

都江堰林区取食樱桃果实(种子)的 鸟类及其种子扩散作用

姜明敏 曹林 肖治术* 郭聪

(四川大学生命科学学院 生物资源与生态环境教育部重点实验室 成都 610064;
中国科学院动物研究所 农业虫鼠综合治理研究国家重点实验室 北京 100101)

摘要: 樱桃 (*Prunus pseudocerasus*) 是广泛分布于我国亚热带常绿阔叶林内的一种重要核果植物。为了解食果鸟类在樱桃种群更新中的作用,于 2007 年和 2008 年在四川都江堰亚热带常绿阔叶林内研究了取食樱桃果实(种子)的鸟类及其种子扩散作用。研究表明,樱桃成熟果实的下落高峰发生在 4 月下旬至 5 月上旬;2007 年的种子扩散率为 4.0% \pm 1.0%,明显低于 2008 年 (27.7% \pm 5.7%)。在研究地内,发现至少有 16 种鸟取食樱桃果实或种子,根据其对待果实和种子的处理方式分为 3 个功能群:白头鹎 (*Pycnonotus sinensis*)、领雀嘴鹎 (*Spizixos semitorques*)、黑鹎 (*Hypisipetes leucocephalus*)、白颊噪鹛 (*Garrulax sinensis*)、红嘴蓝鹛 (*Urocissa erythorhyncha*) 等 10 种鸟吞食樱桃果实,而种子通过消化道末端排出并将种子携至远离母树的地方,是重要的种子扩散者;暗绿绣眼鸟 (*Alcippe morrisonia*) 和灰眶雀鹛 (*Zosterops japonicus*) 等 4 种鸟主要啄食果肉而将种子丢弃在母树下,为啄食果肉者;而普通朱雀 (*Cardinalis erythrinus*) 和灰头鸦雀 (*Paradoxornis gularis*) 则主要取食种子,为纯粹的种子捕食者。在吞食樱桃果实的食果鸟中,3 种鹎科鸟类访问频次所占的比例达 55.3% (2007 年) 和 35.3% (2008 年),说明鹎科鸟类是都江堰林区樱桃种子的主要扩散者,对樱桃种群的空间格局和自然更新可能有重要影响。

关键词: 食果鸟;鹎科鸟类;樱桃;种子扩散

中图分类号: Q958.12 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2010) 01-27-08

Frugivorous Birds and Its Impacts on Seed Dispersal of Wild Cherry (*Prunus pseudocerasus*) in a Dujangyan Forest, China

JIANGMingmin CAOLin XIAOZhi-Shu* GUOCong

(Key Laboratory of Bio-resources and Eco-environment, Ministry of Education, College of Life Science,
Sichuan University, Chengdu 610064;
State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents in Agriculture,
Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract As one important fruit plant, wild cherry (*Prunus pseudocerasus*) is widely distributed in subtropical evergreen broad-leaved forests in China. In 2007 and 2008, fruit removal by frugivorous birds and its potential impacts on seed dispersal and natural regeneration of wild cherry were investigated in a subtropical evergreen broad-leaved forest in the Dujangyan City of Sichuan Province, Southwest China. The results showed that the

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30770372, 30500072);

*通讯作者, E-mail: xiaozs@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 姜明敏,男,硕士研究生,研究方向:动物生态学; E-mail: poincare1912@sohu.com.

收稿日期: 2009-06-30,修回日期: 2009-10-30

falling peak of ripe fruits occurred from late April to early May, but the proportion of fruits removed by birds was significantly lower in 2007 (4.0% \pm 1.0%) than in 2008 (27.7% \pm 5.7%). In the study site, we identified at least 16 bird species consuming cherry fruits or seeds, which belong to the following three functional groups based on their fruit/seed handling behaviors: legitimate seed dispersers, which swallowed whole fruits and defecated intact seeds away from parent plants through the end of gut, including *Pycnonotus sinensis*, *Spizixos sarnitorques*, *Hypisipetes leucocephalus*, *Garrulax sinensis* and *Urocissa erythorhyncha*; pulp consumers, which only consumed fruit pulps but dropped seeds under parent plants, e.g. *Alcippe morrisonia* and *Zosterops japonicus*; and pure seed consumers such as *Carpodacus erythrinus* and *Paradoxomis gularis*. Among the legitimate seed dispersers, the total visiting frequency by three Pycnonotidae birds (*P. sinensis*, *S. sarnitorques* and *H. leucocephalus*) was very high in both years, up to 55.3% (2007) and 35.3% (2008), respectively. This suggests that the three Pycnonotidae birds are main seed dispersers to wild cherry and could have a substantial impact on spatial patterns and natural regeneration of wild cherry in the Dujiangyan forest.

