

南充高坪机场土壤及草丛动物群落特征和鸟类的关系

李晓娟^{1,2}, 周材权^{1,*}, 胡锦涛¹, 杨书义²

(1. 西华师范大学生命科学院珍稀动植物研究所, 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 南充 637003;

2. 重庆江北国际机场, 重庆 401120)

摘要: 机场鸟类是机场安全的重大隐患, 减少机场附近鸟类数量是机场安全至关重要的一环。2007 年 4~12 月, 对南充高坪机场 3 种生境土壤动物和草丛动物群落组成、数量和季节性变化特征进行了初步的研究。调查共获得土壤动物 25 类, 其中蜱螨目、原尾目、线虫纲为土壤动物群落优势类群, 占年总捕获量的 71.88%; 常见类群有弹尾目、线蚓科、腹足纲、膜翅目、双翅目、鞘翅目、蚯蚓、蜘蛛目, 直翅目 9 类, 占总捕获量的 22.84%。地表草丛动物 21 类, 其中半翅目、蜘蛛目、双翅目、腹足纲为地表草丛动物的优势类群, 占年捕获量的 65.7%; 常见类群有直翅目、鞘翅目、同翅目、膜翅目、鳞翅目、革翅目、弹尾目 7 类, 占总捕获量的 31.2%。将土壤动物群落、草丛动物群落与肉食性鸟类进行相关分析, 结果显示土壤动物群落变化与肉食性鸟类群落之间有一定关系; 草丛动物数量与肉食性数量鸟类呈现一定正相关性, 机场肉食性鸟类数量与直翅目数量呈显著的正相关关系 ($r=0.910, P=0.032$)。结合机场区域鸟类食性观察、分析, 直翅目、腹足纲动物是机场肉食性鸟类数量的主要捕食对象, 通过定期割草、消除腐草和杂物、喷洒农药控制地表草丛动物是减少机场区域肉食性鸟类数量的有效方法和途径。

关键词: 机场草地; 土壤动物群落; 地表草丛动物群落; 鸟类; 关系

文章编号: 1000-0933(2009)02-0706-08 中图分类号: Q143, Q145, Q958.1 文献标识码: A

Relationship between soil and grassland fauna characters and birds at Gaoping airport, Nanchong

LI Xiao-Juan^{1,2}, ZHOU Cai-Quan^{1,*}, HU Jin-Chu¹, YANG Shu-Yi²

1 Institute of Rare Animals & Plants, College of Life Sciences, China West Normal University, Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, Ministry of Education, Nanchong 637003, China

2 Jiangbei International Airport, Chongqing 401120, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 0706~0713.

Abstract: Birds at airports are usually responsible for air accidents, and decreasing number of birds around airports is commonly argued to ensure safety of aircrafts. We examined composition, quantity and seasonal variation of soil and grassland fauna communities in three habitats at Gaoping Airport, through ecological investigation during April-December 2007, and conducted a preliminary correlation analysis between the soil or grassland fauna and the birds. Totally, 25 groups of soil fauna were found, of which, Acarina, Protura and Nematoda were the main ones, constituting 71.88% of the yearly total catches. In addition, common groups included Collembola, Enchytraeidae, Gastropoda, Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Earthworm, Araneae and Orthoptera, making up 22.84% of the total. 21 groups of grassland fauna inhabited the airport, of which, Hemiptera, Araneae, Diptera and Gastropoda were dominant, making up 65.7% of the total catches. Orthoptera, Coleoptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Dermaptera and Collembola were common, too. Correlation analysis found a significant relationship in variation between soil fauna, grassland fauna and raptor. The abundance of Orthoptera was positively correlated with number of raptors (Pearson correlation analysis, $r = 0.910, P =$

基金项目: 四川省重点学科重点资助项目(SZD 0420); 国家自然科学基金资助项目(30770256)

收稿日期: 2008-08-03; 修订日期: 2008-12-12

致谢: 本项工作得到了南充高坪机场毛先伟, 程国民, 张志林等同志的大力支持, 在此表示感谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: drcqzhou@hotmail.com

0.032). Orthoptera and Gastropoda were the main foods for raptors, contributing to the increased raptors. Reducing grass height, removing plant remains and garbage, and using pesticide to control density of grassland fauna were recommended to decrease number of raptor birds around the airport.

