

杭州石芥芋(唇形科)小坚果的散布生物学研究*

周世良 潘开玉 洪德元

Q 949.77.6

(中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室, 北京 100093)

摘要 报道了杭州石芥芋 (*Mosla hangzhouensis* Matsuda) 的种子散布机制和特点, 结合其它方面的研究结果, 为迁地保护提供理论依据。杭州石芥芋小坚果的散布机制是被动弹力散布, 植株、花萼和小坚果三者联合参与, 风、雨、动物触动是能量来源, 初级散布距离在实验条件下, 在 30~35 cm 的区域小坚果最多, 此后, 随面积的增加而减少, 密度峰值出现在 10~15 cm 的区间, 杭州石芥芋的小坚果表面具旋涡状凹陷, 凹陷中有细密的突起, 这种结构有一定的拒水性, 下沉速率小, 适于以水为载体的次级散布, 也具有较强的保水抗旱能力, 能够确保杭州石芥芋在干旱的生境中世代延续。作者认为, 杭州石芥芋的分布特性和比较特殊的生物学和生态学特点限制了居群的扩展是其濒危的重要原因。

关键词 杭州石芥芋; 小坚果; 散布生物学

Nutlet dispersal of *Mosla hangzhouensis* Matsuda (Labiatae)

Zhou Shiliang Pan Kaiyu Hong Deyuan

(Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract *Mosla hangzhouensis* is an endangered species with a very small distributional area. To find out the possible cause of distributional limitedness, nutlet dispersal of *M. hangzhouensis* was observed in three populations: Geling of Hangzhou city, Mt. Wulongshan of Jiande county and Mt. Huadingshan of Tiantai county, Zhejiang Province. Experiment on dispersal distance was carried out at Hangzhou Botanical Gardens, Hangzhou city, Zhejiang. Passive ballistic dispersal is the primary phase of dispersion followed by hydrochory as secondary phase of dispersal. The nutlets are often triggered by wind, rain drops and passing animals. The dispersal distance of primary phase is very limited. The area of 10~15 cm away from the parent is the most densely dispersed, and very few nutlets can disperse farther than 75 cm. Secondary phase of dispersion by water is more important than the first phase for population expansion, for the nutlet morphology is adaptive to being carried by water current. The hydrochorious syndromes of nutlets are the sculptured surface and dense protrusions of epidermal cells. Adaptation to hydrochory was confirmed by experiment of subsidence rate of nutlets on still water surface. The deeper the sculpture and denser the protrusions,

1998-04-01 收稿

第一作者简介: 周世良, 男, 1961 年出生, 博士, 从事进化植物学研究工作。

* 国家自然科学基金 (39391500、39670057) 和中科院特别支持费资助项目。

the slower the nutlets subside into water. Both the dispersal limitations and the ecological properties restrict the expansion of this species.

Key words *Mosla hangzhouensis*; nutlet; dispersal

种子是植物生命周期中唯一可移动的阶段,是基因流动的具体体现。种子散布对植物的世代延续乃至进化都至关重要,典型例子之一是地理隔离导致遗传分化和物种形成。种子散布和花粉散布构成了散布生物学的主要内容。有关种子和花粉散布生物学的研究资料对计算邻式群域(neighbourhood area)和邻式群大小(neighbourhood size)是必不可少的^[2],而这两方面的数据又是迁地保护生物学的理论基础。本文旨在揭示浙江特有植物杭州石芥芋(*Mosla hangzhouensis* Matsuda)小坚果散布的机制和特点,以便结合其它方面的研究结果,为杭州石芥芋的迁地保护提供理论依据。

1 野外工作和研究方法

1.1 观察地点和实验基地

野外观察和实验工作在1993~1994年进行,野外调查包括3个居群:杭州葛岭、天台华顶山和建德乌龙山。小坚果散布模拟实验工作在杭州植物园进行。

1.2 初级散布距离

小坚果成熟时,在野外平坦的地面铺上绒布,绒布上画有半径差为5 cm同心圆。选取植株高度为约76 cm的植株8株,置于圆心位置。两周后收集落入各平面分割中的小坚果作统计分析,计算平均值和方差。

1.3 小坚果的漂浮能力

杭州石芥芋杭州居群与对照种小花芥芋(*M. cavaleriei* Levl.)和香薷(*Elsholtzia ciliata*)各一个居群进行对比试验。选饱满的小坚果100粒,投入静水中,每隔24 h记录漂浮在水面上的小坚果数目。

2 观察与结果

2.1 小坚果的散布机制

被动弹力散布是杭州石芥芋小坚果初级散布的基本类型。弹力散布中,植株、花萼和小坚果三者联合参与,风、雨和动物触动是能量来源。杭州石芥芋为一年生草本植物,茎中央的髓部松散、外部棱脊分明。小坚果成熟时植株接近干枯,有一定的弹性,当植株受风吹雨打或受动物挤压变形时,在复原的过程中,小坚果所获得的动能使其弹出宿存的花萼。