Key words: Frugivorous birds; Pycnonotidae; Wild Cherry (*Prunus pseudocerasus*); Seed dispersal

植物种子扩散的方式多种多样,但多数植物依赖动物来传播其种子,可达 70% ~ 90%^[1]。食果动物对植物种子的扩散有助于种子逃脱捕食^[2-3]、占据新的生境^[4-6]、促进基因流动等^[7-8]。在食果动物中,食果鸟类对植物种子扩散的作用非常显著^[1]。然而,并非所有的食果鸟类都传播植物种子。根据食果后种子是否被破坏和是否将种子带离母树,食果鸟类常被分为种子扩散者、果肉啄食者和种子捕食者等功能群,因而不同功能群对植物的种子扩散和种群更新会产生差异性影响^[9]。与国外研究相比,国内关于食果鸟类与种子扩散方面的研究仅有零星报道。近年来,国内有关食果鸟类与种子扩散方面的研究时有报道^[10-14],但仍亟待系统、详细的定量研究。

在蔷薇科李属 (*Prunus*) 植物中,许多种类(樱桃类)的成熟果实为小而多汁的肉质核果,是许多野生动物的重要食物来源^[15]。在我国,产肉质核果的樱桃类植物达 45 种,多为温带和亚热带森林中的优势种类或重要的建群种类^[15]。然而,食果动物如何影响其种群更新和多样性格局则缺乏相关研究。研究表明樱桃类植物的种子扩散常受到多种因素的影响,如不同食果鸟的功能群(即种子扩散者、果肉啄食者和种子捕食者等)的组成比例、访问频次和取食行为^[9],果实(种子)大小^[17]和生境特征等^[18]。樱桃 (*P. pseudocerasus*) 是广泛分布于我

国亚热带常绿阔叶林内的一种重要核果植物,既有野生种群,也有历史悠久的栽培种群。在四川都江堰般若寺实验林场内,樱桃分布较为广泛,但近几年因遭受砍伐和采挖而严重影响其种群更新与恢复。据初步观察,樱桃的野生种群主要依靠食果鸟类来传播其种子,但也发现啮齿动物捕食并搬运樱桃果实和种子^[19]。为了深入了解食果鸟类在樱桃种群自然更新中的作用,作者在都江堰亚热带林区研究了食果鸟类对樱桃种子的扩散作用。在调查樱桃种子雨的基础上,本研究估算了食果鸟类对樱桃种子的扩散率,并通过定点观察取食樱桃果实(种子)的鸟类及其取食方式来确定不同食果鸟对樱桃种子的潜在扩散作用。

1 研究地概况

于 2007 年及 2008 年的 3 ~ 5 月,本研究在四川省都江堰市般若寺国营实验林场(海拔为 600 ~ 800 m, 31° 4' N, 103° 43' E) 内进行。都江堰地区属于四川盆地西缘山地,是青藏高原与成都平原的过渡地带^[20]。气候属中亚热带,年均温 15.2 °C,年降水量 1 200 ~ 1 800 mm。般若寺国营实验林场的植被为亚热带常绿阔叶林。在样地内,乔木层分布有栲树 (*Castanopsis fargesii*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、枹树 (*Q. serrata*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、石栎

