

南京中山植物园春夏季节鸟类对植物种子的传播作用

李新华¹, 尹晓明²

(1. 南京农业大学 生命科学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学 资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要: 2002 年 4 月至 8 月, 在南京中山植物园内收集了 198 份鸟粪样品, 从中分离、鉴定出 9 573 粒结构完整的种子及果核, 分别隶属于 12 科 15 属 20 种植物, 另有 16 粒种子属于 1 未知种类。单份鸟粪样品中可含有 1~4 种种子, 平均 1.5 ± 0.7 种; 但单份鸟粪样品中种子数量变化很大, 约为 1~583 粒, 平均 48.4 ± 70.7 粒。鸟粪样品中出现频次较高的种类主要有构树 (*Broussonetia papyrifera*)、蛇莓 (*Duchesnea indica*)、桑树 (*Morus alba*)、山莓 (*Rubus corchorifolius*)、日本珊瑚树 (*Viburnum awabuki*)、蓬 (*Rubus hirsutus*) 和美洲商陆 (*Phytolacca americana*) 等 7 种, 并且它们的种子数量也多达 9 213 粒, 占种子总数的 96.1%。鸟粪样品中种子出现频次的月份变化也在一定程度上间接地反映出植物果实的成熟期和鸟类对果实的取食频率。白头鹎 (*Pycnonotus sinensis*)、乌鸫 (*Turdus merula*) 等鸟类则主要以呕出种子的方式传播桂花 (*Osmanthus fragrans*)、白玉兰 (*Magnolia denudata*) 等体积较大的种子。此外, 鸟类还以衔取果实的形式传播种子。2000~2002 年, 已经观察到 8 种鸟类取食 18 种植物的肉质果实, 其中灰喜鹊 (*Cyanopica cyana*)、乌鸫、白头鹎和山斑鸠 (*Streptopelia orientalis*) 等 4 种留鸟分别取食 8~16 种植物果实, 是春夏季节植物园内取食果实种类数目较多的鸟类, 并且也可能是重要的种子传播者。鸟类传播种子已经导致了阔叶十大功劳 (*Mahonia bealei*)、樱桃 (*Cerasus pseudocerasus*)、掌叶复盆子 (*Rubus chingii*) 和桂花等栽培树种逸出植物园, 使它们的实生苗及小树成功地侵入到植物园周围的自然生境中, 促进了植物园内一些具肉质果实的栽培植物的自然更新。同时, 鸟类传播种子也是导致美洲商陆等引种栽培植物逸生为外来杂草并迅速蔓延的重要原因之一。

关键词: 食果鸟; 鸟粪; 种子传播; 栽培植物; 外来植物; 自然更新与分布; 逃逸植物

Seed dispersal by birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat.-Sen in spring and summer

LI Xin-Hua¹, YIN Xiao-Ming² (1. College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1452~1458.

Abstract: Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat.-Sen is a semi-natural place located at the southern foot of Zhongshan Mountain, Nanjing, Jiangsu Province, China. It is rich in seed plants, both cultivated and wild, and contains diversified habitats within its 186 hectares area. To examine the ecological significance of mutual interactions between fruit-eating birds and fleshy-fruited plants, seed dispersal by birds was investigated in the garden during spring and summer from 2000 to 2002. 198 fecal samples from birds were collected in the garden between April and August 2002. In total 9 589 intact seeds were found in these birds' faeces. Among the seeds, 9 573 seeds were identified as belonging to 20 plant species in 15 genera and 12 families, the other 16 seeds belonged to an unknown species. Seed species found in each fecal sample varied from 1 to 4, mean \pm SD = 1.5 ± 0.7 , while seed number in each fecal sample varied greatly from 1 to 583, mean \pm SD = 48.4 ± 70.7 . Seeds of the 7 plant species comprising the highest occurrence frequency in the 198 bird fecal samples were *Broussonetia papyrifera* (82), *Duchesnea indica* (44), *Morus alba* (44), *Rubus corchorifolius* (26), *Viburnum awabuki* (26), *Rubus hirsutus* (22) and *Phytolacca americana* (19). These accounted for 86.2% of the total 305 occurrence frequency of the 21 seed species, and their

基金项目: 南京农业大学优秀人才奖励金资助项目

收稿日期: 2003-08-09; 修订日期: 2003-11-10

作者简介: 李新华(1968~), 男, 安徽合肥人, 博士, 主要从事植物学、生态学及杂草学研究。E-mail: lxinhua@jlonline.com

Foundation item: The project was financially supported Grants for excellent intellectuals of Nanjing Agricultural University

Received date: 2003-08-09; Accepted date: 2003-11-10

Biography: 李新华, Ph.D., mainly engaged in botany, ecology and weed sciences. E-mail: lxinhua@jlonline.com

seed number accounted for 96.1% of the total 9 589 seeds.