Key Words: airport grassland; soil animal fauna; grassland animal fauna; birds; relationship

鸟类对取食、饮水、栖息、隐藏、繁殖等的需求而来到机场或因迁徙而经过机场,给机场的安全带来隐患。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^[1,2]。国内很多机场做过机场生态环境调查,其中包括土壤及草丛动物方面的调查^[3-7],但是将机场土壤动物、草丛动物和机场鸟类数量有机的结合起来分析其中关系的资料比较少。杨效东等^[3]和赵云龙等^[6]的研究结果显示:机场土道面草坪的土壤动物和草丛动物群落的变化在一定程度上对鸟类的活动产生影响,本论文对南充高坪机场的土壤动物、草丛动物和机场肉食性鸟类数量的月波动做了调查,旨在找出机场土道面土壤动物、草丛动物群落特征及其与鸟类之间的关系,以做好切实的鸟害防治工作。

1 材料和方法

1.1 样地的选择和生境特点

南充高坪机场位于四川省南充市高坪区,四川盆地东北部,嘉陵江中游东岸,四季分明,冬暖、春早、夏热、秋雨、多云雾,是典型的中亚热带湿润季风气候区。

将机场草地划分为原始草地,机场草地,绿化带 3 个样区。

机场草地 机场航道旁边的草地,沙石土质,经过碾压,草高一般在 10~30 cm,有些地方甚至是裸露的,主要植被有:金色狗尾草(*Setaria glauca*)、小飞蓬(*Comniza canadensis*)、牛筋草(*Eleusine indica*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、西来稗(*Echinochloa crusgalli*)、红花酢浆草(*Oxalis crassipes*)等。

绿化带 栽种有白车轴草(*Trifolium repens*),杜鹃花(*Rhododendron simsii*)等人工选择处理的机场绿化区域和机场边缘栽种香樟等绿化树木区域,在香樟树区域杂生有白茅、狗尾草和一年蓬等杂草。

原始草地 包括已规划为机场范围,但还没来得及完好管理的周边农耕区和荒草山坡,灌木林等区域。

1.2 调查方法

土壤、草丛动物分别于 2007 年 4 月、6 月、8 月、10 月、12 月份在 3 个样区内进行实地取样统计分析。

1.2.1 土壤动物

在 3 个样区内选择有代表性的固定样地,以对角线法对大型和中型土壤动物分别取样方 5 个,大型土壤动物取样量为 25 cm×25 cm×25 cm,中型干法用直径为 5 cm 的铁罐进行取样,湿法用直径为 2.8 cm 的铁罐进行取样,每个样方按 0~5 cm,5~10 cm 层取样,共取土样 375 个,采用手捡法和干漏斗法、湿漏斗法分离提取土壤动物^[6,8]。

1.2.2 草丛动物

在 3 个样区内随机设定 4 m×4 m 的样方一个。用昆虫网扫取样方内的草丛动物,扫 14 下,分别存放,并带回实验室做进一步的鉴定,计数。

1.2.3 鸟类调查

在机场草坪的航道两边设置 2 条样线,于 2006 年 12 月到 2007 年 11 月,采用样线法用 10×42KOWA 牌手持双筒望远镜沿样带行走观察,行走速度为 1.5~2 km·h⁻¹,记录样线两侧 50 m 内鸟类的种类和数量,同时记录观察到的鸟类取食情况和机场植被情况,每月(除 2007 年 1 月和 2 月)对两条样线分别进行 4 次调查。

将记录到的鸟类食性、习性再参阅资料^[9]加以补充以作分析。

1.2.4 数据处理

对土壤、草丛动物样本中的动物分离并进行鉴定^[10,11],昆虫鉴定至目,其它动物以类群表示。对鸟类、土壤动物、草丛动物群落数据进行如下处理:

(1) 以 Shannon-Wiener 指数测物种多样性(H')^[12]

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

式中, H' 为物种多样性指数, S 为总的物种数, P_i 为第 i 物种个体数与所有物种个体总数的比值。

(2) 用 Pielou 指数测均匀度^[12]

$J = H' / H'_{\max}$ 式中, H'_{\max} 即 $\ln S$ 。

(3) 优势度指数 C 采用公式^[12]

$$C = \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

统计工具采用 Microsoft (R) Excel 2000 和 SPSS10.0。

2 结果与分析

2.1 土壤动物、草丛动物的组成(表 1)

