动 物 学 研 究 1998, 19 (3): 209—217 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

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

杨效东 魏天昊 盛才余 陶 滔 甘正平
(中国科学院昆明生态研究所 昆明 650223)

摘要 对重庆机场草地土壤动物群落的组成、结构和时空动态特征进行了比较研究，初步分析了土壤动物与机场鸟类在种类和数量上的动态关系。结果表明：土壤动物的优势类群为蜱螨目；常见类群多为大、中型土壤动物，是鸟类捕食的主要对象；活动性弱的小型土壤动物及幼虫主要分布在土壤和腐质层中，且群落的多样性和稳定性较高；活动性较强的大、中型土壤动物则多分布在地表并因环境变化作迁移运动，其群落的多样性和稳定性较差。土壤动物类群数、个体数量和群落多样性指标在秋、冬季高于春、夏季。这些特性为鸟类在机场活动及栖息提供了较好食物资源和捕食条件，土壤动物群落的变化对鸟类活动产生一定程度的影响。相应于土壤动物种类和数量的季节变化特点，鸟类在种类和数量上的季节变化在时间上则表现出滞后现象。

关键词 机场草地，土壤动物群落，特征，关系，鸟类
中图分类号 Q958.1

“鸟撞”(birdstrike) 是鸟类与飞机等飞行器相撞的飞行事故的简称，是危害航空安全的重要因素之一。如何在机场区这一特殊环境下减少鸟类的种类和数量，是降低“鸟撞率”的关键因素。从生态学观点出发，通过改变机场环境状况来控制机场区鸟类的种类和数量，是“鸟撞”防治研究中一项重要研究课题。为此，受民航总局委托，我们于1995—1996年在重庆江北机场开展了“重庆江北机场鸟害防治可行性研究”课题，调查机场鸟类动态及它们与草地其他生物的相互关系，了解机场环境因素对鸟类的吸引程度，从生态学角度寻找减少机场鸟类的方法和途径。

土壤是无脊椎动物的巨大储藏库。在机场草地生态系统中，土壤动物是整个系统中食物链的重要组成部分，其中一部分被鸟类直接摄食，而另一部分则被其他草地动物捕食，间接成为鸟类的食物。因此，作为鸟类食物的草地土壤动物，是吸引鸟类到机场活动的重要因素之一。研究机场草地土壤动物群落的组成与动态特征，了解土壤动物与机场鸟类活动状况的相互关系，探索控制土壤动物的方法，对减少机场鸟类及防治“鸟撞”有重要意义，而有关这方面的研究在国内还未见报道。本文仅就重庆机场草地土壤动物群落特征及其与鸟类的关系进行初步探讨，而它们对鸟类活动的影响作用及对“鸟撞”防治的深入研究则另外撰文报道。

中国民航总局“鸟撞”研究项目
本文1997-04-22收到，1997-12-04修回

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

1 样地和方法

1.1 调查地点

调查地点位于重庆市东北 30 km 的重庆江北机场。地理位置为北纬 29°43′；东经 106°38′;机场海拔 415.5 m，周围是相对高差 10—20 m 左右的低矮丘陵和洼地。该地区属亚热带湿润季风气候，具有冬暖夏热、春早、秋雨、云雾多、日照少等特点，年平均温度 16.9 ℃，年降雨量 1 062 mm，相对湿度 85%，机场草地大部分区域经常处于积水状态。

1.2 样地环境

根据重庆机场的环境、停机坪草地植被的分布状况及鸟类活动情况，在机场南端跑道西边草地，设置土壤动物调查样地。样地土壤为砂质壤土，土壤表面为一层 1—3 cm 的腐殖质，草地植物 59 种，植物群落主要类型 7 种，总盖度 90%，平均高度 40 cm，主要为双穗雀稗（*Paspalum distichum*）群落（盖度：30%—40%）；狗牙根（*Cynodon dactylon*）群落（盖度：15%—20%）；矛叶荩草（*Arthraxon prionodes*）群落、白矛（*Imerata cylindrica*）群落、白羊草（*Bothriochloa ischaemum*）群落等，各群落的水平分布极不均匀，呈团状分布，无草的地方为苔藓植物覆盖。样地中设置固定取样区 2 块，样区 1 距跑道约 70 m，样区 2 距跑道约 25 m。每块样区面积 20 m × 20 m。