(*Lithocarpus harlandii*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、灯台(*Comus controversa*)、梓叶槭(*Acer catalpifolium*)、冬青(*Ilex purpurea*)和楠木(*Phoebe zhennan*)等;灌木层分布有油茶(*Camellia oleifera*)、老鼠矢(*Symplocos stellaris*)、海桐(*Pittosporum daphniphyloides*)、铁仔(*Myrsine africana*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、黄檀(*Dalbergia hupeana*)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)等;草本层以芒箕(*Dicranopteris pedata*)等为主。樱桃在都江堰般若寺实验林场内分布较为广泛,但多生于山地阳坡及沟谷边缘。近年来(特别是2007年),樱桃种群更新因遭到当地百姓的砍伐和采挖(多为胸径8 cm以上的成树)而受到严重影响,但尚无研究来评价这种人类影响在多大程度上会阻碍其种群的更新与恢复。在研究地,樱桃花期发生于每年2月底至3月中旬,果实于同年4月中下旬开始成熟,至5月上旬进入盛果期。据初步统计,在研究地内分布有80余种鸟,其中常见的食果鸟有白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)、领雀嘴鹎(*Spizixos sinitorques*)、黑鹎(*Hypisipetes leucocephalus*)、白颊噪鹛(*Garrulax sinensis*)、红嘴蓝鹊(*Urocissa erythrorhyncha*)、暗绿绣眼鸟(*Zosterops japonicus*)和灰眶雀鹛(*Alcippe morrissonia*)等。

2 研究方法

2.1 樱桃种子扩散率估计 于2007年4月和5月,随机选取46棵樱桃样树用于估计其种子扩散率。在每棵样树树冠下各置放种子收集框1个,面积0.5 m²。收集框制作和安放参考肖治术等^[21]。安放种子收集框离地至少0.5 m,可去除鼠类捕食和搬运的影响^[21]。2007年4月6日开始调查,调查频次为每3 d一次,直到种子雨结束为止。调查收集框时,先小心将框内的枯枝落叶等杂物清理,然后将果实和种子等逐一分类,即分为果柄、未熟果实、完好果实、受损果实、无粪种子、鸟排种子(可见鸟粪附于种子上)、种子碎片,并分别计数。因2007年所选样树均遭到人为砍挖,2008年重新选取25

棵樱桃样树用于调查,方法同上。另外,对每棵样树的树高、胸径和树冠面积等特征进行了测量。

每个樱桃果实均有一果柄与果枝相连。未成熟果实通常不被动物取食,并与其果柄同时掉落,但成熟果实的果柄常略迟于果实的掉落。如果果实被鸟类取食,果柄通常会就地掉落或留在果枝上并随后掉落。因此,本文中果实产量仅指成熟果实数,包括完好果实、受损果实、无粪种子、鸟排种子和种子碎片等多种状态。根据果皮颜色和果肉的情况即可明确区分未成熟果实(果皮绿色或略带黄绿色,果肉薄)和成熟果实(果皮红色或橙红色,果肉厚而柔软),且种子的成熟略早于果肉的成熟。根据果实与果柄一一对应的关系,可大致估计每棵樱桃树的果实产量及其种子扩散率。树冠面积则以树冠垂直投影时的最大直径和与其垂直的直径为参数来进行估计,即 $Ca = d_1 \times d_2 \times \pi / 4$ (Ca :树冠面积; d_1 :最大直径; d_2 :垂直直径)。通常情况下未成熟果实不会遭受取食,为此可依据收集框中果柄数与未成熟果实数的差值来估计与收集框面积大小相对应的0.5 m²树冠面积的果实产量,即 $Cr = A - B$ (Cr :0.5 m²收集框内果实产量; A :果柄数; B :未熟果实数)。于是,整棵样树的果实产量则可根据收集框面积与树冠面积相对比值来估计,即 $G = Cr \times Ca / 0.5$ (G :果实产量; Cr :0.5 m²的果实产量; Ca :树冠面积)。

根据收集框内种子雨的组成成分来估计0.5 m²树冠面积的种子扩散量,即 $Di = (A - B - C - D - E - F) / Cr$ (Di :0.5 m²的扩散量; A :果柄数; B :未熟果实数; C :完好果实数; D :受损果实数; E :无粪种子数; F :种子碎片数)。这样,每株样树的种子扩散率可用如下公式来估计: $Ei = Di / Cr$ (Ei :0.5 m²的扩散率; Di :0.5 m²的扩散量; Cr :0.5 m²果实产量)。但由于统计时出现误差(2007年和2008年分别有16棵和4棵样树出现负值),本文则将其扩散率校正为零。