Eight bird species were observed feeding on the fleshy fruits of 18 plant species from 2000 to 2002. Four resident birds, *Cyanopica cyana*, *Turdus merula*, *Pycnonotus sinensis* and *Streptopelia orientalis*, acted as the main frugivores and fed on fruits of 8 to 16 plant species. They may be considered as the most important seed dispersers in the garden during spring and summer. Among the 18 fruit species consumed by birds, seeds of 14 plant species were found from the fecal samples. Few of the large seeds of *Osmanthus fragrans* and *Magnolia denudata* were detected in the fecal samples, although their fruits were frequently eaten by *Pycnonotus sinensis* and the other bird species, because their intact seeds were usually regurgitated later by the birds. In addition, some birds may also disperse seeds by picking the fruits up away from the parental plants. Monthly changes in occurrence frequency of seeds from the fecal samples may indirectly indicate, to some extent, both the fruiting phenology of the plant species and the visiting frequency of birds to the ripe fruits.

Under conditions of sufficient food supply of animal (e.g. insect) resources around the botanical garden in late spring and summer, some birds, both resident and summer migrant, still frequently visited the fleshy fruits, and then defecated or regurgitated the intact seeds in diverse habitats. Such results suggest that certain relatively stable, mutually beneficial ecological relationships may exist between the avian frugivores and fleshy-fruited plant species.

Avian seed dispersers have promoted natural regeneration and have also broadened the distribution of some fleshy-fruited plant species, especially of some cultivated plants in the botanical garden. Seedlings or saplings of a few cultivated tree species, such as *Mahonia bealei*, *Cerasus pseudocerasus*, *Rubus chingii* and *Osmanthus fragrans*, have escaped from the botanical garden, and have successfully spread into a natural *Pinus thunbergii*-*Liquidambar formosana* community on a hillside at the edge of the garden, as a result of avian seed dispersal.

American pokeweed (*Phytolacca americana*), an introduced North American species, has successfully invaded some disturbed habitats around the botanical garden, has regenerated very well in new habitats, and has continued to spread as an exotic weed. This is probably largely due to seed dispersal by frugivorous birds, eg. *Streptopelia orientalis*, *Cyanopica cyana* and *Turdus merula*. Consequently, it is suggested the rapid spread of this alien plant could be controlled by taking measures to prevent related birds from eating the berries of *Phytolacca americana*.

Key words: frugivorous birds; birds' feceses; seed dispersal; cultivated plants; non-native plants; natural regeneration and distribution; escaped plants

文章编号:1000-0933(2004)07-1452-07 中图分类号:Q948.12,Q958 文献标识码:A

长期以来,鸟类传播种子一直是生态学与进化生物学的重要研究领域之一^[1~4],鸟类传播种子对于植物的自然更新与分布具有十分重要的生态意义^[5~11]。植物园作为活植物收集及引种栽培的主要场所之一,往往成为所在地区的种子植物多样性中心之一。许多种子植物能够在植物园露地条件下生长并开花结果,为研究鸟类取食植物果实和传播种子提供了极为便利的条件。Ridley 在其巨著中列出的大量鸟类取食和传播种子的事例中,相当一部分都是在英国和新加坡的一些植物园中获得的观察资料^[1]。南京中山植物园内秋冬季节鸟类传播种子有利于种子到达多样化的生境中,对于植物园内一些栽培及野生植物的自然更新与分布具有重要的意义^[12~14]。

南京地区大体上 3 月至 5 月为春季,6 月至 8 月为夏季。作者在南京中山植物园内进行调查时发现,即使在昆虫等动物性食物比较充足的春夏季节,也有一些鸟类取食植物果实,而植物园内春夏季节开花结实的植物种类与秋季有很大的不同。因此,有必要继续研究春夏季节在该园内鸟类对植物果实的取食作用,以及鸟类传播种子的方式和途径,以进一步揭示不同季节鸟类与植物果实之间的生态关系。此外,植物园内引种栽培的植物种类中不少是从国外直接引进的或原产于国外的外来植物,研究鸟类传播种子对于这些外来植物自然更新与分布的影响,对于控制这些外来植物的扩散和蔓延也具有重要的理论和实际意义。

1 研究地点与研究方法

1.1 研究地点的自然条件

南京中山植物园位于南京钟山风景名胜区内,地处南京紫金山南麓。年平均温度 15.4℃,1 月平均温度 2.3℃,7 月平均温度 27.7℃,年平均降水量 1013 mm。该园面积 186 hm²,海拔高度多为 30~50 m,土壤类型以山地黄棕壤为主。植物园内有小山岗、缓坡、平地、水塘等多种地形条件。园内已收集保存有近 3 000 种栽培和野生植物类型,其中室外栽培种类有 1 000 多种,许多中、北亚热带的植物种类能够在露天条件下生长良好且正常开花结实。在植物园的外围地区还保留有面积达 100 hm²的

的自然植被保护区,主要为栓皮栎(*Quercus variabilis*)、麻栎(*Q. acutissima*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)和朴树(*Celtis sinensis*)等高大树种占优势的次生落叶阔叶林和黑松(*Pinus thunbergii*)、马尾松(*P. massoniana*)人工林,使植物园与紫金山森林植被连成一体。在植物园北侧海拔 85m 的虎山上,在立地条件较好的地段分布有郁闭度为 0.7~0.9 的栓皮栎、麻栎和枫香林,在其他地段主要为含有枫香的黑松、马尾松林,郁闭度为 0.4~0.8。这些优越的自然条件为各类植物的生长发育和繁殖更新创造了相对稳定且多样化的生境条件,同时也为鸟类提供了丰富的食物来源和良好的栖息场所。

