

杭州石荠苎的传粉、小坚果散布和邻群大小

周世良¹, 陈新²

(1. 中国科学院植物研究所系统与进化植物学重点研究实验室, 北京 100093; 2. 浙江省缙云县林业局, 浙江缙云 321400)

摘要: 作者在杭州葛岭对杭州石荠苎自然居群的传粉和小坚果散布进行了详细的观察和实验。结果显示, 以 260 个传粉昆虫的飞行距离推算的花粉绝对散布方差为 0.082 m^2 , 798 个小坚果的亲子散布方差为 0.1587 m^2 。在上述散布特点和异交率为 0.925 条件下的邻群面积为 2.233 m^2 , 在有效密度为 47.7 株/m^2 的有效密度下的邻群大小为 106.5 株。杭州石荠苎以异交为主, 非常有限的基因散布导致邻群面积很小, 居群容易发生遗传分化。

关键词: 杭州石荠苎; 传粉; 散布; 交配系统; 邻群

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)04-0337-03

Pollination, nutlet dispersal and neighborhood size in Hangzhou population of *Mosla hangzhouensis* Matsuda (Labiatae)

ZHOU Shi-liang¹, CHEN Xin²

(1. Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. Forestry Bureau of Jinyun County, Jinyun 321400, China)

Abstract: The pollinator foraging behaviour of *Mosla hangzhouensis* at Geling, Hangzhou City, Zhejiang Province, was observed and the pollen dispersal was deduced by scoring the pollinator flight distances. The absolute variance of pollen dispersal was 0.082 m^2 based on 260 pollinator flight distances. The axial variance of parent-offspring dispersal in experimental garden was 0.1587 m^2 based on 798 nutlet dispersal distances. The neighborhood area was determined to be 2.233 m^2 and the neighborhood size on a patch with the effective density of 47.7 plants/m^2 was 106.5 plants. The neighborhood area was very small due to the limited gene dispersal.

Key words: *Mosla hangzhouensis*; pollination; neighborhood area; neighbourhood size

邻群面积 (neighbourhood area) 和有效大小 (neighbourhood size) 与居群的分化相关。Wright^[1] 认为, 空间上连续片状分布的居群如果邻群大小不足 20, 居群会发生严重分化; 邻群大小达到 200 也会有一定程度的分化。当邻群大小达到 1 000 时, 居群可被看作完全随机交配。然而, 如果居群成带状分布,

即使达到 10 000, 也会发生分化。

杭州石荠苎 (*Mosla hangzhouensis* Mastuda) 是仅分布于我国华东地区少数地方的濒危植物。由于远距离的地理隔离, 居群之间已发生形态分化 (周世良: 博士学位论文)。已知的七个分布地点中, 杭州葛岭居群具有开放授粉的特性, 以异花授粉为主^[2]。

收稿日期: 2001-05-08

作者简介: 周世良 (1961-), 男, 浙江江山市人, 理学博士, 副研究员, 主要从事居群生物学研究。

基金项目: 国家自然科学基金 (39670057, 39391500); 中科院生物分类与区系特别支持项目资助课题。

从保护生物学的角度出发,无论是就地(*in situ*)保护还是迁地(*ex situ*)保护,除取样策略以外,最基本的问题在于受保护的原位亚居群(subpopulation)或人工居群应有多大的面积,居群大小达到多少才能保证不会因为遗传漂变而造成遗传损失。要回答这些问题,首先必须准确测定邻群参数以及与此相关的其他参数(如异交率 t)等。本文报道杭州石芥芋杭州居群的邻群面积和大小的定量估计。

1 材料和方法

1.1 传粉昆虫的传粉行为与花粉的散布距离和方差的测定

观测地点设在浙江省杭州市葛岭。该居群是杭州石芥芋(*Mosla hangzhouensis* Matsuda)的模式产地,有关该居群的情况在以前的文章中已有介绍^(2,3)。传粉昆虫的传粉行为观察在1994~1996年进行,主要观察内容有:(1)昆虫连续2次采访花朵之间的位置关系,如是否在同一花序或同一植株;(2)后续采访花朵在前一采访花朵的方位(即飞行方向);(3)昆虫连续两次采访花朵之间的距离。花粉散布距离根据传粉昆虫的飞行距离来估计,计算时不包括同株转移的情况,只使用连续2次采访不在同一株的2朵花的直线距离数据。