2.2 食果鸟类数量及其取食方式调查 于2007年和2008年4~5月,分别选择10余棵樱

桃树用于观察鸟类对樱桃果实种子的取食,进行全天候观察。调查时间为 6:30~18:30 时。记录访问的鸟种、数量和取食方式等。食果鸟的访问频次即以每 10 h 的访问次数 (visits/10 h) 来表示。2007 年和 2008 年分别累积观察 168 h 和 121 h。同时结合每月的样线调查,即选择固定样线 5~7 km,以 1~2 km/h 的行进速度统计鸟种及其数量。调查时间为 8:00~11:30 时,每月 3 次。2007 年和 2008 年 4~5 月分别累积调查 9 h 和 9.3 h。鸟类的丰富度即用单位时间内鸟类的数量 (N_{α}/h) 来表示。

2.3 统计与分析 采用 SPSS for windows (Version 13.0) 对有关数据进行统计分析。非参数 Mann-Whitney test 用于分析 2007 与 2008 两年间各种种子雨成分 (果柄、未熟果实、完好果实、受损果实、无粪种子、种子碎片、鸟排种子) 等的差异。另外,独立样本 t 检验用于分析两年间种子雨各成分所占比例以及种子扩散率等有无显著差异。

3 结果

3.1 樱桃种子雨动态及种子扩散率估计

2007 和 2008 年樱桃种子雨的动态比较相似 (图 1)。未熟果实的掉落从 4 月初持续到 4 月

中下旬,成熟果实的掉落从 4 月中旬开始,4 月下旬到 5 月上旬达到高峰,随后逐渐减少,到 5 月中旬结束。受损果实和无粪种子至 4 月下旬到 5 月上旬达到高峰。种子碎片至 4 月中旬达到高峰。鸟粪种子数量较少,至 4 月下旬到 5 月上旬达到高峰。起初,未熟果实连同果柄同时掉落;但果实成熟后,果实和果柄多分离,果实略早于果柄掉落,从 4 月中旬持续到 5 月中下旬。

2007 年,收集框中未熟果实、完好果实、无粪种子、种子碎片和鸟排种子的平均数量均显著高于 2008 年,但受损果实量低于 2008 年 (表 1)。两年间,未熟果实 ($t = -0.144, df = 69, P = 0.886$)、无粪种子 ($t = -0.810, df = 69, P = 0.421$) 和种子碎片 ($t = 0.067, df = 69, P = 0.947$) 等在种子雨中所占比例均无显著差异,但完好果实 ($t = 3.180, df = 69, P = 0.002$)、受损果实 ($t = -12.403, df = 69, P < 0.001$) 和鸟排种子 ($t = 6.194, df = 65.989, P < 0.001$) 等的比例则存在显著差异 (表 1)。然而,2007 年樱桃种子的扩散率仅为 $4.0\% \pm 1.0\%$ ($n = 46$),明显低于 2008 年 ($27.7\% \pm 5.7\%$, $n = 25$) ($t = -4.106, df = 65, P < 0.001$)。

表 1 2007 和 2008 年樱桃种子雨成分比较 (Mean \pm SE, 个 / m^2)

Table 1 Components in seed rain of *Prunus pseudocerasus* in 2007 and 2008 (N_{α}/m^2)

果实组成 Fruit composition	2007	2008	Mann-Whitney test (Z/P)
未熟果实 Unripe fruit	492.9 \pm 67.5	139.0 \pm 17.7	-4.220 / <0.001
完好果实 Undamaged fruit	513.4 \pm 62.6	119.3 \pm 30.1	-5.309 / <0.001
受损果实 Partly-damaged fruit	24.7 \pm 5.9	51.2 \pm 8.4	-4.032 / <0.001
无粪种子 Non-ingested Seed	79.0 \pm 10.2	25.8 \pm 3.1	-4.896 / <0.001
种子碎片 Seed fragment	39.3 \pm 9.7	13.1 \pm 4.9	-3.260 / 0.001
鸟排种子 Ingested seed	7.8 \pm 2.4	0.4 \pm 0.3	-5.432 / <0.001
果柄 Fruit stalk	1082.9 \pm 107.0	432.6 \pm 56.6	-4.177 / <0.001

3.2 食果鸟的种类与功能群组成 两年间,共发现 16 种鸟取食樱桃果实或种子 (表 2)。从食果鸟的数量来看,白头鹎、领雀嘴鹎、白颊噪鹛、黑鹂、红嘴蓝鹛、灰眶雀鹛、暗绿绣眼鸟为常见种,其余为偶见种。从年间变化来看,白头鹎、领雀嘴鹎、白颊噪鹛等留鸟的数量相对稳