表 1 南充高坪机场土壤动物、草丛动物群落组成与数量

Table 1 Component and distribution of soil and grassland fauna at Gaoping Airport, Nanchong

| 项目 Item | 机场草地 Airport grassland | | 绿化带 Virescence area | | 原始草地 Rude area | | 全境 Total | |
|--------------------|------------------------|-----|---------------------|-------|----------------|-------|----------|------|
| | SF | GF | SF | GF | SF | GF | SF | GF |
| 线虫纲 Nematoda | 627 | 113 | 375 | 133 | 465 | 275 | 1 467 | 521 |
| 线蚓科 Enchytraeidae | 77 | | 82 | | 177 | | 336 | |
| 蜱螨目 Acarina | 374 | | 1 365 | | 1 477 | | 3 216 | |
| 蜘蛛目 Araneae | 34 | | 30 | | 52 | | 116 | |
| 等足目 Isopoda | | | | | 52 | 31 | 52 | 31 |
| 唇足纲 Chilopoda | 1 | | 13 | 8 | 19 | 5 | 33 | 13 |
| 倍足纲 Diplopoda | | | 4 | 2 | 7 | 3 | 11 | 5 |
| 综合纲 Symphyla | 4 | | 33 | | 34 | | 71 | |
| 原尾目 Protura | 985 | | 537 | | 644 | | 2 166 | |
| 弹尾目 Collembola | 239 | 18 | 194 | | 233 | 16 | 666 | 34 |
| 双尾目 Diplura | 23 | | 9 | | 47 | | 79 | |
| 蜚蠊目 Blattaria | | | 5 | 5 | 22 | 10 | 27 | 15 |
| 蜻蜓目 Odonata | | 2 | | | | | | 2 |
| 螳螂目 Mantodea | | | 6 | 6 | | | 6 | 6 |
| 等翅目 Blattaria | 1 | 1 | | | 52 | 2 | 53 | 3 |
| 直翅目 Orthoptera | 10 | 58 | 62 | 149 | 31 | 83 | 103 | 290 |
| 革翅目 Dermaptera | | | 29 | 24 | 12 | 11 | 41 | 35 |
| 同翅目 Homoptera | | 37 | | 135 | | 25 | | 197 |
| 半翅目 Hemiptera | 9 | 137 | 11 | 94 | 9 | 395 | 29 | 626 |
| 脉翅目 Neuroptera | 1 | 1 | | | 2 | 5 | 3 | 6 |
| 缨翅目 Thysanoptera | 1 | | 1 | | 4 | | 6 | |
| 鞘翅目 Coleoptera | 55 | 47 | 35 | 91 | 71 | 133 | 161 | 271 |
| 鳞翅目 Lepidoptera | 14 | 15 | 4 | 14 | 15 | 20 | 33 | 49 |
| 膜翅目 Hymenoptera | 2 | | 97 | 26 | 109 | 26 | 208 | 52 |
| 双翅目 Diptera | 111 | 118 | 9 | 171 | 51 | 216 | 171 | 505 |
| 蚯蚓 Earthworm | 12 | 2 | 55 | 34 | 61 | 32 | 128 | 68 |
| 腹足纲 Gastropoda | 11 | 105 | 235 | 293 | 42 | 44 | 288 | 442 |
| 其他 Others | 8 | 1 | 8 | 6 | 43 | | 59 | 7 |
| 个体数 Quantity (ind) | 2 599 | 655 | 3 199 | 1 189 | 3 731 | 1 342 | 9 529 | 3186 |
| 类群数 Group | 21 | 14 | 23 | 16 | 25 | 18 | 26 | 21 |

SF: 土壤动物 Soil fauna; GF: 草丛动物 Grassland fauna

2.1.1 土壤动物的组成

5次调查共获得土壤动物25类,9529只。优势类群是蜱螨目、原尾目、线虫纲,共占总个体数的71.88%;常见类群9类,是弹尾目、线蚓科、腹足纲、膜翅目、双翅目、鞘翅目、蚯蚓、蜘蛛目,直翅目占22.84%;稀有类群14类,占5.28%。

机场草地(I)共获得21类,2599只。优势类群是线虫纲、蜱螨目、原尾目3类,共占机场草地总个体数的76.41%;常见类群是双尾目、双翅目、线蚓科、鞘翅目、蜘蛛目5类,共占19.86%;稀有类群13类,共占3.73%。

绿化带(II)共获得23类,3199只。优势类群是蜱螨目、原尾目、线虫纲3类,共占绿化带总个体数的71.18%;常见类群是腹足纲、弹尾目、膜翅目、线蚓科、直翅目、蚯蚓、鞘翅目7类,共占24.78%;稀有类群12类,共占4.05%。

原始草地(III)共获得24类,3731只。优势类群是蜱螨目、原尾目、线虫纲3类,占原始草地总个体数的69.31%;常见类群是弹尾目、线蚓科、膜翅目、鞘翅目、蚯蚓目、蜘蛛目、等足目、等翅目、双尾目,腹足纲和其他11类,共占26.51%;稀有类群10类,共占4.18%。