1.2 小坚果散布的方差和居群异交率的测定

小坚果散布距离采用实验的方法,有关内容参见周世良等⁽⁴⁾。异交率的测定采用酶基因位点为分子标记,具体方法将另文发表。

1.3 数据处理

花粉散布距离与绝对方差和小坚果散布距离与方差根据一般数理统计教科书提供的方法用计算器计算。花粉散布轴性方差由绝对方差(δ_a^2)转换而来⁽⁵⁾,小坚果散布轴性方差在平均散布距离为0的条件下计算而来。总方差(δ^2)的计算同时考虑异交率的影响,即: $\delta^2 = t\delta_a^2/2 + \delta^2$

Wright⁽¹⁾的邻群面积与大小的计算方法见周世良和洪德元⁽⁶⁾。

2 结果与讨论

2.1 传粉昆虫的活动行为

杭州石芥芋杭州居群最常见的传粉昆虫有上海淡脉隧蜂(*Lasioglossum simplicior*)、一种叶舌蜂

(*Hylaeus* sp.)、蜜蜂(*Apis mellifera*)和*Rhopalomelissa zaeae*等。它们2次采访(包括同花序内的移动)花朵的平均距离不足50 cm(表1)。对其中3种传粉昆虫的详细观察发现,同花序转移和同株转移所占的比例相当(表2)。出现频率最高的两种昆虫的飞行表现出弱的偏向性(图1),说明花粉的散布可以近似认为是随机散布。260个昆虫飞行距离(不合同花序或同株转移)记录中,最大为1.94 m,最小为0.065 m,平均为0.34 m,绝对飞行距离方差为0.082 m²,估计的花粉散布方差为0.041 m²(表3)。花粉散布距离与植株的密度和昆虫的特性有关。蜂类两次访问的距离比蝶类小。然而,蜂类是杭州石芥芋最重要的传粉媒介⁽⁷⁾,其飞行距离比其他昆虫的飞行距离更接近花粉散布的实际情况。

表1 杭州石芥芋4种常见传粉昆虫的平均飞行距离(cm)和标准差

Table 1 Flight distances(cm) and standard errors of four frequently seen pollinators of *Mosla hangzhouensis*.

传粉昆虫名称 Pollinator	测量次数 Number of flights	平均值(标准差) Mean (s. e.)
<i>Rhopalomelissa zaeae</i>	20	40.5 (46.1)
<i>Lasioglossum simplicior</i>	30	22.4 (21.8)
<i>Apis mellifera</i>	28	21.9 (25.6)
<i>Hylaeus</i> sp.	30	30.8 (25.0)

表2 杭州石芥芋3种常见传粉昆虫连续2次采访在同一花序(A)、同一植株不同花序(B)和不同植株(C)的百分比

Table 2 The percentages of pollinator's movements to next visiting flower of (A) the same inflorescence, (B) another inflorescence of the same plant, and (C) another plant of *Mosla hangzhouensis*.

传粉昆虫 Pollinator	A	B	C
<i>Rhopalomelissa zaeae</i>	21.4	26.3	52.3
<i>Lasioglossum simplicior</i>	22.2	20.4	57.4
<i>Hylaeus</i> sp.	4.5	20.5	75.0

2.2 小坚果散布的方差和居群异交率

对798个小坚果的散布距离测定得到平均散布距离为0.36 m,亲~子轴性散布方差为0.1587 m²(表3)。在实验条件下得到的亲~子散布距离只能是实际情况的近似。多位点联合估计得到的异交率为 $t_m(se) = 0.925(0.120)$,是比较准确的异交率的估计值,与对居群的感性认识一致。在计算散布方差时考虑异交率可消除由于自交产生的误差。

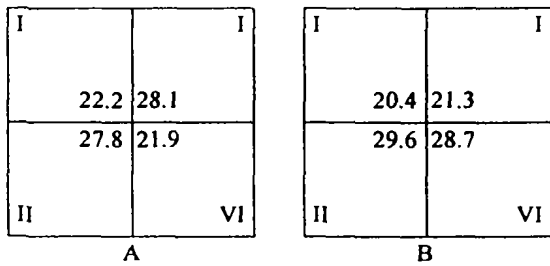


图 1 传粉昆虫飞行方向的偏向性
Fig. 1 Directionality of pollinators of *Mosla hangchouensis*

A; *Lasioglossum simplicior*; B; *Hylaeus* sp.