定,黑鹂、普通朱雀 (*Carpodacus erythrinus*) 等候鸟的数量变化较大。从取食樱桃果实或种子的情况来看,所观察到的 16 种食果鸟大致可分为 3 个功能群:白头鹎、领雀嘴鹎、黑鹂、白颊噪鹛、红嘴蓝鹛等 10 种鸟吞食樱桃后能排出完好种子,是重要的种子扩散者,在所有食果鸟中所

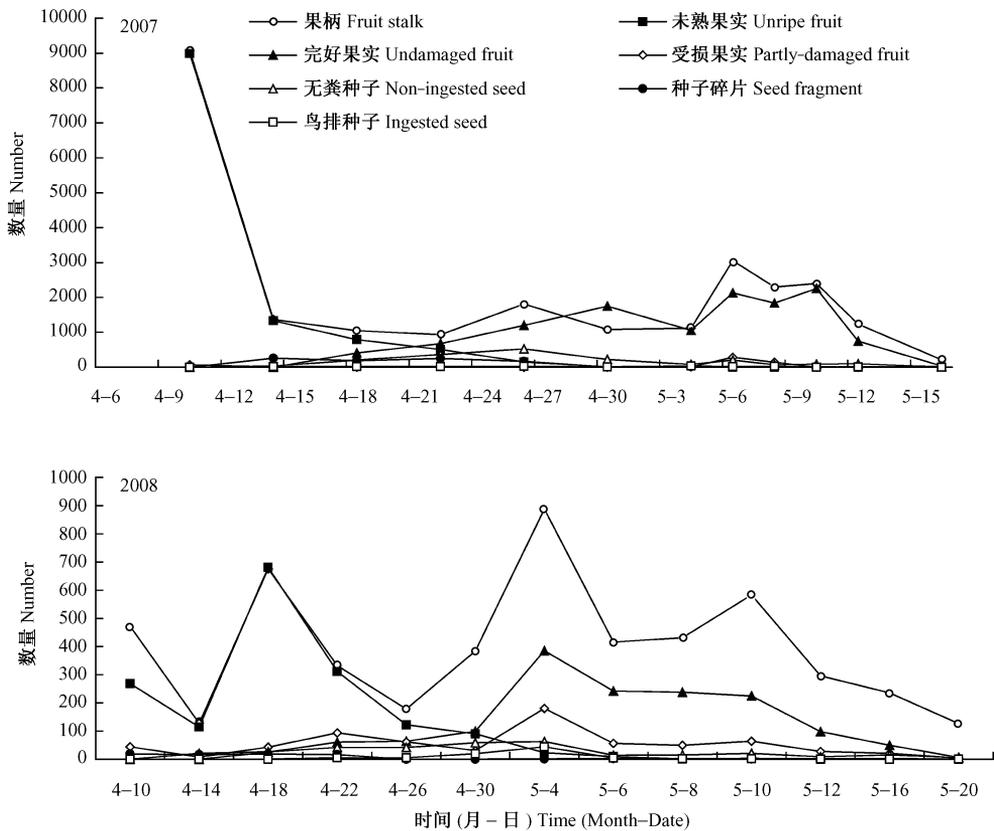


图 1 2007年和 2008年樱桃种子雨动态

Fig 1 Dynamics of seed rain of *Prunus pseudocerasus* in 2007 and 2008

占比例分别为 79.7% (2007)和 40.0% (2008); 灰眶雀鹛和暗绿绣眼等 4种鸟啄食果肉而将种子丢弃在母树下,对种子扩散的作用较小,为啄食果肉者;普通朱雀和灰头鸦雀 (*Paradoxornis gularis*)等 2种鸟取食种子,对种子的扩散几乎不起作用,为纯粹的种子捕食者。2007年吞食果实的鸟类(即种子扩散者)的访问频次和所占比例均高于 2008年(表 2)。

4 讨论

4.1 食果鸟的功能群组成 结果表明都江堰林区取食樱桃果实(种子)的鸟类以种子扩散者和果肉啄食者两个功能群为主(>85%),而种子捕食者的数量和比例均较低(表 2)。果肉啄食者中仅发现灰眶雀鹛偶尔会将果实衔于喙中飞离母树,所以该类群的种子扩散作用较小。