宿存的花萼对提高传播距离有一定的帮助。如果花萼口部松开,稍受振动时,小坚果便会散落出来,传播的距离受到影响。实际上,杭州石芥芋宿存的花萼裂片适度收缩,较小的振动只能使小坚果移至花萼口部,撑开花萼裂片。这时,花萼裂片握住小坚果,一旦再受到震动,小坚果弹出时花萼裂片复位给小坚果向外的推力,促使小坚果弹出更远。圆球形的小坚果到达地面后,还可借助动能滚动一定的距离。

2.2 初级散布距离

图1是在实验条件下得到的杭州石芥芋小坚果数量与距离的关系图,A是由植株中心开始半径差为5 cm的地面上散落的小坚果占全部小坚果数的百分率,小坚果的绝对数目随面积的增加而增加,在30~35 cm的区域种子最多,此后,随面积的增加而减少,B是单位面积上散落的小坚果占全部小坚果数的百分率,峰值出现在10~15 cm的区间。

2.3 小坚果表面微形态与漂浮能力

杭州石芥芋的小坚果表面具明显的雕纹,这种雕纹是由许多凹陷形成的。表皮细胞具显著的突起,突起细而密,围绕凹陷中心成螺旋状排列,使凹陷外观呈旋涡状。对照种小花芥芋小坚果的表皮细胞具突起,但表面不凹陷;香薷的小坚果表面既不凹陷,表皮细胞也无突起,遇水则产生胶质丝(有关小坚果的详细描述参阅 Zhou *et al.* ⁽⁵⁾; Ryging ⁽⁴⁾)。杭州石芥芋、小花芥芋和香薷的小坚果在静水面的漂浮能力有显著差异,从图 2 可以看出,对照种小花芥芋和香薷残留在水面上的小坚果在一天之内就急剧下降。小花芥芋 24 h 后只有 14% 的小坚果浮在水面;香薷则仅剩 4%。杭州石芥芋小坚果的飘浮能力要强得多,直至第 8 d 才有 80% 左右的小坚果沉入水底。

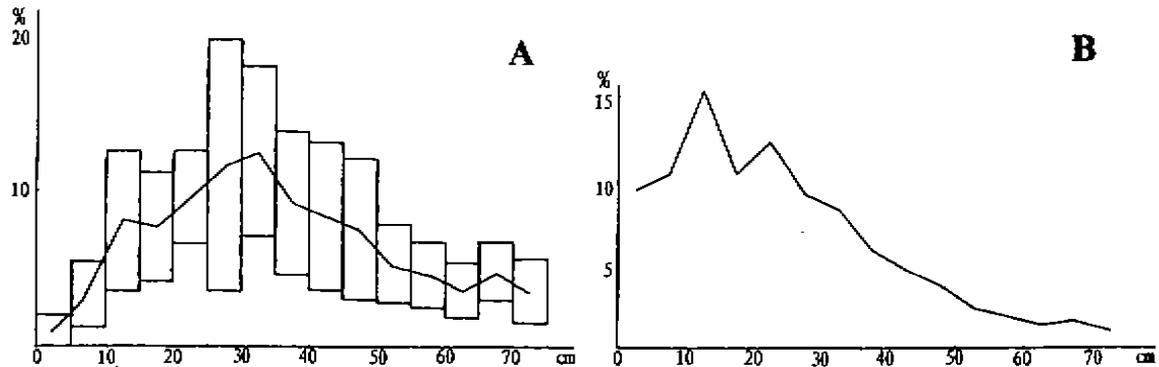


图 1 杭州石芥芋小坚果初级散布数量和密度与距离的关系
Fig. 1 Percentages of nutlets of *Mosla hangzhouensis* dispersed over the areas of a 5 cm radial difference series

A. 横轴表示离开植株中心的距离,纵轴表示在半径差为 5 cm 的平面上散落的小坚果的数量占全部小坚果数的百分数。

B. 横轴表示离开植株中心的距离,纵轴表示单位面积上小坚果的数量占全部小坚果数量的百分数。

A. Ratio of nutlets of each series over total nutlets; B. Ratio of nutlets on per unit of area over the total nutlets.

3 讨论与结论

物种的散布生物学特点影响居群的扩展和居群中个体的空间分布格局,而个体的分布格局对居群中发生的其它生物学行为有重要的影响,如居群密度影响交配系统,而交配系统又影响居群的遗传结构等。然而物种的散布生物学特点取决于物种对散布的适应。杭州石芥芋的小坚果结构就具有一定的适应意义。

3.1 小坚果表面微形态的散布适应意义

杭州石芥芋小坚果的表面结构至少具有两个适应意义,一是漂浮能力,二是保水抗旱能力,细密的突起和凹陷的表面有一定的拒水性,当受雨水冲击时,小坚果借表面的突起和凹陷中的空气增加浮力,减小沉降速率。对比实验表明,杭州石芥芋在静水中到第 8 d 才有 80% 左右的小坚果沉入水底。对照种小花芥芋的小坚果表面没有凹陷,表皮细胞的突起也不及杭州石芥芋致密,在一天之内就有 80% 以上的小坚果沉入水中。小坚果遇水会产生胶质丝的香薷则在一天之内几乎全部沉入水底(图 2)。杭州石芥芋的这种特性是对以水为载体的次级散布的适应。次级散布是指小坚果到达地面后发生的迁移事件,如动物携带和雨水搬运等。杭州石芥芋的小坚果没有发现动物搬运现象,相反野外调查发现一些居群中个体的分布与水的流向一致,呈条带状,这说明雨水在次级散布中的重要作用。

