8723	1.4591	2.4219	1.7421	1.6623	2.4484	2.0561	2.0243
2000-07	2.6512	2.3618	1.3267	2.4498	2.4773	1.3306	2.3653	2.6543	1.5760
2000-09	2.5377	2.7541	1.7462	2.2879	2.6635	1.6346	2.8341	1.8826	1.8834
2000-12	1.5482	1.5527	1.1089	1.3328	1.4358	1.4248	1.6235	1.0057	1.2375
2001-03	1.7845	1.5234	2.3127	1.5422	1.6252	2.4215	1.8365	1.5673	2.3643

① Soil fauna, ② Grassland fauna, ③ Bird

3.2 建议

适时控制机场草地动物的种类和数量,可以减少机场环境对鸟类的吸引力。针对草地动物的分布规律,建议机场有关部门在土道面的日常管理过程中应注意以下内容:

地表土壤动物主要生活在枯草和腐殖层中,草丛动物通常分布于草较为茂密处,因此机场管理部门对草场进行修剪,是有效减少草丛动物的简单而有效的办法。但在对草场修剪时,应尽快将修剪下的草清除出机场跑道区土道面,以减少土壤动物的食物来源,并破坏其栖息环境,降低土壤动物的数量。其次修剪草场时,对于一些结实植物,应该在花期前加以割除,使其不能结果。由此对于机场土道面植被的选择,以一些无花或少开花植物为主,不过在实施这一方案时应慎重,可在局部地区试验后再行大面积种植。

春秋季是草地动物类群和数量较多的时期,应加强对草地动物控制工作,如喷洒一些低毒、高效,对生态系统破坏较小的农药或昆虫驱避剂,使土壤动物和草地动物的数量减少到最低限度。对于一些个体数量较多的如腹足类、马陆、蚂蚁、蚯蚓、蜘蛛、鞘翅目和双翅目等,除破坏它们的生存环境外,也可采用药物杀灭方法,以减少其密度,但用此方法必须合理和科学。

References:

- [1] Yin W Y, et al eds. *Subtropical soil animals of China*. Beijing: Science Press, 1992.
- [2] Du N S, et al eds. *Invertebrate zoology*. Shanghai: East China Normal University Press, 1989.
- [3] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity: Measurement of α biodiversity. *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(4): 231~239.
- [4] Jin C X. Measurement of biotic community diversity and its application. *Acta Entomologica Sinica*, 1981, 24(1): 28~33.
- [5] Liu C R, Ma K P, Lü Y H, et al. Measurement of biotic community diversity VI: the statistical aspects of diversity measures. *Chinese Biodiversity*, 1998, 6(3): 229~239.
- [6] Edmund H. Applied ecology as a basis for bird strike prevention on airports. *Vogel und Luftverkehr*, 1995, 15(1): 23~35.
- [7] Yang X D, Wei T H, Sheng C Y, et al. A study on the soil fauna characters and relation with birds in Chongqing Airport grassland. *Zoological Research*, 1998, 19(3): 209~217.
- [8] Liao C H, Li J X, Yang Y P, et al. The community of soil animal in tropical rain forest in Jianfeng Mountain, Hainan Island, China: relationship between seasonal change of community structure and climatic factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 139~147.

参考文献:

- [1] 尹文英,等主编.中国亚热带土壤动物.北京:科学出版社,1992.
- [2] 堵南山,等主编.无脊椎动物学.上海:华东师范大学出版社,1989.
- [3] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法—— α 多样性的测度方法(下).生物多样性,1994,2(4):231~239.
- [4] 金翠霞.群落多样性测定及其应用的探讨.昆虫学报,1981,24(1):28~33.
- [5] 刘灿然,马克平,吕延华.生物群落多样性的测度方法 VI:与多样性测度有关的统计问题.生物多样性,1998,6(3):229~239.
- [7] 杨效东,魏天昊,盛才余,等.重庆机场草地土壤动物群落特征及其与鸟类关系的初步研究.动物学研究,1998,19(3):209~217.
- [8] 廖崇惠,李健雄,杨悦屏,等.海南尖峰岭热带林土壤动物群落 群落结构的季节变化及其气候因素.生态学报,2003,23(1):139~147.