在种子扩散者中,3种鹛科鸟类在 2007年和 2008年的访问所占比例分别为 55.3%和 35.3%,显然是都江堰地区樱桃种子的主要扩散者。尽管两年间种子扩散者数量差异不大,但食果鸟各功能群的组成比例存在较大变化:2007年食果鸟以种子扩散者为主,达 79.7%,而 2008年果肉啄食者和种子扩散者均有较大比例,分别为 53.8%和 40.0%。通过比较两年间 3种鹛科鸟类的组成可发现:2007年以白头鹛和领雀嘴鹛为主,2008年则以黑鹛为主。这可能与 2007年所选作为观察的样树多位于开阔地带,而 2008年则多位于沟谷边缘有关。观察表明,以单个或成对活动的白头鹛和领雀嘴鹛多活动于开阔处,黑鹛和暗绿绣眼鸟等集小群的食果鸟则多活动于沟谷等隐蔽生境。因此,生境的差异会对食果鸟各类群的组成比例

表 2 2007年与 2008年 4月和 5月食果鸟的种类及其丰富度

Table 2 Frugivorous birds and their abundance during April and May in 2007 and 2008

鸟种类 Bird species	居留型* Residency status	2007		2008	
		丰富度# Abundance (No./h) (%)	访问频次& Visiting frequency (visits/10 h) (%)	丰富度# Abundance (No./h) (%)	访问频次& Visiting frequency (visits/10 h) (%)
种子扩散者 Seed disperser		15 (72.2)	14 (79.7)	18.5 (69.9)	9.8 (40)
白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	R	8 (38.5)	7.3 (41.4)	4.4 (16.7)	2 (8.7)
领雀嘴鹎 <i>Spizixos sinitorques</i>	R	1.4 (7)	2.4 (13.9)	3.2 (12.2)	0.3 (1.5)
黑鹎 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>	S	—	—	0.9 (3.3)	5.7 (25.1)
白颊噪鹛 <i>Garrulus sennio</i>	R	4.1 (19.8)	2.7 (15.3)	3.1 (11.8)	1.4 (6.2)
橙翅噪鹛 <i>G. ellioti</i>	R	0.4 (2.1)	0.2 (1.4)	0.9 (3.3)	—
锈脸钩嘴鹎 <i>Panatomhinus erythrogenys</i>	R	0.3 (1.6)	1 (5.4)	0.2 (0.8)	0.2 (0.7)
棕颈钩嘴鹎 <i>P. nuficollis</i>	R	—	0.1 (0.3)	1.3 (4.9)	—
松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	R	0.4 (2.1)	0.2 (1.4)	1.4 (5.3)	—
红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythorhyncha</i>	R	0.2 (1.1)	0.1 (0.7)	2.7 (10.2)	0.2 (0.7)
噪鹛 <i>Eudynamis scolopacea</i>	S	—	—	0.4 (1.6)	0.1 (0.4)
果肉啄食者 Pup consumer		3.7 (17.6)	2.3 (13.2)	7.8 (29.3)	12.2 (53.8)
暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonicus</i>	S	2.1 (10.2)	1.4 (7.8)	0.8 (2.8)	6.7 (29.5)
红胁绣眼鸟 <i>Z. erythropleurus</i>	S	—	—	1.6 (6.1)	2.6 (11.3)
灰眶雀鹛 <i>Alcippe morrisonia</i>	R	1.2 (5.9)	0.7 (3.7)	5.4 (20.3)	3 (13.1)
红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	W	0.3 (1.6)	0.3 (1.7)	—	—
种子捕食者 Seed consumer		2.1 (10.2)	1.3 (7.1)	0.2 (0.8)	0.7 (2.9)
普通朱雀 <i>Cardinalis erythrinus</i>	W	1.8 (8.6)	1 (5.4)	—	—
灰头鸦雀 <i>Paradoxornis gularis</i>	R	0.3 (1.6)	0.3 (1.7)	0.2 (0.8)	0.7 (2.9)

* R: 留鸟; W: 冬候鸟; S: 夏候鸟。# 丰富度, 单位小时内统计到的该鸟种数量, 以及在食果鸟总数量中所占的比例 (括号内)。& 访问频次, 10小时内该鸟种的访问频次, 以及在食果鸟总访问频次中所占的比例 (括号内)。

* R: year-round resident; W: winter migrant; S: summer migrant # Abundance, number of birds censused per hour for a given bird, and percentage of a given bird over all birds censused (in parentheses). & Visiting frequency, number of feeding records per 10 h for a given bird, and percentage of feeding records for a given bird over all bird records (in parentheses).