1.2 研究方法

2000 年至 2002 年,在每年的春夏季节,在南京中山植物园内用 20×50 倍双筒望远镜或用肉眼直接观察鸟类取食植物果实的情况,记录食果鸟种类及其取食的果实种类;同期调查植物园内开花结果的植物种类,采集成熟种子样品作为鸟粪样品中种子鉴定时的参照。2002 年 4~8 月期间,在该园内园林植物区、松柏园、树木园,以及位于植物园北缘虎山森林等生境中,沿着一定的线路,选择一些鸟类活动比较频繁的地点,如一些大树的树冠下、铁栅栏下等,每隔 10d 收集一次含有植物种子的鸟粪样品,分离、记数、鉴定鸟粪样品中种子及果核种类。调查有关植物种类实生苗的生长与分布情况,分析鸟类传播种子对植物更新与分布的影响。

2 结果与分析

2.1 鸟类对植物果实的取食作用

2000 年至 2002 年,在南京中山植物园内实际观察到 8 种鸟类对 18 种植物成熟果实的取食作用,见表 1。

表 1 春夏季节鸟类取食的果实种类

| 果实种类 Fruit species | 食果鸟种类 Fruit-eating birds | 果实类型 Fruit type |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|
| 北美圆柏 <i>Sabina virginiana</i> | ③、⑥ | 肉质球果 fleshy cone |
| 罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i> | ③、⑥、⑦ | 肉质球果 fleshy cone |
| 构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> | ①、③、⑤、⑥、⑦ | 肉质聚花果 fleshy multiple fruit |
| 桑树 <i>Morus alba</i> | ①、③、⑥、⑦ | 肉质聚花果 fleshy multiple fruit |
| 美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i> | ①、⑥、⑦ | 浆果 berry |
| 白玉兰 <i>Magnolia denudata</i> | ①、②、⑥、⑦ | 聚合果,种子具肉质外种皮 aggregate follicles, arillate seeds |
| 阔叶十大功劳 <i>Mahonia bealei</i> | ①、⑥ | 浆果 berry |
| 蓬 <i>Rubus hirsutus</i> | ⑥、⑦ | 聚合核果 aggregate drupes |
| 黑莓 <i>Rubus</i> sp. | ③、⑥ | 聚合核果 aggregate drupes |
| 蛇莓 <i>Duchesnea indica</i> | ⑥、⑦ | 聚合瘦果 aggregate achenes |
| 樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i> | ①、③、⑦ | 核果 fleshy drupe |
| 山樱花 <i>C. serrulata</i> | ③、⑥、⑦ | 核果 fleshy drupe |
| 瓜木 <i>Alangium platanifolium</i> | ①、④、⑦、⑧ | 核果 fleshy drupe |
| 盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> | ⑥、⑦ | 核果 fleshy drupe |
| 兔眼越桔 <i>Vaccinium ashrei</i> | ①、⑥、⑦、⑧ | 浆果 berry |
| 紫树 <i>Nyssa sinensis</i> | ⑥、⑦ | 核果 fleshy drupe |
| 桂花 <i>Osmanthus fragrans</i> | ③、⑥、⑦ | 核果 fleshy drupe |
| 日本珊瑚树 <i>Viburnum awabuki</i> | ②、③、⑥、⑦ | 核果 fleshy drupe |

① 山斑鸠 *Streptopelia orientalis* ② 灰头啄木鸟 *Picus canus* ③ 白头鹎 *Pycnonotus sinensis* ④ 黑枕黄鹂 *Oriolus chinensis* ⑤ 红嘴蓝鹊 *Urocissa erythrorhyncha* ⑥ 灰喜鹊 *Cyanopica cyana* ⑦ 乌鸫 *Turdus merula* ⑧ 黑领噪鹛 *Garrulax pectoralis*

根据表 1,每种植物果实分别被 2 至 5 种鸟类取食。然而秋冬季节在植物园内则观察到 19 种鸟类取食 21 种树木果实,其中仅取食樟树浆果的鸟类就多达 13 种^[14],相比之下,春夏季节取食果实的鸟类种类数目相对较少。这 18 种植物果实中绝大多数为肉质的核果、浆果、聚合果和聚花果等果实类型,分别产生肉质的果皮、花托、外种皮等结构,并且在果实成熟时通常呈现出红色、黑色、紫色等醒目的色彩,容易被鸟类发现和取食。上述被鸟类取食果实的植物中,北美圆柏、美洲商陆、黑莓和兔眼越桔等都是原产于北美洲的外来植物,其中黑莓和兔眼越桔都是 20 世纪后期南京中山植物园先后从美国引进的小果类经济植物。

在取食果实的 8 种鸟类中,灰头啄木鸟、山斑鸠、白头鹎、红嘴蓝鹊、灰喜鹊、乌鸫和黑领噪鹛等 7 种鸟类皆为留鸟,仅有黑枕黄鹂为夏候鸟。在鸟类取食的果实种类数目方面,灰喜鹊和乌鸫各取食 16 种和 15 种果实,白头鹎和山斑鸠分别取食 9 种和 8 种果实,其他 4 种鸟类仅见分别取食 1~2 种果实。除了构树和白玉兰因为果实体积较大外,鸟类取食其他 16 种体积较小果实时,一般是将整个果实吞食下去。构树成熟的聚花果直径一般在 2~3 cm 以上,鸟类难以将其整个吞食,仅能啄食花序轴上的肉质小核果;白玉兰的聚合果体积更大,一般长度和直径分别在 12 cm 和 3 cm 以上,在其果皮开裂露出鲜红的种子后,乌鸫等鸟类仅啄取并吞食具肉质外种皮的种子。