2.1.2 地表草丛动物的组成

5次调查共获得草丛动物21类,3186只。优势类群是半翅目、蜘蛛目、双翅目、腹足纲4类,共占65.7%;常见类群8类,分别是直翅目、鞘翅目、同翅目、膜翅目、鳞翅目、革翅目、弹尾目,共占31.2%;稀有类群有等足目、唇足纲、倍足纲、蜚蠊目、螳螂目、等翅目、蜻蜓目、脉翅目和其他一些地表草丛动物种类,共占3.07%。

机场草地共获得草丛动物14类,655只,占总量的20.0%。优势类群是半翅目、双翅目、腹足纲、蜘蛛目4类,共占72.2%;常见类群有直翅目、鞘翅目、同翅目、弹尾目、鳞翅目5类,占26.7%;稀有类群是蜻蜓目、蚯蚓、等翅目、脉翅目和其他一些草丛动物类群,占1.06%。

绿化带共获得草丛动物16类,1189只,占总量的37.0%。优势类群有腹足纲、双翅目、直翅目、同翅目、蜘蛛目5类,共占74.09%;常见类群有鞘翅目、直翅目、腹足纲、蚯蚓、等足目、膜翅目、同翅目、鳞翅目、蜚蠊目、弹尾目10类,占23.64%;稀有类群有唇足纲、倍足纲、蜚蠊目、螳螂目、和其它一些地表草丛动物,占2.27%。

原始草地共18类,1342只,占总量的42.0%。优势类群有半翅目、蜘蛛目、双翅目3类,共占66.0%;常见种类有鞘翅目、直翅目、腹足纲、蚯蚓、等足目、膜翅目、同翅目、鳞翅目、蜚蠊目、弹尾目10类,占32.03%;稀有种类有唇足纲、倍足纲、等翅目、革翅目、脉翅目5类,占1.95%。

2.2 土壤动物、草丛动物的空间分布

2.2.1 水平分布

对机场草地、绿化带和原始草地3个样方所获得的土壤动物、草丛动物多样性进行统计和方差分析。

土壤动物:数量:III > II > I,相互之间差异不显著($F(2,12) = 1.356, P = 0.294$);种类:III > II > I,差异极显著($F(2,12) = 19.117, P = 0.000$),机场草地和绿化带差异极显著($P < 0.01$),机场草地和原始草地差异极显著($P < 0.01$),绿化带和原始草地之间差异不显著($P > 0.05$);土壤动物多样性:III > II > I,差异边缘显著($F(2,12) = 3.061, P = 0.084$),多重比较发现,机场草地和原始草地之间差异显著($P < 0.05$),其他相互之间差异不显著($P > 0.05$);均匀度:III > I > II,差异不显著($F(2,12) = 0.154, P = 0.859$);优势度:II > I > III,优势度相互之间不显著($F(2,12) = 0.719, P = 0.507$)。同一纬度地带,由于植被、土壤类型和土地利用方式不同,土壤动物生态特征也有明显的差异^[13,14]。机场土壤动物水平分布差异主要与机场草地、绿化带、原始草地3种生境差异有关,机场草地土壤经过碾压,密实度比较大,土壤相对比较贫瘠,故土壤动物在数量、种类、多样性上都较原始草地和绿化带低;绿化带土壤经过人工松土处理,植被经过单一化管理,长势良好,因此与原始草地之间无明显差异。

草丛动物 数量: III > II > I, 相互之间差异不显著($F(2, 12) = 0.918, P = 0.426$); 种类: III > II > I, 相互之间差异不显著($F(2, 12) = 0.432, P = 0.659$); 多样性: II > III > I, 相互之间差异不显著($F(2, 12) = 1.560, P = 0.250$); 均匀度($F(2, 12) = 1.372, P = 0.291$)和优势度($F(2, 12) = 1.767, P = 0.213$)相互之间差异不显著。大型土壤动物的数量组成由于受外界环境条件影响较大(包括自然地理、理化因素等), 地带、地区性差异非常显著^[15], 但是在本次调查中, 3种生境草丛动物群落差异不显著, 主要3个生境同属一个地区, 机场草地和原始草地生长的都是些杂草, 绿化带虽经过植被单一化管理, 但长势良好, 且杂草入侵比较严重。

2.2.2 土壤动物的垂直分布

在0~5 cm与5~10 cm深度土壤中的动物在种类、数量上差异极其显著, 前者明显多于后者, 在多样性、均匀度、优势度上两者差异不显著(表2)。一般土壤动物都具有明显的表聚性, 随着土层深度增加多样性递减^[15-17], 此次研究结果与以前研究结果相一致。