1.3 研究方法

根据重庆气候状况，于 1995 年 12 月（冬季），次年 5、8、10 月（春、夏、秋季）4 个季节进行土壤动物的采集工作（限于条件，未做湿生土壤动物）。鉴于机场草地环境和鸟类的捕食特性，采用了 3 种取样方法对草地中不同小环境进行调查。

①土壤中土壤动物的采集：在上述 2 个样区分别设置固定样方 1 个（Ⅰ号样方在样区 1，Ⅱ号样方在样区 2），每个样方按对角线法设置 5 个样点，每个取样点分 2 层（A 层：0—5 cm；B 层：5—10 cm）采集土样，样方取土面积 475 cm^2，取土容积 2 374.6 cm^3。

②枯草、腐草中土壤动物的采集：由于草地内枯草和腐草较多，且有大量土壤动物存在，故在 2 块样区中各设 50 cm × 50 cm × 3 cm 样方 1 个（Ⅲ号样方位于样区 1），Ⅳ号样方位于样区 2），各样方取样面积 2 500 cm^2。

以上两种取样法所取样品用干漏斗（Tullgen 法）分离提取中、小型土壤动物和幼虫。

③地表大型土壤动物的采集：在机场跑道边草地区域（1 000 m^2），随机设置 5 个 1 m^2 × 5 cm 样点（Ⅴ号样方），取样面积 5 m^2，进行大面积范围调查，采集水沟边、草丛和石下土壤动物，所取样品用手捡法分离提取大型土壤动物。

标本取回后进行分类整理和数据统计。分类依据青木淳一（1973）、尹文英等（1991）和钟觉民（1985）。数据统计用 IBM 计算机处理。土壤动物群落多样性指数的测定，统一采用 Shannon-wiener 多样性指数公式：$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$；Pielou 均匀性指数公式：$j = H'/\ln s$；Simpson 优势度指数公式：$C = (ni/N)^2$（金翠霞，1981；马克平，1993）。

2 结果与分析

2.1 土壤动物群落类群数与个体数量的季节变化

在所设样方中，4 个季节共采集土样 108 个，取样面积 42.76 m^2，获得土壤动物

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

2 929头，分属 19 目，结果见表 1。

表 1　重庆机场草地不同季节土壤动物类群和数量统计

Table 1　Soil fauna groups and individuals in the four seasons in Chongqing Airport grassland

样地号	5 月(春季)		8 月(夏季)		10 月(秋季)		12 月(冬季)	
	类群(目)	数量(头)	类群(目)	数量(头)	类群(目)	数量(头)	类群(目)	数量(头)
Ⅰ	8	97	9	169	11	258	12	350
Ⅱ	8	139	8	93	8	101	8	276
Ⅲ	13	237	9	161	17	232	11	49
Ⅳ	12	90	10	48	12	119	8	93
Ⅴ	6	96	5	147	10	138	9	37

从表 1 可看出，重庆机场草地生态系统中，土壤动物类群数和个体数量较为丰富。对于不同样方环境，动物类群数、个体数的季节变化不同，但总体表现为：10 月> 12 月> 5 月> 8 月。这与机场气候条件有较大关系：春、夏、冬季降雨多，样区草地积有较多的雨水，其中以春夏季尤为突出，这对干生土壤动物的生存产生了不利的影响；而秋季降雨少，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得以发展。

2.2　土壤动物群落组成

不同季节，5 个样方（3 种取样法）所获主要土壤动物类群的数量组成结果见表 2。由表 2 可看出，蜱螨目为重庆机场草地常年土壤动物群落的优势类群，全年占总捕量的 40.12%；弹尾目、双翅目、蜘蛛目、球马陆目、鞘翅目、膜翅目、蚯蚓和腹足类为常见类群，8 类全年占总捕获量的 56.46%；其他为稀有类群，全年占总捕获量的 3.42%。但