2.2 鸟类传播种子方式和途径

2.2.1 鸟粪对植物种子的传播作用 在研究期间,共计收集了 198 份鸟粪样品。根据已有的调查结果,不同种类食果鸟的鸟粪

在大小、形状、颜色及气味等方面无明显的规律可循,未发现具有显著的种的特异性。由于不同鸟类种类或者同种鸟类可以取食不同植物种类的果实,同一鸟类可能同时取食植物果实与昆虫等动物性食物,鸟类排便时距离地面的高度不同,以及春夏季节许多植物种类果实的含水量较高,鸟粪有时不易成形,这些情况都能够导致鸟粪在大小、形状、颜色及气味等方面存在着不同的差异。即使是同种鸟类在不同时间、不同生境中排出的鸟粪在形态和种子组成特征上也表现出一定的差异。相反,若不同鸟类在同一时间内仅分别取食同种植物的果实,则它们的鸟粪在种子组成和形态等方面则会表现出一定的相似性。鸟粪一般由未被消化的结构完整的种子、果核,以及果皮残留物、其它花部器官残余物等组成,并且在大多数样品中都不同程度地存在节肢动物(如昆虫)、环节动物(如蚯蚓)等小型动物的残体。这种现象与该段时期内动物性食物充足,且许多处于繁殖期的鸟类都以动物性食物为主的情况相关。

在已收集的 198 份鸟粪样品中,共计分离出 9 589 粒结构完整的植物种子和果核。已经鉴定出 9 573 粒种子及果核,分别隶属于 12 科 15 属 20 种植物,其中乔灌木 18 种,草本植物 2 种,详见表 2。另有 16 粒种子属于 1 未知种类。在已经鉴定的 20 种植物中,山胡椒(*Lindera glauca*)、山莓(*Rubus corchorifolius*)、茅莓(*R. parvifolius*)、掌叶复盆子(*R. chingii*)、青灰叶下珠(*Phyllanthus glaucus*)和猫乳(*Rhamnella franguloides*)6 种植物未能观察到取食它们果实的鸟类,其他 14 种植物的果实已经观察到被有关鸟类取食。相反,在表 1 中列出的鸟类取食的 18 种植物果实中,罗汉松、白玉兰、瓜木和紫树 4 种植物的种子在已经收集到的鸟粪样品中未被检出。这些从鸟粪样品中分离、鉴定出的种子种类都是植物园内及其周围地区常见的栽培或野生植物,它们的果实大多数为肉质的核果、浆果、聚合核果、聚合瘦果、聚花果;少数为聚合果,但种子外面具有肉质外种皮;并且这些种子基本上都具有坚硬的种皮,或者包被于坚硬的果核中,因而在经过有关鸟类消化道处理后未受破坏。并且,在一些鸟类经常活动的场所进行定点观察时发现,灰喜鹊、乌鸫、白头鹎和山斑鸠等鸟类取食果实后,常常在樟树等树冠中栖息,导致许多鸟粪散落在树下地面上,从这些鸟粪中很容易见到结构完整的种子,如构树、桑树、蛇莓和日本珊瑚树等。

21 种植物种子在 198 份鸟粪样品中的出现频次共计为 305 次(表 2),这是因为一些鸟粪样品中含有 2 种以上的种子。其中构树、蛇莓、桑树、山莓、日本珊瑚树、蓬和美洲商陆等 7 种植物种子的出现频次共计为 263 次,占总频次的 86.2%;种子数量总计为 9 213 粒,占种子总数的 96.1%。这种情况意味着有关鸟类可能频繁地取食这 7 种植物的果实。

在 198 份鸟粪样品中,单份鸟粪样品约含有 1~4 种种子,平均 1.5 ± 0.7 种。其中仅含有 1 种种子的鸟粪样品有 118 份,占样品总数的 59.6%;含有 2 种种子的鸟粪样品有 56 份,占样品总数的 28.3%;含有 3 种种子的鸟粪样品有 21 份,占样品总数的 10.6%;而含有 4 种种子的鸟粪样品只有 3 份,占样品总数的 1.5%,有趣的是,这 3 份鸟粪样品中所含的 4 种植物种子均为桑树、山莓、蓬和蛇莓。这种情况至少说明了在某种果实资源充足的条件下,鸟类可能在一定时间内仅取食某一种植物果实^[14]。如在实际观察中,时常看到乌鸫在 20~30 min 时间内频繁地在桑树或构树的树冠中取食,灰喜鹊在 20~30 min 时间内则频繁地在本日本珊瑚树的树冠中取食。单份鸟粪样品内种子数量存在着很大的变化,为 1~583 粒,平均 48.4 ± 70.7 粒。然而秋冬季节在南京中山植物园中收集的 160 份鸟粪样品中,单份鸟粪样品中含有的种子数量变化仅为 1~23 粒^[13]。这其中的一个重要原因是,春夏季节成熟的植物果实中,构树、桑树、山莓、蓬和蛇莓等种类的果实为肉质的聚花果或聚合果,单个果实中常含有几十粒甚至上百粒小型种子。例如蛇莓的一个聚合瘦果中约含有 106~172 个小瘦果(根据 20 个聚合瘦果),而在单份鸟粪样品中发现的蛇莓种子数目可高达 494 粒。Stapanian 认为在鸟类繁殖季节里结果的植物种类有每个果实含有许多小型种子的倾向,而在秋季鸟类迁徙时结果的植物种类则有每个果实含有数目很少但体积较大的种子的倾向^[15]。