造成较大影响^[18,22]。在 2008 年, 黑鹎迁来该地区的时间略早于 2007 年, 从而可能对食果鸟各类群的组成比例产生了一定影响。另外, 2005 年和 2006 年曾分别观察到鹎亚科的紫啸鹎 (*Myophonus caeruleus*) 和虎斑地鸫 (*Zoothera dauma*) 取食樱桃果实。尽管鹎类的单次取食量很大 (如虎斑地鸫单次可取食 30 余颗果实), 但由于虎斑地鸫和紫啸鹎数量稀少, 因此鹎类对该地区樱桃种子的扩散作用有待于进一步调查。

4.2 食果鸟类对樱桃种子扩散的影响 尽管 2007 年种子扩散者的访问频次和比例均高于 2008 年, 但 2007 年樱桃种子的扩散率却明显低于 2008 年。在研究地, 樱桃是春季 (4 ~ 5

月) 几乎惟一成熟的核果植物, 因此其果实是该季节食果鸟的重要食物来源。通常, 种子扩散量由不同种子扩散者的访问频次及其取食量来决定, 而种子扩散率则受种子扩散量和果实产量共同影响。经估算, 2007 年和 2008 年单株樱桃母树的平均果实产量在年间无差异 ($t = -0.058$, $df = 65$, $P = 0.954$), 分别为 $(11\ 777 \pm 1\ 505)$ 颗 ($n = 46$) 和 $(11\ 948 \pm 2\ 907)$ 颗 ($n = 25$)。因此, 樱桃的种子扩散率可能主要由种子扩散量来决定。但本研究所得结果难于解释为何 2007 年樱桃种子的扩散率低于 2008 年。然而, 人为干扰导致了两年间所选样树及其分布情况无法一致。2007 年年底至 2008 年年初, 当地百姓采挖了多数胸径在 8 cm 以上的樱

桃成树(包括2007年所选的样树),而2008年结果的樱桃树仅限于零星分布或局部集中于少数偏远的沟谷地带。因此,人类活动干扰及其所造成样树种群的剧烈变化可能是造成两年间种子扩散率存在较大差异的一个重要因素。此外,果实大小^[25-26]、果实产量^[17,27]、结果树的特征^[26]、邻近树的密度^[28]以及周围的生境特征^[18,22]等诸多因素均可影响食果鸟的访问频次和觅食行为,有待进一步详细研究。

根据樱桃果实与果柄一一对应的关系,本研究通过统计种子收集框内的各种子雨成分来估计种子扩散率存在一定合理性。然而,在种子扩散量的估计上还是存在一定误差,如部分样树的种子扩散率出现负值,需要进一步校正。为了尽可能减少这种统计误差,在进一步的工作中可依照树冠面积的大小适当增加每棵样树的种子收集框数量,从而使估计值更接近于真实的扩散率。

本研究主要明确了取食樱桃果实种子的鸟类组成及其对樱桃种子的潜在扩散作用。研究表明,3种鹎科鸟类是都江堰林区樱桃重要的种子扩散者,因而对樱桃种群的空间格局和自然更新可能有重要影响。至于被食果鸟扩散的种子及散落在母树下的果实和种子可能被其他动物捕食或搬运^[19,30]。此外,种子经过食果鸟的消化道后是否会促进其萌发以及萌发后幼苗的生长和存活情况如何^[29]等均需进一步研究。鉴于目前研究地的生境破碎化和人为干扰等问题日益突出,通过研究樱桃等植物的种群更新与恢复机制将有助于评价由此产生的影响。