以水为载体的次级散布对远距离传播有重要意义,特别是向海岛扩散。

杭州石芥苧小坚果表面特点的另一生物学意义是保水抗旱能力。小坚果散布后面临的最大问题是活力,而影响活力的最重要因素是水分。杭州石芥苧小坚果表面结构特点有利于保持水分。所以杭州石芥苧能在干旱、阳光充足的岩石表面和周围定居成功。相反在水肥条件较好的阴湿环境,由于种间竞争,反而不能成功定居。所以杭州石芥苧不分布于阴湿的环境。

3.2 种子散布与居群扩展

对一个分布区非常局限的物种或分布范围很小的居群来说,分布的局限性可能是周围不存在合适的生境,或者虽有合适的生境,但由于散布机制的限制,种子不可能依靠其自身的散布能力到达新的合适的生境。Primack and Miao^[3]进行了人工辅助散布实验,结果表明后一种可能性是存在的。从图 1 小坚果的分布可以看出,杭州石芥苧的小坚果初级散布能力不强,密度最高区域实际上就是植株冠幅所能覆盖的区域,自然力的作用不能使小坚果弹出很远,离开植株 75 cm 以上距离的小坚果已经不多。依这样一种初级散布能力,杭州石芥苧很难占据几米以外的适宜生境。

由于初级散布能力的限制,杭州石芥苧居群的扩展主要依靠次级散布,即雨水的作用。以雨水为载体的次级散布能否拓展物种的分布区,还取决于物种的生态学特性。杭州石芥苧比较耐干旱瘠薄,喜光,所以常生长于阳坡的岩石表面或周围开阔的生境。当水流将小坚果携带至下游荫蔽、潮湿、水肥条件较好的环境时,由于光照强度达不到要求,加上种间激烈的竞争,杭州石芥苧反而不能成功地定居。从现有居群的岛屿状分布和比较强烈的居群分化来看^[1],杭州石芥苧的居群扩展受到一定的限制。然而在历史上,水很可能为杭州石芥苧扩大其分布区,特别是向海岛的扩展,起过重要作用。

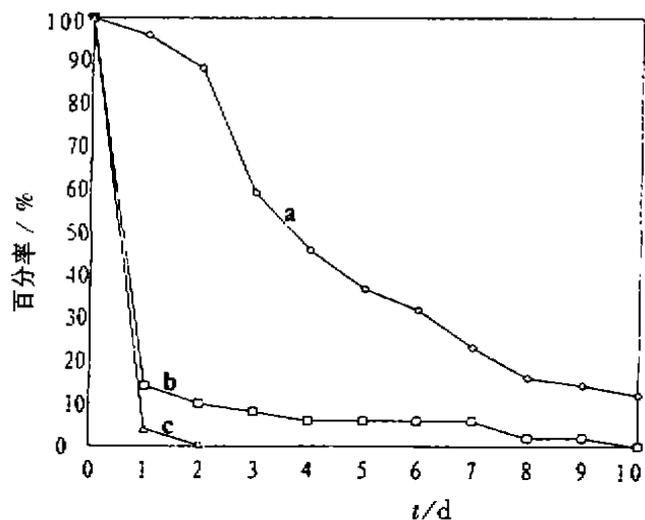


图 2 杭州石芥苧、小花芥苧和香薷的小坚果在静水面上的沉降速率

Fig.2 Subsidence rate of nutlets on still water surface

横轴表示时间(天数),纵轴表示残留在水面上的小坚果数量占全部供试小坚果的百分数

Abscissa indicates time past (days), ordinate shows the percentages of nutlets remaining on water surface. a. *Mosla hangzhouensis*,

b. *M. cavaleriei*, c. *Elsholtzia siliata*.

参考文献

- 1 周世良,张方,王中仁等.杭州石芥苧的遗传多样性研究.遗传学报,1998,25(2):173~180
- 2 Primack R B, Miao S L. Dispersal can limit local plant distribution. *Conservation Biology*, 1992, 6(4): 513~519
- 3 Crawford T J. The estimation of neighbourhood parameters for plant population. *Genetics*, 1984, 273~283
- 4 Ryding O. The distribution and evolution of myxocarpy in Lamiaceae. In R. M. Harley & T. Reynolds (eds.) *Advances of Labiate Science*, 1992, pp. 85~96, The Royal Botanic Gardens, Kew.
- 5 Zhou S L, Pan K Y, Hong D Y. Pollen and nutlet morphology in *Mosla* (Labiatae) and its systematic value. *Israel Journal of Plant Sciences*, 1997, 45(4): 343~350