2.2.2 鸟粪样品中种子出现频次的月份变化 2002 年 4~8 月期间,各月收集的鸟粪样品中种子种类及其出现频次分别见图 1~图 5。

4 月份收集的鸟粪样品中蛇莓和山莓种子出现频次较高(图 1)。蛇莓和山莓果实都是在 4 月初开始陆续大量成熟,属于植物园周围果熟期较早的常见野生植物种类,其中蛇莓

表 2 198 份鸟粪样品中植物种子组成分析
Table 2 Analysis on seed composition of 198 fecal samples from birds

| 种子种类 Seed species | 出现频次 Occurrence frequency | 种子数量(粒) Seed number |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 北美圆柏 <i>Sabina virginiana</i> | 1 | 1 |
| 桑 <i>Morus alba</i> | 44 | 593 |
| 构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> | 82 | 2762 |
| 美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i> | 19 | 130 |
| 阔叶十大功劳 <i>Mahonia bealei</i> | 15 | 33 |
| 山胡椒 <i>Lindera glauca</i> | 2 | 3 |
| 山莓 <i>Rubus corchorifolius</i> | 26 | 559 |
| 茅莓 <i>R. parvifolius</i> | 3 | 89 |
| 蓬 <i>R. hirsutus</i> | 22 | 1362 |
| 掌叶复盆子 <i>R. chingii</i> | 1 | 41 |
| 黑莓 <i>Rubus</i> sp. (blackberry) | 2 | 34 |
| 蛇莓 <i>Duchesnea indica</i> | 44 | 3722 |
| 樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i> | 1 | 2 |
| 山樱花 <i>C. serrulata</i> | 5 | 8 |
| 青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i> | 2 | 7 |
| 盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> | 1 | 1 |
| 猫乳 <i>Rhamnella franguloides</i> | 1 | 1 |
| 兔眼越桔 <i>Vaccinium ashrei</i> | 4 | 142 |
| 桂花 <i>Osmanthus fragrans</i> | 1 | 1 |
| 日本珊瑚树 <i>Viburnum awabuki</i> | 26 | 82 |
| 未知种 Unknown species | 3 | 16 |
| 总计 21 种 Total 21 species | 305 | 9589 |

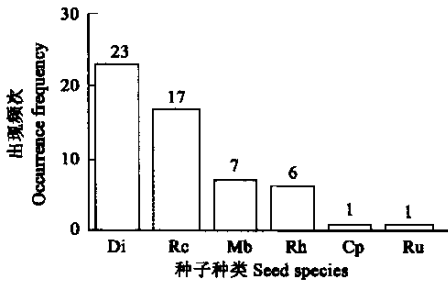


图 1 4 月份收集的 29 份鸟粪样品中种子出现频次

Fig. 1 Occurrence frequency of seed species in 29 bird fecal samples collected in April

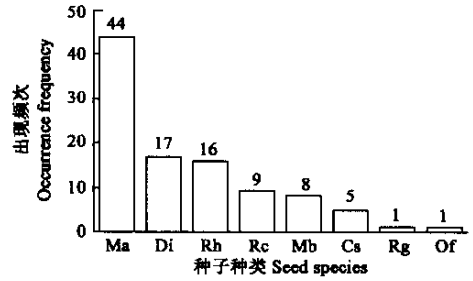


图 2 5 月份收集的 60 份鸟粪样品中种子出现频次

Fig. 2 Occurrence frequency of seed species in 60 bird fecal samples collected in May

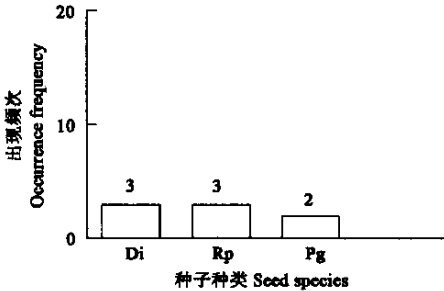


图 3 6 月份收集的 7 份鸟粪样品中种子出现频次

Fig. 3 Occurrence frequency of seed species in 7 bird fecal samples collected in June

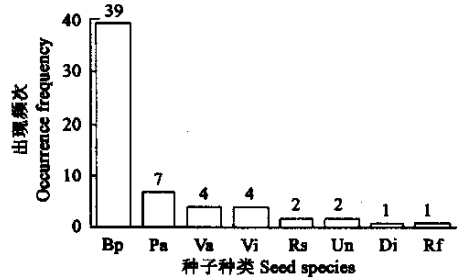


图 4 7 月份收集的 47 份鸟粪样品中种子出现频次

Fig. 4 Occurrence frequency of seed species in 47 bird fecal samples collected in July