2.3 邻群面积和邻群大小

根据花粉散布方差和亲子轴性散布方差的到

表 3 传粉昆虫的平均飞行距离(X)及方差(δ_{ab}^2)、花粉轴性散布方差(δ_p^2)、小坚果平均亲子散布距离(X)及方差(δ_n^2)、轴性散布方差(δ^2)、有效密度(d)、邻群面积(A)和邻群大小(N)

Table 3 The pollinator flight distance, parent-offspring nutlet dispersal distance, neighborhood area (A) and neighborhood size (N) of *Mosla hangchouensis*. (n: number of observations; x: mean; δ_{ab}^2 : variance of pollinator flight distance; δ_p^2 : axial variance of pollen dispersal; δ_n^2 : average distance of nutlet dispersal; tm: outcrossing rate under multi-loci estimation; δ^2 : total axial variance; and d: effective density)

传粉昆虫的飞行距离 Pollinator flight				亲子散布距离 Parent-offspring dispersal			tm	δ^2 (m ²)	A(m ²)	d(株/m ²)	N(株)
n	x(m)	δ_{ab}^2 (m ²)	δ_p^2 (m ²)	n	x(m)	δ_n^2 (m ²)					
260	0.34	0.082	0.041	798	0.36	0.1587	0.925	0.1777	2.233	47.7	106.5

虽然根据传粉昆虫的飞行距离推算花粉的散布距离和在实验条件下测量种子(这里是小坚果)的散布距离是比较通行的做法,但在解释结果时仍必须小心。传粉不一定在昆虫 2 次相邻访问之间(即花粉的“carry-over”)。所以,用昆虫飞行距离估计花粉的散布距离常是过低估计。另外,在实验条件下(平地)得到的种子(果实)散布距离同样是低估自然条件下的情况。实际的邻群面积和大小可能大于计算值。转过来考虑,尽管邻群面积和大小的测定只是实际情况的近似,其对理解基因流动和居群的分化仍有重要作用。虽然国际上对邻群特性的研究比较重视,但在我国却相当缺乏,对自然居群的研究尤其罕见。

参考文献:

[1] Wright S. Isolation by distance under diverse systems of mating[J]. *Genetics*. 1946, 31: 39-50.
[2] 周世良, 潘开玉, 洪德元. 杭州石芥芋和石香薷(唇形科)的传粉生物学比较研究[J]. *植物学报*, 1996, 38(7): 530-540.
[3] 周世良, 张方, 王中仁, 等. 杭州石芥芋和石香薷

联合方差为 0.177 7 m², 可得出邻群面积为 2.233 m²。在一有效密度为 47.7 株/m² 片(patch)中, 邻群群大小有 106.5 株(表 3)。由于非常小的花粉散布方差和小坚果散布方差, 邻群面积因而也非常小, 仅为 2.233 m²。在葛岭居群中, 有的小片(patch)密度要小得多。作者 1994 年 9 月调查的另两片平均有效密度分别为 3.1 株/m² 和 4.9 株/m², 由此推算的邻群大小相应为 6.9 株和 10.9 株。这些数字与 Richards and Ibrahim^[8] 报道的报春花 (*Primula veris*) 和 Bos et al^[9] 报道的车前草 (*Plantago lanceolata*) 的邻群大小接近(分别为 7.4 和 17)。在这样的邻群大小的情况下, 居群的遗传分化是难以避免的。

的遗传多样性研究[J]. *遗传学报*, 1998, 25(2): 173-180.

[4] 周世良, 潘开玉, 洪德元. 杭州石芥芋(唇形科)小坚果的散布生物学研究[J]. *广西植物*, 19(2): 176-179.
[5] Crawford T J. The estimation of neighbourhood parameters for plant populations[J]. *Heredity*, 1984, 52(2): 273-283.
[6] 周世良, 洪德元. 传粉生物学的最新进展和发展趋势[C]. 见: 李承森. 《植物科学进展》第一卷[A]. 北京: 高等教育出版社, 1998. 48-57.
[7] 周世良, 潘开玉, 洪德元. 传粉对杭州石芥芋(唇形科)结实的影响[J]. *云南植物研究*, 1998, 20(4): 445-452.
[8] Richards A J, Ibrahim H. The estimation of neighborhood size in two populations of *Primula veris*[M]. In: Richards A J, ed. *The Pollination of Flower by Insects*. New York: Academic Press, 1978. 165-174.
[9] Bos M, Harmens H, Vrieling K. Gene flow in *Plantago I*. Gene flow and neighborhood size in *P. lanceolata* [J]. *Heredity*, 1986, 56: 43-54.