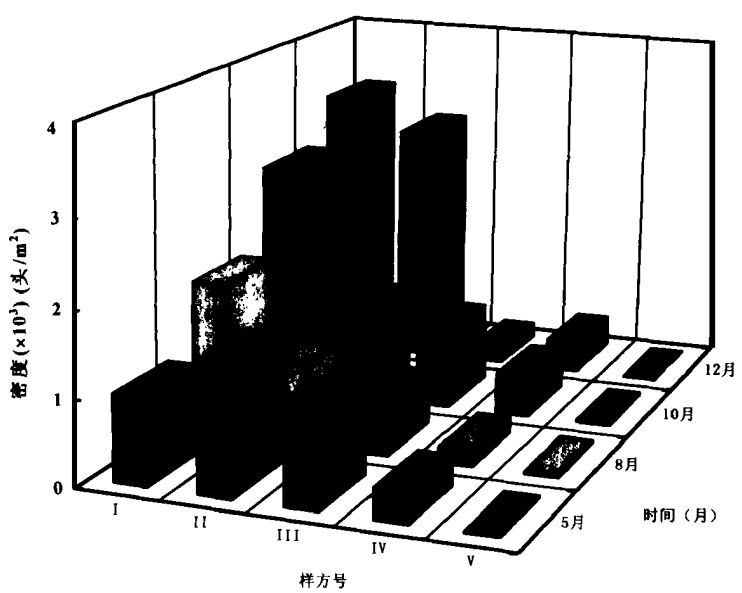

图 1　5 个样方土壤动物密度的季节变化

Fig. 1　The seasonal variation of soil fauna density in 5 plots

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww

表 2 重庆机场草地土壤动物群落组成

Table 2 The composition of soil fauna in Chongqing Airport grassland

类 群	5 月								8 月							
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	总数(头)	占总捕量(%)	多度	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	总数(头)	占总捕量(%)	多度
蜱螨目 Acarina	57	84	196	64		401	13.69	+++	70	35	129	27		261	8.91	++
弹尾目 Collembola	15	16	19	8		58	1.98	++	15	17	1			33	1.13	++
蜘蛛目 Araneae	13	3	1	1		18	0.62	+	6	1	4	4	8	23	0.79	+
球马陆目 Glomerida	3	2			52	59	2.01	++	2	1	4	3	85	95	3.24	++
鞘翅目 Coleoptera	10	6	12	7		35	1.20	++	4	2	1	1	5	13	0.44	
膜翅目 Hymenoptera				3		3	0.10		57	31	9	1		98	3.35	++
双翅目 Diptera	7	4	2	6		19	0.65	+								
蚯 蚓 Earthwarm	17				3	20	0.68	+	1	1				2	0.07	
腹足类 Gastropoda	4	2	3	3	35	47	1.61	++	7	5	11	9	33	65	2.22	++
其 他 Others						2	0.07							23	0.79	+

类 群	10 月								12 月							
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	总数(头)	占总捕量(%)	多度	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	总数(头)	占总捕量(%)	多度
蜱螨目 Acarina	83	49	122	42		296	10.11	+++	79	93	13	32		217	7.41	++
弹尾目 Collembola	58	19	54	39		152	5.19	++	21	16	4	51		92	3.14	++
蜘蛛目 Araneae	2	1	2	1	15	21	0.72	+	1			3		4	0.14	
球马陆目 Glomerida	25		29	7	4	65	2.22	++								
鞘翅目 Coleoptera	11	3	4	3	3	24	0.82	+	1	4			2	7	0.24	
膜翅目 Hymenoptera	16	10	6	6	52	90	3.07	++	2	6	4	3	12	27	0.92	+
双翅目 Diptera	35	14	8	19		76	2.60	++	221	103	25	7		356	12.15	+++
蚯 蚓 Earthwarm	10	5	1	1	18	35	1.20	++	14	48			4	66	2.25	++
腹足类 Gastropoda	5				29	34	1.16	++	4	1			12	17	0.59	+
其 他 Others						56	1.91	++						19	0.65	+