2.3 土壤动物、草丛动物的月变化

2.3.1 土壤动物的月变化

机场草地土壤动物数量: 4月 > 6月 > 8月 > 12月 > 10月份; 绿化带土壤动物数量: 12月 > 6月 > 4月 > 10月 > 8月份; 原始草地土壤动物数量: 12月 > 6月 > 4月 > 10月 > 8月份。

温度和湿度是影响土壤动物群落结构和功能的最主要的自然因素, 0℃以下能够导致土壤动物死亡^[18]。3种环境土壤动物群落的物种组成看不出季节上的明显差异。这一方面与中、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^[19]有关, 另一方面也跟南充高坪机场处于中亚热带湿润季风气候区, 具有冬暖夏热、春早、秋雨、云雾多、日照少等特点有关。机场草

地虽然土壤硬度比较大, 但是土壤动物数量并没有比绿化带、原始草地少多少, 甚至有些月份还比绿化带与原始草地多, 主要是因为机场草地是沙质土壤, 线虫量比较大的原因造成的。

2.3.2 草丛动物的月变化

地表草丛动物月变化 数量: 4月 > 10月 > 8月 > 6月 > 12月份; 种类: 6月 > 10月 > 4月 > 8月 > 12月份。

4月份优势类群有半翅目、双翅目2类。常见类群有同翅目、腹足纲、鞘翅目、蜘蛛目、直翅目、膜翅目、鳞翅目、蚯蚓等。

6月优势类群有半翅目、直翅目、蜘蛛目3类; 常见类群有腹足纲、双翅目、同翅目、鞘翅目、蚯蚓、膜翅目、革翅目等。

8月优势类群有腹足纲、蜘蛛目、直翅目、双翅目4类; 常见类群有半翅目、鞘翅目、同翅目、等足目、鳞翅目等; 稀有类群有蜚蠊目、革翅目等。

10月优势类群有蜘蛛目、腹足纲、鞘翅目、半翅目、双翅目等5类; 常见类群有直翅目、同翅目、革翅目、鳞翅目、蚯蚓等; 稀有类群有等翅目、倍足纲等。

12月份优势类群有半翅目、腹足纲、蜘蛛目、弹尾目、蚯蚓、双翅目等。

结合平时的观察, 机场需要重点防治的有半翅目、双翅目、蜘蛛目、腹足纲、直翅目、鞘翅目、同翅目、蚯蚓等几类动物。

表2 南充高坪机场不同深度土壤动物多样性比较

Table 2 Variation in soil fauna diversity along depth gradient at Gaoping Airport, Nanchong

| 参数 Parameter | 深度 Depth | $\bar{X} \pm SD$ | T 检验/T-Test | |
|-----------------|-------------|-------------------|--------------|---------|
| | | | 5~10 cm T | P |
| 数量 Number | 0~5 cm | 435.27 ± 165.62 | 6.287 | 0.000** |
| | 5~10 cm | 145 ± 66.43 | | |
| 类群 Group | 0~5 cm | 12.47 ± 3.04 | 3.431 | 0.002** |
| | 5~10 cm | 8.93 ± 2.58 | | |
| H | 0~5 cm | 1.5390 ± 0.2656 | 1.012 | 0.32 |
| | 5~10 cm | 1.4153 ± 0.3917 | | |
| J | 0~5 cm | 0.6191 ± 0.0927 | -0.789 | 0.437 |
| | 5~10 cm | 0.6497 ± 0.1177 | | |
| C | 0~5 cm | 0.317011 ± 0.0947 | -1.195 | 0.242 |
| | 5~10 cm | 0.3924 ± 0.2253 | | |

2.4 机场肉食性鸟类特点

机场鸟类调查时间共 10 个月,共记录到 51 种鸟,11 950 只个体,其中肉食性鸟类 35 种,5 830 只,占 48.8%。机场优势及常见的肉食性鸟类有田鸫(*Anthus richardi*)、家燕(*Hirundo rustica*)、白鹡鸰(*Motacilla alba*)、金腰燕(*Hirundo daurica*)、水鸫(*Anthus spinoletta*)、棕扇尾莺(*Cisticola juncidis*)、金眶鸰(*Charadrius dubius*)、白鹭(*Egretta garzetta*)、布氏鸫(*Anthus godlewskii*)、棕背伯劳(*Lanius schach*)、褐头鹳莺(*Prinia inornata*)和长嘴剑鸰(*Charadrius placidus*)。肉食性鸟类数量从 3 月份到 12 月份图呈现出以 7 月,8 月为顶峰的金字塔形。