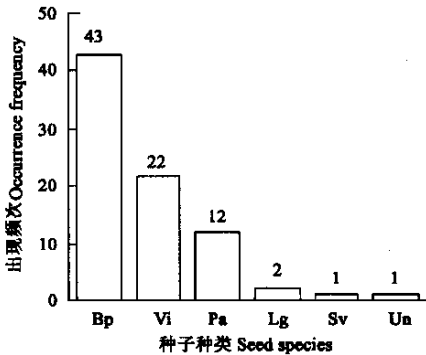


图 5 8 月份收集的 55 份鸟粪样品中种子出现频次

Fig. 5 Occurrence frequency of seed species in 55 bird fecal samples collected in August

Bp: 构树 *Broussonetia papyrifera*; Cp: 樱桃 *Cerasus pseudocerasus*; Cs: 山樱花 *C. serrulata*; Di: 蛇莓 *Duchesnea indica*; Lg: 山胡椒 *Lindera glauca*; Ma: 桑 *Morus alba*; Mb: 阔叶十大功劳 *Mahonia bealei*; Of: 桂花 *Osmanthus fragrans*; Pa: 美洲商陆 *Phytolacca americana*; Pg: 青灰叶下珠 *Phyllanthus glaucus*; Rc: 山莓 *Rubus corchorifolius*; Rf: 猫乳 *Rhamnella franguloides*; Rg: 掌叶复盆子 *Rubus chingii*; Rh: 蓬 *R. hirsutus*; Rp: 茅莓 *R. parvifolius*; Rs: 黑莓 *R. sp.* (blackberry); Ru: 盐肤木 *Rhus chinensis*; Sv: 北美圆柏 *Sabina virginiana*; Un: 未知种 Unknown species; Va: 兔眼越桔 *Vaccinium ashbei*; Vi: 日本珊瑚树 *Viburnum awabuki*

的果期可一直延续到 9~10 月份。5 月份收集的鸟粪样品中桑树、蛇莓和蓬 种子出现频次较高(图 2),桑树的聚花果一般在 5 月初大量成熟,先为红色,后变成紫色。6 月份由于受到南京地区梅雨季节的影响,收集到的鸟粪样品数量较少(图 3),而茅莓和青灰叶下珠分别在 6 月初和 6 月末进入果熟期。7 月份收集的鸟粪样品中构树种子出现频次显著高于其他种类(图 4)。而 8 月份收集的鸟粪样品中构树、日本珊瑚树和美洲商陆的种子出现频次较高(图 5)。实际上,植物园周围地区构树果实从 7 月初开始大量成熟,并一直延续到 9 月末,其球形红色的肉质聚花果挂满枝头,在绿叶的映衬下格外醒目,吸引了乌鸫、灰喜鹊等鸟类前来频繁取食。日本珊瑚树和美洲商陆果熟期也多集中在是 7~9 月份。这种情况表明有关植物的果实一旦成熟,即可被一些鸟类取食,它们的种子也相应地在鸟粪中出现。一定时期内不同种子在鸟粪样品中的出现频次的高低,也间接地反映了鸟类对相关果实的取食频率。

另外,种子出现在鸟粪样品中的植物种类并非花果期都集中于春夏季节。南京地区桂花的果熟期为 5~6 月份,而花期则为上年的 9~10 月份;北美圆柏和山胡椒一般在 8 月下旬进入果熟期,并一直延续至秋冬季节;盐肤木的果熟期集中在 10~12 月份,但果实在枝梢挂留的时间很长,有时次年的 3~4 月份仍能见到灰喜鹊和乌鸫取食其核果。在鸟粪样品中出现的 1 粒盐肤木种子,就是与 35 粒蛇莓种子和 1 粒阔叶十大功劳种子共同存在于在同一块鸟粪中。

2.2.3 鸟类传播种子的其他方式 桂花作为南京中山植物园内的常见栽培树种之一,其肉质核果被白头鹎等鸟类大量取食,但是在 198 份鸟粪样品只见到 1 粒桂花种子。究其原因,这是白头鹎等鸟类在取食桂花果实后通常将其果核从口中呕出所致。在调查时发现,白头鹎在桂花树冠中一次吞食数枚核果后,常常飞到附近的香樟(*Cinnamomum camphora*)和龙柏(*Sabina chinensis* cv. *kaizuca*)等树木的树冠中栖息,并将剥离了果肉的桂花果核呕出,因此在这些树木下方,常可见到一些表面洁净的桂花果核散落在地面上。灰喜鹊和乌鸫等鸟类在吞食白玉兰包被在肉质外种皮中的种子后,也将剥离了外种皮的种子从嘴中呕出。这种情况是导致白玉兰种子未能在鸟粪中检出的一个主要原因。可见,鸟类取食果实后在其栖息地范围内可以通过将种子呕出的方式传播种子。此外,鸟类还以衔取果实或种子的方式传播种子。如在观察中见到乌鸫将罗汉松或白玉兰的种子衔取至其他树冠上再吞食,有时种子会掉落在树下地面上。