+++：占样地总捕获量的 10% 以上（the proportion of total> 10%）；++：占样地总捕获量的 1% 以上（the proportion of total> 1%）；+：占样地总捕获量的 0.5% 以上（the proportion of total> 0.5%）。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

在不同的样方环境或不同的时期，有的动物类群会出现较大数量增长而成为优势类群，而在其他样方或其他时期为常见或稀有类群（如双翅目、球马陆目、膜翅目等），这在大、中型土壤动物群落中表现突出。

2.3　土壤动物分布

各类土壤动物因生活习性和对环境条件要求不同，在机场草地不同环境样方中，土壤动物群落的空间分布呈现明显的差异，见表 1、2。由调查结果分析，相同时间，相同采集样方，靠近跑道的Ⅱ、Ⅳ号样方中，土壤动物种类和个体数量上均少于远离跑道的Ⅰ、Ⅲ号样方；对于不同样方环境，不同时期则分布不同类群的土壤动物，主要表现为：中、小型土壤动物及幼虫主要分布在土壤（Ⅰ、Ⅱ号样方）和腐殖质中（Ⅲ、Ⅳ号样方），并且个体数量较多，如蜱螨目、弹尾目、膜翅目幼虫、双翅目幼虫等；大、中型土壤动物及成虫主要分布在枯草、草丛和石下（Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ样方），其个体数量的变化较大，如鞘翅目、蜘蛛目、马陆目、螺蛳、蚯蚓等。由于土壤动物的这一分布特性，各样方内土壤动物密度的季节变化显示出较大差异，结果见图 1。

样方Ⅰ、Ⅱ中的土壤动物平均密度在一年中均高于其他 3 个样方，其中以Ⅰ号样方最大，Ⅱ号样方次之，Ⅴ号样方最低，并且Ⅰ、Ⅱ号样方中土壤动物密度的季节变化幅度也高于其他 3 个样方，这种现象可从土壤动物的栖居和活动习性得以解释，分布在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ号样方的中、小型土壤动物活动能力弱，喜欢较固定地生活在土壤和腐质层中，受外界干扰程度低，移动性差，故单位面积内的个体数量高；而分布在Ⅴ号样方中的大、中型土壤动物及成虫活动性强，随季节、昼夜和气候变化在土表、腐殖质和土壤不同深度间作垂直迁移活动，受外界干扰程度大，移动性强，单位面积内个体数量少且有群居性特点（吴亚等，1982）。

2.4　地表土壤动物群落

鸟类捕食的动物主要生活在地表，机场草地地表土壤动物的个体数量和类群变化直接关系到对鸟类的吸引强度。为说明其动态特点，将同一样区 2 个固定样方（1：Ⅰ＋Ⅲ；2：Ⅱ＋Ⅳ）的表层（0—5 cm）土壤动物作为一个处理对象进行统计分析，结果见表 3。

表 3　地表（0—5 cm）土壤动物类群与个体数量季节变化

Table 3　The seasonal variation of soil fauna groups and individuals in ground (0– 5 cm)

样　方	5　月			8　月			10　月			12　月		
	类群（目）	数量（头）	密度（头/m²）	类群（目）	数量（头）	密度（头/m²）	类群（目）	数量（头）	密度（头/m²）	类群（目）	数量（头）	密度（头/m²）
Ⅰ＋Ⅲ	10	324	1089	9	296	995	17	445	1496	13	283	951
Ⅱ＋Ⅳ	11	192	645	11	136	457	13	199	669	11	322	1082
Ⅴ	6	96	19	5	147	30	10	138	28	9	40	8
总　计	14	618		12	459		17	782		16	645	
占全捕量(%)	93.3	93.4		92.3	74.9		89.5	92.1		88.9	84.1	

从表 3 可知，地表层土壤动物在类群和数量上占全捕量的比例很大，各时期均在 80% 以上，其中以春季（5 月）占全捕类群和数量的比例最高。相同季节、不同样区和不同季节、相同样区，地表土壤动物类群和数量的构成不同。各样区地表土壤动物类群数和