2.5 土壤动物、地表草丛动物和鸟类之间的关系

比较土壤动物、地表草丛动物和鸟类不同月份数量、种类、多样性、优势度和盖度,并做相关分析发现(见表 3):肉食性鸟类数量与土壤动物、草丛动物、蜘蛛目以及腹足纲动物的数量之间均呈不显著的正相关关系;但与直翅目数量具明显的正相关关系($r=0.910^*$, $P=0.032$),说明机场直翅目昆虫数量是机场肉食性鸟类数量变化的主要原因;与其他主要草丛动物如半翅目、同翅目、鞘翅目、双翅目等之间无明显相关关系。鸟类种类与土壤动物种类无明显相关关系($r=0.084$, $P=0.893$),鸟类种类与草丛动物种类具有不显著的正相关关系($r=0.430$, $P=0.469$);均匀度方面,鸟类均匀度与土壤动物均匀度($r=0.628$, $P=0.256$)、草丛动物均匀度($r=0.430$, $P=0.469$)之间均呈不显著的正相关关系。其他多样性,优势度之间相关性不明显。

3 讨论

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、草丛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捕食,而另一部分则被其他草地动物捕食,间接成为鸟类的食物。此次调查结果与杨效东等^[3]和赵云龙等^[6]所做的研究结果具有一致性: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,反映出一定的食物链关系。但是另一方面笔者认为土壤动物生活在土壤中,生活环境相对比较稳定,同时机场土壤动物在整个机场生态系统物质循环过程中起着重要的作用,其中关系比较复杂,并且机场作为一个对鸟类开放的小生态系统,迁入与迁出非常常见,因此机场肉食性鸟类数量与土壤动物数量正相关性不显著,肉食性鸟类和土壤动物在种类、多样性、优势度之间相关关系不明显。

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^[6]。地表草丛动物一般可以直接被肉食性鸟类捕食,与鸟类关系密切。鸟类数量与直翅目昆虫呈现显著的正相关,与腹足纲和蜘蛛目动物数量呈现不显著的正相关,与其他草丛动物相关关系不明显,这一结果与笔者的日常观察记录以及捕获机场鸟类胃内容物的分析结果相一致。6、7、8 月份机场里植被繁茂,直翅目昆虫大发生,腹足纲动物数量大,使得在机场里栖息、取食的鸟类如田鸫和白鹡鸰数量增加,同时吸引其他肉食性、杂食性鸟类如鹭类、雉鸡(*Phasianus colchicus*)、棕背伯劳、大杜鹃(*Cuculus canorus*)、燕子等到机场草地捕食,从解剖获得的鸟类标本和对机场鸟类捕食观察,主要食物是腹足纲、蝗虫、油葫芦(*Gryllustestaceus*)等动物。

造成机场不同月份肉食性鸟类变化的主要原因与鸟类的食物选择有关。食物是动物生存和繁殖所需营

表 3 肉食性鸟类与土壤动物、草丛动物之间的相关关系

Table 3 Correlation among raptor, soil fauna and grassland fauna

| 参数 Parameter | 类别 Group | 肉食性鸟类 Raptor | |
|-----------------|----------------------|--------------|-------|
| | | r | P |
| 数量 Number | 土壤动物 Soil fauna | 0.257 | 0.676 |
| | 草丛动物 Grassland fauna | 0.331 | 0.586 |
| | 蜘蛛目 Araneae | 0.422 | 0.479 |
| | 直翅目 Orthoptera | 0.910* | 0.032 |
| | 同翅目 Homoptera | 0.195 | 0.753 |
| | 半翅目 Hemiptera | 0.05 | 0.936 |
| | 鞘翅目 Coleoptera | -0.053 | 0.932 |
| | 双翅目 Diptera | 0.038 | 0.952 |
| | 腹足纲 Gastropoda | 0.597 | 0.288 |
| 类群 Groups | 土壤动物 Soil fauna | 0.084 | 0.893 |
| | 草丛动物 Grassland fauna | 0.43 | 0.469 |
| H | 土壤动物 Soil fauna | -0.093 | 0.882 |
| | 草丛动物 Grassland fauna | 0.016 | 0.98 |
| J | 土壤动物 Soil fauna | 0.628 | 0.256 |
| | 草丛动物 Grassland fauna | 0.644 | 0.24 |
| C | 土壤动物 Soil fauna | 0.178 | 0.774 |
| | 草丛动物 Grassland fauna | -0.054 | 0.931 |