参 考 文 献

- [1] Howe H F, Smallwood J. Ecology of seed dispersal Annual Review of Ecology and Systematics, 1982, 13: 201 - 228.
- [2] Janzen D H. Seed predation by animals Annual Review of Ecology and Systematics, 1971, 2: 465 - 492.
- [3] Wenny D G. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. Ecological Monographs, 2000, 70(2): 331 - 351.
- [4] Livingston R B. Influence of birds, stones and soil on the establishment of pasture juniper Ecology, 1972, 53: 1141 - 1147.
- [5] Smith A J. Invasion and ecesis of bird-disseminated woody plants in a temperate forest sere Ecology, 1975, 56: 19 - 34.
- [6] Westcott D A, Graham D L. Patterns of movement and seed dispersal of a tropical frugivore. Oecologia, 2000, 122: 249 - 257.
- [7] Hamilton M B. Tropical tree gene flow and seed dispersal Nature, 1999, 401: 129 - 130.
- [8] Levin DA, Kerster H W. Gene flow in seed plants Evolutionary Biology, 1974, 7: 139 - 220.
- [9] Jordano P, Schupp E W. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Pnunus mahaleb* Ecological Monographs, 2000, 70: 591 - 615.
- [10] 黄双全,王孝民. 食果鸟白头鹎与接骨草的分布. 植物学报, 2000, 42(10): 1096 - 1070.
- [11] 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, 2000, 23(3): 214 - 219.
- [12] 李新华,尹晓明. 南京中山植物园春夏季节鸟类对植物种子的传播作用. 生态学报, 2004, 24(7): 1452 - 1458.
- [13] 鲁长虎,常家传,许青. 黄檗的更新特点及食果实鸟类对其种子的传播. 生态学杂志, 2004, 23(1): 24 - 29.
- [14] 朱琼琼,鲁长虎. 食果鸟类在红豆杉天然种群形成中的作用. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1238 - 1243.
- [15] 俞德浚,陆玲娣,谷碎芝,等. 中国植物志:第三十八卷:被子植物门:双子叶植物纲:蔷薇科(三). 北京:科学出版社, 1986.
- [16] Herrera C M, Jordano P. *Pnunus mahaleb* and birds: the high-efficiency seed dispersal system of a temperate fruiting tree Ecology, 1981, 51(2): 203 - 218.
- [17] Jordano P. Frugivore-mediated selection on fruit and seed size: birds and St Lucie 's cherry, *Pnunus mahaleb* Ecology, 1995, 76(8): 2627 - 2639.
- [18] Fuentes M, Guitián J, Guitián P, et al. Small-scale spatial variation in the interactions between *Pnunus mahaleb* and fruit-eating birds Plant Ecology, 2001, 157: 69 - 75.
- [19] 曹林,肖治术,张知彬,等. 亚热带林区啮齿动物对樱桃种子捕食和搬运的作用格局. 动物学杂志, 2006, 41(4): 27 - 32.
- [20] 陈昌笃. 都江堰地区——横断山北段生物多样性交汇、分化和存留的枢纽地段. 生态学报, 2000, 20(1): 28 - 34.
- [21] 肖治术,王玉山,张知彬. 都江堰地区三种壳斗科植物的种子库及其影响因素研究. 生物多样性, 2001, 9(4): 373 - 381.
- [22] Herrera C M, Jordano P. Recruitment of a mast-fruiting,

- bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment *Ecological Monographs*, 1994, 64 (3): 315 - 344.
- [23] 彭红元,文清华,黄捷,等. 3种鹎科鸟类春季食性的分析和比较. *四川动物*, 2008, 27 (1): 99 - 101.
- [24] Skeate S T. Interactions between birds and fruits in a northern Florida hammock community. *Ecology*, 1987, 68 (2): 297 - 309.
- [25] Wheelwright N T. Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology*, 1985, 66: 808 - 818.
- [26] Willson M F, Melampy M N. The effect of bicolored fruit displays on fruit removal by avian frugivores. *Oikos*, 1983, 41: 27 - 31.
- [27] Howe H F, van de Kerckhove G A. Removal of wild nutmeg (*Vitola surinamensis*) crops by birds. *Ecology*, 1981, 62: 1093 - 1106.
- [28] Sargent S. Neighborhood effects on fruit removal by birds: a field experiment with *Viburnum dentatum* (Caprifoliaceae). *Ecology*, 1990, 71: 1289 - 1298.
- [29] Traveset A, Riera N, Mas R E. Passage through bird guts causes interspecific differences in seed germination characteristics. *Functional Ecology*, 2001, 15: 669 - 675.
- [30] VanderWall S B, Kuhn K M, Gworek J R. Two-phase seed dispersal: linking the effects of frugivorous birds and seed-caching rodents. *Oecologia*, 2005, 145: 282 - 287.