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww

个体数量的季节变化表现出 10 月> 12 月> 5 月> 8 月的趋势。

2.5 土壤动物群落多样性动态

机场草地生态系统中，土壤动物群落多样性指数的季节变化见图 2。

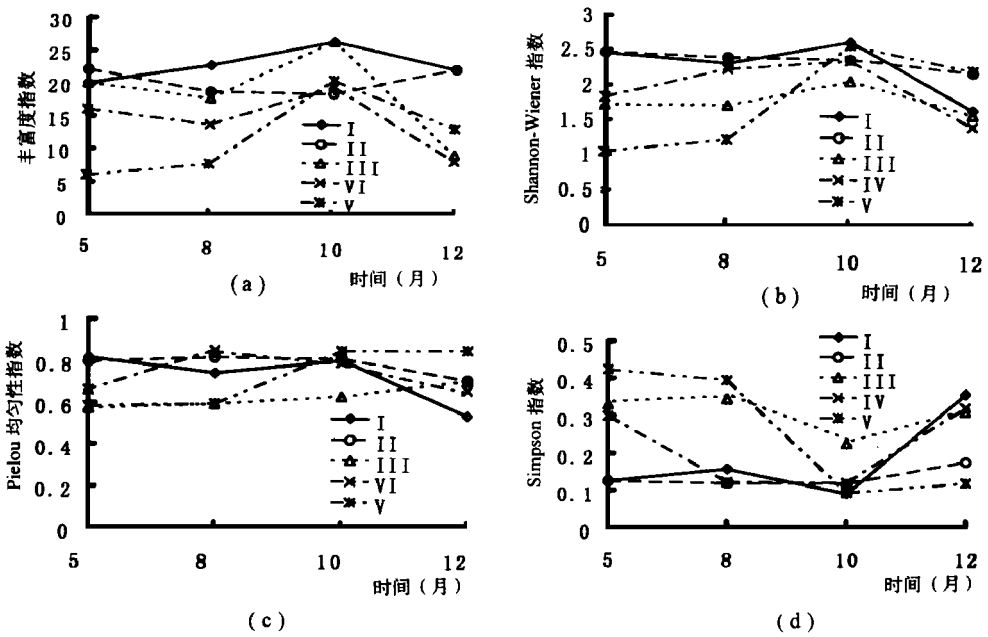

图 2 土壤动物群落多样性指数的季节变化曲线

Fig. 2 The curve of seasonal variation of diversity indexes of soil fauna

各样方土壤动物群落多样性指数的比较结果表明：样方Ⅰ、Ⅱ中，土壤动物群落多样性（图 2 b）、均匀性（图 2 c）和丰富度指数（图 2 a）均高于其他 3 个样方，而优势度指数（图 2 d）低于这 3 个样方，并且各项指数的季节变化波动不大，样方Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ中土壤动物群落的各项多样性指数季节变化呈现出较大波动，其中以样方Ⅴ最为明显，这一变化特点与各样方中的土壤动物的生活习性有密切关系，分布在土壤中的小型土壤动物和幼虫，由于活动性弱，受外界因素影响小，其群落多样性各项指数在一年中变化不大，且高于分布在地表枯草、草丛和石下的大、中型土壤动物群落，其群落稳定性较好；分布在地表枯草、草丛和石下的大、中型动物及成虫活动性强，受外界因子的影响程度高，群落多样性指数变化波动较大，稳定性差。

2.6 土壤动物群落与鸟类的季节变化关系

鸟类在机场区的活动规律受机场环境的诸多因素影响，土壤动物群落是其中一项重要因素，土壤动物对鸟类活动的影响主要表现在食物链关系上（Alian 等，1990）。对重庆机场区可捕食土壤动物的鸟类和土壤动物群落进行种类和个体数量的季节变化比较，结果见图 3。