养的来源^[20],动物的食性及其取食量受环境和动物本身等多种因素的共同影响^[21],食物分布的时空异质性成了动物觅食和食物组成比例不同的基础^[22],动物吃什么是对环境变化适应的结果,自然选择总是使动物在觅食过程中,尽可能地增大净收益,如选择最有利的食物,或最适食谱,或选择最有利的生态小区等等。许多实验表明,捕食者在觅食过程中总是选择有利性更大的食物,从某种食物所得的净收入越大,这种食物对捕食者来说就是更有利的^[23]。研究者们发现动物对食物的选择性不但与食物中各项目所占的比重相关,也与取食生境中食物的可利用量密切相关^[24]。Elner 和 Hughes 对海滨蟹(*Carcinus maena*)捕食贻贝的选择性进行了研究,发现蟹总是尽量选择那些能够为其带来最大收益的一定大小的贻贝^[25]。此次研究亦表明个体稍微大些的直翅目昆虫、腹足纲动物和蜘蛛目动物是肉食性鸟类的主要取食对象。肉食性鸟类数量变化趋势与腹足纲动物、蜘蛛目动物、直翅目昆虫的数量之和的变化趋势具有一致性。

根据对机场土壤动物、草丛动物与机场鸟类之间关系的综合研究和分析显示,地表草丛动物一般可以被鸟类直接捕食,尤其是直翅目、腹足纲等个体比较大的昆虫是吸引肉食性鸟类在机场捕食的主要原因,因此需要进行重点防治;腹足纲、直翅目、蜘蛛目等在夏、秋季数量比较大,使得夏、秋季肉食性鸟类数量比较大,因此夏、秋季是进行草丛动物控制的重要季节;通过3种生境土壤动物、草丛动物群落的差异,我们知道对机场草地土壤、植被进行处理有利于控制土壤、草丛动物数量、种类,对进行鸟害防治有一定作用。具体措施建议如下:

(1) 定期修剪草地 草地植物是一些昆虫的食物,是它们的取食对象,也是其隐蔽、产卵、繁殖的主要场所,故在每年的5月和10月,应对草地进行多次刈割及修剪,保证植物高度不超过10 cm,破坏昆虫及土壤动物生存的微生态环境,以达到对其控制的目的。

(2) 清除腐草和杂物 土壤动物以植物残体、腐殖质为主要食物,从研究结果看,地表草丛动物是吸引鸟类的主要因素,而地表草丛动物主要生活在草丛、枯草和地面腐殖质层,因此机场在修剪高草时,应尽量将修剪下的草及时运走,以减少土壤动物的生活环境和食物来源。

(3) 喷撒农药 根据昆虫及土壤动物的发生规律,在春末夏初至初秋,每15~20天喷撒1次,农药选择对金属无腐蚀性的高效、低毒、安全农药,保证农药对环境的安全。使用时为避免生物产生抗性,应选用不同农药交替使用。

References:

- [1] Allan J R, Watson L A. The impact of a lumbricide treatment on airfield grassland. Bird Strike Committee Europe, 1990, 20: 531—542.
- [2] Edmund H. Applied ecology as a basis for bird strike prevention on airports. Vogel und Luftverkehr, 1995, 15 (1): 23—35.
- [3] 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.
- [4] Liu J W, Wang G X, Yang Q R. Studies on the structure and diversity of spider community in Tianhe Airport area, Hubei Province, China. Acta Arachnologica Sinica, 2000, 9(2): 107—111.
- [5] Jin X J, Yin X S, Liu S L. Research on kinds of insects and soil animals and population dynamics on Kunming airport. Yunan Environmental Science, 2003, 22(2): 36—37.
- [6] Zhao Y L, Tang S X, Wang Q, et al. Relationship between soil and grassland fauna characters and the birds in Hongqiao airport grassland, Shanghai. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(6): 1219—1224.
- [7] Li A P. Investigation on the Insects and Soil Fauna of Taiyuan Wusu Airport Grassland in Spring. Journal of Taiyuan Normal University (Natural Science Edition), 2008, 7(1): 147—150.
- [8] Yin W Y, et al eds. Subtropical soil animals of China. Beijing: Science Press, 1992.
- [9] Zhao Z J. The Avifauna of China. Changchun: Jinlin Scientific Publishing House, 2001.
- [10] Yin W Y, et al eds. Soil animals of China. Beijing: Science Press, 2000.
- [11] Xin J L, Yang Q S, Hu C Y. Insect Morphology Taxonomy. Shanghai: Fudan University Press, 1985.
- [12] Li Y M, Wu X B. Avian diversity in Wuhu City in summer and winter. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(2): 269—274.
- [13] Wu H T, Lu X G, Yang Q, et al. Ecological characteristics and functions of soil fauna community. Acta Pedologica Sinica, 2006, 43(2): 314—

322.

- [14] Liu H, Yuan X Z. Ecological distribution of the soil animals in the Taishan Mountain. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18 (2): 13—16.
- [15] Sun F, Chen P, Liu Z Y. A preliminary study on component and ecological distribution of soil animal in Jilin Province. *Acta Geographica Sinica*, 46 (3): 310—318.
- [16] Zhang X P, Hou W L, Chen P. Soil animal guilds and their ecological distribution in the northeast of China. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2001, 7 (4): 370—374.
- [17] Zhong W Y, Yin X Q, Chen P. Contrast study of soil animal in different types forest in Maershan. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 1998, 30(1): 69—74.
- [18] Sulkava P, Huhta V. Effects of hard frost and freeze-thaw cycles on decomposer communities and N mineralisation in boreal forest soil. *Applied Soil Ecology*, 2003, 22: 225—239.
- [19] Wu Y, Jin C X. Structure and dynamics of soil insect community in grassland I. The structure of soil ecosystem and the character of soil insect communities. *Acta Ecologica Sinica*, 1982, 2(2): 151—156.
- [20] Wu J P, Shan J H, Li Y K. Winter diet of Siberian musk deer in the Lesser Xingan Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, 2007, 27(1): 58—63.
- [21] Cassin M H. Behavioral mechanisms of selection of diet components and their ecological implication in Herbivorous mammals. *J Mamm*, 1994, 75: 733—740.
- [22] Jiang Z G. Animal behavior principles and species conservation methods. Beijing: Science Press, 2004. 111—112.
- [23] Sun R Y. Principle of Animal Ecology (3rd edition). Beijing: Beijing Normal University Press, 2001. 259—260.
- [24] Li J S, Song Y L, Zeng Z G. Food selectivity and influencing factors in ruminants. *Acta Theriologica Sinica*, 2003, 23(1): 66—73.
- [25] Elner R W, Hughes R N. Energy maximisation in the diet of the shore crab, *Carcinus maenas* (L.) on the edible mussel, *Mytilus edulis* L. *Journal of Animal Ecology*, 1978, 47: 103—116.

参考文献:

- [3] 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.
- [4] 刘家武, 王国秀, 杨其仁. 武汉天河机场地区蜘蛛群落及多样性的研究. *蛛形学报*, 2000, 9(2): 107~111.
- [5] 金晓瑾, 殷晓松, 刘声亮. 昆明国际机场昆虫、土壤动物种类及种群动态研究. *云南环境科学*, 2003, 22(2): 36~37.
- [6] 赵云龙, 唐思贤, 王群, 等. 上海虹桥机场土壤动物及草丛动物群落特征和鸟类关系研究. *生态学报*, 2004, 24(6): 1219~1224.
- [7] 李安萍. 太原武宿机场春季草丛昆虫和土壤动物的调查. *太原师范学院学报(自然科学版)*, 2008, 7(1): 147~150.
- [8] 尹文英. 中国亚热带土壤动物. 北京: 科学出版社, 1992.
- [9] 赵正阶. 中国鸟类志(上,下). 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.
- [10] 尹文英. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社, 2000.
- [11] 忻介六, 杨庆爽. 昆虫形态分类学. 上海: 复旦大学出版社, 1985.
- [12] 李永民, 吴孝兵. 芜湖市冬夏季鸟类多样性分析. *应用生态学报*, 2006, 17(2): 269~274.
- [13] 武海涛, 吕宪国, 杨青, 等. 土壤动物主要生态特征与生态功能研究进展. *土壤学报*, 2006, 43(2): 314~322.
- [14] 刘红, 袁兴中. 泰山土壤动物群的生态分布. *生态学杂志*, 1999, 18(2): 13~16.
- [15] 孙帆, 陈鹏, 刘震. 吉林省土壤动物组成与生态分布的初步研究. *地理学报*, 1991, 46(3): 310~318.
- [16] 张雪萍, 侯威岭, 陈鹏. 东北森林土壤动物同功能种团及其生态分布. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(4): 370~374.
- [17] 仲伟彦, 尹秀琴, 陈鹏. 帽儿山不同林型土壤动物的对比研究. *东北师范大学学报(自然科学版)*, 1998, 30(1): 69~74.
- [19] 吴亚, 金翠霞. 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*, 1982, 2(2): 151~156.
- [20] 吴建平, 单继红, 李言阔. 小兴安岭地区原麝冬季食性研究. *兽类学报*, 2007, 27(1): 58~63.
- [22] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004. 111~112.
- [23] 孙儒泳. 动物生态学原理(第三版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001. 259~260.
- [24] 李俊生, 宋延龄, 曾治高. 反刍动物的食物选择及其影响因素. *兽类学报*, 2003, 23(1): 66~73.