2.3 鸟类传播种子对植物自然更新与分布的影响

阔叶十大功劳、掌叶复盆子和桂花等树种都是南京中山植物园引种栽培的植物种类,在植物园周围的紫金山森林中原本也没有自然生长与分布。近年来作者在植物园北缘的虎山森林中进行调查时发现,上述几种植物已有一些实生苗或小树出现在山坡黑松+枫香植物群落等生境中,且长势良好。其中掌叶复盆子已经有正常开花结实的植株。桂花在紫金山南麓从南京中山植物园至中山陵东侧的灵谷寺景区一带都是常见的栽培观赏植物,由于鸟类传播种子的影响,桂花的实生苗或小树在紫金山南麓的马尾松+黑松+枫香群落和麻栎+栓皮栎+枫香群落等生境中都不难发现。然而,这些实生苗周围至少 50 m 范围内都没有相应的母树生长,在这些植物的成年母株下面也很少有实生苗生长,并且它们的肉质果实都很难适应于风、水等媒介的传播。这些情况说明鸟类传播种子对于这些栽培植物的自然更新与分布具有重要的意义。在虎山森林中,根据有关实生苗与植物园内距离最近的栽培母树之间距离分析,鸟类传播种子的距离分别为:阔叶十大功劳约 150~300 m,掌叶复盆子约 350~450 m,桂花约 150~500 m。一般认为,鸟类传播种子基本上是一个发生在鸟类活动的生境范围内的过程,大多数被传播的种子离开母株的距离都相对较近^[4]。此外,春夏季节大多数鸟类都处于繁殖期中,迁徙活动少,一般都有相对稳定的领域生境。

南京中山植物园周围的山莓、蓬、掌叶复盆子、樱桃等几种在早春开花的蔷薇科种类,花期及果期几乎集中在 3 月至 5 月,即春季完成。山莓、蓬等种类在紫金山以枫香、栓皮栎、麻栎等为主要树种的落叶阔叶林中,以及马尾松或黑松+枫香林中都是比较常见的林下层灌木,一般分布在容易受到干扰的林缘及林窗等生境中。在枫香、栓皮栎、麻栎、枫杨、刺槐等阔叶树种充分展叶形成遮荫影响以前,山莓、蓬等林下灌木种类基本完成了开花、结果等重要生殖过程,并且在食果鸟类的参与下实现了种子散布,可能是一种良好的生态适应性。

美洲商陆是原产于北美东部的一种多年生草本植物,南京中山植物园至少是在 20a 前开始将该种作为药用植物引种栽培于药物园。目前,美洲商陆不但在植物园内许多生境中都有生长与分布,而且已从植物园中逃逸出去,出现在紫金山森林内一些受到干扰的林缘等生境中,成为一种常见的野生植物。

3 讨论

虽然春夏时分在南京中山植物园及其周围地区可供鸟类取食的昆虫等动物性食物资源十分丰富,但是山莓、蓬、掌叶复盆子、桑树、桂花和美洲商陆等野生或栽培植物的成熟果实,仍然被一些留鸟及夏候鸟所取食,并且通过它们传播种子。然而,与秋冬季节相比,这些果实对于满足白头鹎、乌鸫和灰喜鹊等鸟类的营养和能量需求已经显得不是十分地必要。这种情况可能反映出在长期的生物演化历程中,种子植物与食果鸟之间逐渐形成了一些相对稳定的互利生态关系。另外,由于植物果实的营养成分特点与果实的成熟季节之间具有一定的相关性,即在夏季成熟果实的果肉中含有丰富的水和碳水化合物,而脂类含量丰富的果皮在秋冬季节成熟的植物果实中更为常见^[4]。鸟类在繁殖季节里大量取食昆虫等动物性食物的同时,通过取食一些植物果实,对于维持鸟类的营养平衡,可能具有一定的调节作用。

鸟类在其栖息和活动范围内传播种子,有利于种子到达多样化的生境中,其中一些种子在适宜的生境条件下,将能够萌发、生长为新的个体。并且,在同一块鸟粪中含有几种不同的植物种子,以及一些分别含有不同植物种子的鸟粪被食果鸟散落至相同的生境中等情况,可能会导致不同种类的植物一同生长在同一生境中,从而对有关种子植物的空间分布格局产生一定的影响。当然,食果鸟通过鸟粪排落至不同生境中的植物种子,还会受到水流冲刷,以及蚁类搬运作用(如构树的种子)的影响,而作进一步的移动。

美洲商陆原产于北美东部,它的种子高度适应于鸟类传播^[16]。由于美洲商陆果肉、茎叶的水提取物对其种子的萌发具有明显的抑制作用或自毒性(*autotoxicity*),种子散布对于美洲商陆的种子萌发和生长具有重要的生态意义^[17]。目前,美洲商陆这种外来植物已经出现在我国的许多地方,且呈杂草化蔓延趋势^[18,19],这种情况很可能与有关鸟类作为它们的种子传播者密切相关。而已经观察到取食和传播美洲商陆种子的灰喜鹊、乌鸫、山斑鸠这 3 种鸟类在我国大部分地区都有分布^[20,21]。由于美洲商陆的药用部位主要是根,有关单位在引种栽培该种植物时,可以考虑在开花前将其幼小的花序人工去除,这样既不会对植物的生长造成显著的影响,又可以避免或减少美洲商陆的种子被鸟类传播的机会,从而控制美洲商陆这种外来杂草的进一步扩散。

步扩散和蔓延。

References:

- [1] Ridley H N. *The dispersal of plants throughout the world*. Asford: L. Reeve & Company, 1930. 383~514.
- [2] Herrera C M, Jordano P. *Prunus mahaleb* and birds: the high-efficiency seed dispersal system of a temperate fruiting tree. *Ecology*, 1981, **51**(2): 203~218.
- [3] Howe H F, Smallwood J. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1982, **13**: 201~228.
- [4] Herrera C M. Plant-vertebrate seed dispersal systems in the Mediterranean: ecological, evolutionary, and historical determinants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1995, **26**: 705~727.
- [5] Debussche M, Isemann P. Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. *Oikos*, 1994, **69**: 414~426.
- [6] Galindo-Gonzalez J, Guevara S, Sosa V J. Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 2000, **14**(6): 1693~1073.
- [7] Xiao L Y, Pu Z H. Study on the relationship between the spread of Loranthaceae and birds in Xishuangbanna, Yunnan. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, **14**(2): 128~135.
- [8] Wang W, Ma K P. Predation and dispersal of *Quercus liaotungensis* acorns by Chinese rock squirrel and Eurasian jay. *Acta Botanica Sinica*, 1999, **41**(10): 1142~1144.
- [9] Chang J C, Lu C H, Wu J P, et al. Dusky thrush and amur corktree in nature system. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, **19**(1): 70~71.
- [10] Wang Z J, Cao M, Li G F, et al. *Trema orientalis* seeds dispersed by birds and its ecological role. *Zoological Research*, 2002, **23**(3): 214~219.
- [11] Lu C H. Biology of mistletoe (*Viscum coloratum*) and its seed dispersal by frugivorous birds. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(4): 834~839.
- [12] Li X H, He S A, Sheng N. Establishment of a natural population during the *ex situ* conservation of *Taxus chinensis*. *Journal of Plant Resources and Environment*, 1999, **8**(1): 38~41.
- [13] Li X H, Yin X M, He S A. Seed dispersal by frugivorous birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen in autumn and winter. *Biodiversity Science*, 2001, **9**(1): 68~72.
- [14] Li X H, Yin X M, He S A. Tree fruits eaten by birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen in autumn and winter. *Chinese Journal of Zoology*, 2001, **36**(6): 20~24.
- [15] Stapanian M A. Evolution of fruiting strategies among fleshy-fruited plant species of eastern Kansas. *Ecology*, 1982, **63**(5): 1422~1431.
- [16] McDonnell M J, Stiles E W, Cheplick G P, et al. Bird-dispersal of *Phytolacca americana* L. and the influence of fruit removal on subsequent fruit development. *American Journal of Botany*, 1984, **71**(7): 895~901.
- [17] Edwards M E, Harris E M, Wagner F H, et al. Seed germination of american pokeweed (*Phytolacca americana*) I. Laboratory techniques and autotoxicity. *American Journal of Botany*, 1988, **75**(12): 1794~1802.
- [18] Lu D Q. A revision of the *Phytolacca* from China. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1995, **13**(1): 27~29.
- [19] Guo S L, Li Y H. A preliminary report on the alien weeds in southeastern China. *Weed Science*, 1995, (2): 4~8.
- [20] Zhao Z J. *A handbook of the birds of China*. 1: Non-passerines. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1995. 1~814.
- [21] Zhao Z J. *A handbook of the birds of China*. 2 *Passerines*. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 2001. 1~959.

参考文献:

- [7] 肖来云, 普正和. 云南西双版纳桑寄生植物的传播与鸟的关系研究. *生态学报*, 1994, **14**(2): 128~135.
- [8] 王巍, 马克平. 岩松鼠和松鸦对辽东栎坚果的捕食和传播. *植物学报*, 1999, **41**(10): 1142~1144.
- [9] 常家传, 鲁长虎, 吴建平, 等. 自然生态系统中的斑鸠与黄檗. *生态学杂志*, 2000, **19**(1): 70~71.
- [10] 王直军, 曹敏, 李国锋, 等. 鸟类对山黄麻种子的传播及其生态作用. *动物学研究*, 2002, **23**(3): 214~219.
- [11] 鲁长虎. 槲寄生的生物学特征及鸟类对其种子的传播. *生态学报*, 2003, **23**(4): 834~839.
- [12] 李新华, 贺善安, 盛宁. 红杉迁地保护中天然种群的形成. *植物资源与环境*, 1999, **8**(1): 38~41.
- [13] 李新华, 尹晓明, 贺善安. 南京中山植物园秋冬季鸟类对植物种子的传播作用. *生物多样性*, 2001, **9**(1): 68~72.
- [14] 李新华, 尹晓明, 贺善安. 南京中山植物园秋冬季鸟类对树木果实的取食作用. *动物学杂志*, 2001, **36**(6): 20~24.
- [18] 鲁德全. 中国商陆属植物的校订. *武汉植物学研究*, 1995, **13**(1): 27~29.
- [19] 郭水良, 李扬汉. 我国东南地区外来杂草研究初报. *杂草科学*, 1995, (2): 4~8.
- [20] 赵正阶 编著. 中国鸟类手册, 上卷, 非雀形目. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995. 1~814.
- [21] 赵正阶 编著. 中国鸟类志, 下卷, 雀形目. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001. 1~959.