由图 3 可看出，机场区以土壤动物为食的鸟类其种类数和个体数量的季节变化与土壤动物群落的季节变化有较为密切的关系：地表和可被鸟类直接捕食的土壤动物类群数和个

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

体数量的季节变化为：5 至 8 月减少，而 8 至 10 月增加，并以较多的类群和个体数量保持到 12 月份，其高峰期在 10 月。鸟类种数的季节变化为 5 至 10 月逐渐减少至最低，而从 10 月开始，至次年 5 月又逐渐增多，高峰期在 12 月；数量变化表现为 5 至 8 月较少，8 月后开始增加，10 至 12 月增加较快，高峰期为 12 月。由此表明，作为鸟类食物因子的土壤动物增加后，鸟类也开始增多，鸟类种数和个体数量季节变化周期与土壤动物群落相似，它们之间的关系为一种在时间上的动态关系，即鸟类的种类和个体数量变化比土壤动物晚 1 至 2 月，为一种滞后现象。

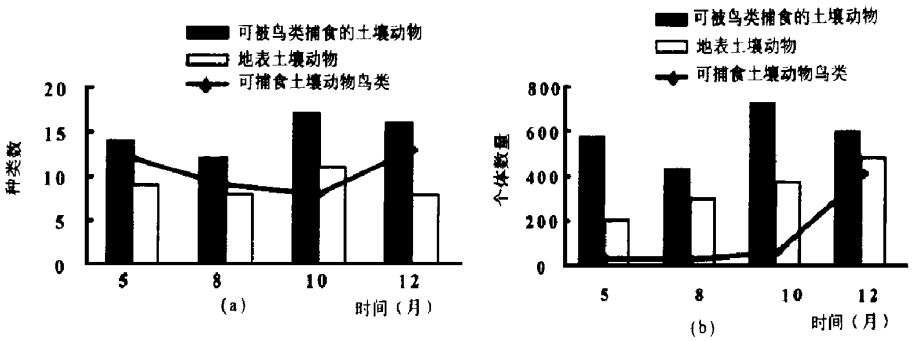

图 3　不同季节机场鸟类与土壤动物种类及个体数量变化比较

Fig. 3　The comparison between birds and soil fauna on the variation of species and individuals in different season

(a) 种类变化比较 (the comparison on variation of species)；

(b) 个体数量变化比较 (the comparison on variation of individuals)。

2.7　对鸟类产生影响的土壤动物群落特征

据调查结果分析，重庆机场草地土壤动物群落在组成、分布、结构和季节动态上具有自身的一些特征，这些特征为鸟类提供了较好的食物资源和捕食条件：1）在群落组成上，所捕 19 类土壤动物中，可直接被鸟类捕食的有 14 类，个体数量 1 353 头，其类群数占总捕获类群的 73.6%；个体数量占总捕量的 46.8%，且主要集中于草地土壤动物的常见类群中，如春夏季的腹足类（螺蛳）、马陆、蚂蚁；秋冬季的腹足类、蚂蚁、蚯蚓、蜘蛛、鞘翅类和双翅类等。蜱螨和弹尾类因个体太小不能为鸟类直接捕食，但它们可被其他草地动物捕食，成为鸟类食物链的重要组成部分，为鸟类的食物提供物质基础；2）在群落分布上，表层土壤动物无论在种类和数量上均大于底层，大、中型土壤动物及成虫主要分布于地表枯草、腐草和石下，且多具群居生活的特性，如腹足类、马陆、蚂蚁、蚯蚓等，这为鸟类的捕食提供了有利条件；3）在群落季节变化上，机场草地土壤动物的类群数、个体数量和密度的季节变化表现出秋冬季高于春夏季，而秋季正是许多鸟类开始南下越冬的时期，加上重庆江北机场正处于东亚候鸟越冬区，这样土壤动物为鸟类到机场栖息越冬准备了丰富的食物资源，使得机场鸟类在冬春季有较多的种类和较高的数量。至于土壤动物对鸟类吸引强度的大小和影响程度有待进一步研究。

3　讨论

草地在机场是一种具有特殊功能和作用的生态环境，它对于飞机的起降具有重要的保

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww

护作用，同时它的存在为许多生物提供了较好的生存环境，从而吸引鸟类在机场区活动和栖息，引发“鸟撞”事故，给飞行安全带来了事故隐患。机场草地环境对鸟类的吸引主要表现在栖息环境和食物条件上，其中土壤动物群落的变化在一定程度上对鸟类的活动产生影响，而这种作用程度主要反应在食物链关系上（Alian 等，1990；Edmund，1995）。从研究结果分析得出：重庆机场土壤动物群落在种类组成、数量结构和季节变化等特征上均可对机场区鸟类的活动产生一定的影响，机场鸟类种类和个体数量的季节变动周期均比土壤动物晚一段时期，说明机场草地土壤动物增加后，对鸟类具有较强的吸引作用。因此，应适时控制机场草地土壤动物的种类和数量，减少机场环境对鸟类的吸引力，降低机场区鸟类的数量，从而避免“鸟撞”事故的发生。

（1）秋季是土壤动物类群和数量最多的时期，这为捕食土壤动物的鸟类在冬季和春季提供了丰富的食物，是冬季和春季吸引鸟类到机场的重要因素之一。因此应在秋冬时期进行土壤动物控制工作。

（2）草地地表土壤动物占有较大数量且是吸引鸟类的主要因素，而地表动物主要生活在枯草和地面腐质层，因此机场在修剪高草时，应尽量将修割下的草清除出机场跑道区草地，以减少土壤动物的食物来源，并破坏其栖息环境。

（3）直接作为鸟类食物的土壤动物类群和数量占全捕量的比例较大，并且有的类群在某一时期数量很高，可成为吸引鸟类的主要因素，如春夏季的腹足类、马陆、蚂蚁；秋冬季的腹足类、蚂蚁、蚯蚓、蜘蛛、鞘翅类和双翅类等，并且腹足类、马陆、蚂蚁在常年均有较高的个体数量，针对这些动物，除破坏它们的生存环境外，可采用药物杀灭方法，以减少其密度。

致谢 本项工作得到四川省民航管理局重庆江北机场及机场管理处胡明洪、王建文等同志的大力支持，在此表示感谢。

参 考 文 献

马克平，刘玉明，1994. 生物群落多样性的测度方法Ⅰ——α多样性的测度方法（下）. 生物多样性，**2**(4)：231—239.
尹文英，杨逢春，王振中等，1992. 中国亚热带土壤动物. 北京：科学出版社.
吴 亚，金翠霞，1982. 高寒草甸土壤生态系统的结构及昆虫群落的某些特性. 生态学报，**2**(2)：151—156.
青木淳一，1973. 土壤动物学. 东京：北隆馆. 612—721.
金翠霞，1981. 群落多样性测定及其应用的探讨. 昆虫学报，**24**(1)：28—33.
钟觉民，1985. 昆虫分类图谱. 南京：江苏科学技术出版社.
Alian J R，Watson L A，1990. The impact of a lumbricide treatment on airfield grassland. Bird Strike Committee Europe. **20**：531－542.
Edmund H，1995. Applied ecology as a basis for bird strike prevention on airports. *Vogel und Luftverkehr*，**15**(1)：23－35.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

A STUDY ON THE SOIL FAUNA CHARACTERS AND RELATION WITH BIRDS IN CHONGQING AIRPORT GRASSLAND

YANG Xiao-dong WEI Tian-hao SHENG Cai-yu
TAO Tao GAN Zheng-ping
(*Kunming Institute of Ecology, the Chinese Academy of Science, Kunming* 650223)

Abstract

The composition of groups, the structure and seasonal variation of soil fauna in Chongqing Airport grassland in 1995-1996 were investigated. The relation between soil fauna and birds was preliminarily analyzed. The results showed that Aacarina was the dominant group, and the common-seen groups were soil macrofauna and mesofauna, which were bird's main prey. Soil microfauna whose activity was weak, and it's likely to live in soil and humus. Soil macrofauna whose activity was strong, it's likely to live on ground and moved as the environment changed. The measure of soil microfauna diversity and stability were better than those of soil macrofauna. Both the groups, the individuals and the community diversity of soil fauna in autumn and winter were more than those in spring and summer. This provided food resources for the birds in Chongqing Airport grassland. Thus effect that soil fauna variation has an influence on the bird's action. Comparing the seasonal variation of species and individuals of soil fauna, we found a hysteretic phenomenon on time to the seasonal variation of species and number of individuals of birds.

Key words Airport grassland, Soil fauna character, Relation, Birds

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww