

岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇更新能力及其限制因素

周志琼, 包维楷, 吴福忠, 吴 宁*

(中国科学院成都生物所, 成都 610041)

摘要:植物种子、种子库和幼苗库的研究是种群更新和植被恢复的重要内容。研究了岷江干旱河谷两种乡土灌木(黄蔷薇和川滇蔷薇)的种子、种子库和幼苗库特征。黄蔷薇和川滇蔷薇种子产量较高, 分别为 (627 ± 216) 果/丛, 但种子质量较差, 饱满率分别为 $(49.62 \pm 1.03)\%$ 和 $(73.83 \pm 3.42)\%$, 活力为 $(32.25 \pm 0.67)\%$ 和 $(55.38 \pm 2.5)\%$ 。黄蔷薇种子产量和活力低于川滇蔷薇, 但其种子重量和休眠程度却远高于川滇蔷薇。两种蔷薇土壤种子库的水平和垂直分布格局相似: 在水平分布上, 离植株基部越近, 种子密度越高; 在垂直分布上, 种子主要分布在地表层。黄蔷薇和川滇蔷薇种子库密度均较高, 分别为 (560 ± 90) 粒/ m^2 和 (1955 ± 235) 粒/ m^2 , 但活力种子数量较少, 分别为 (26 ± 4) 粒/ m^2 和 (152 ± 18) 粒/ m^2 , 处于休眠状态的种子, 黄蔷薇 (60.6%) 较川滇蔷薇 (18.4%) 高, 可萌发的种子, 两者分别为 (10 ± 1) 粒/ m^2 和 (124 ± 14) 粒/ m^2 。黄蔷薇 (65.3%) 的种子库中被啮齿动物取食的比例较川滇蔷薇 (0.5%) 高。两种蔷薇的幼苗密度差异不大, 黄蔷薇幼苗密度 (4.28 ± 0.49) 株/ m^2 略小于川滇蔷薇 (5.24 ± 1.28) 株/ m^2 。幼苗组成的总体趋势是高度级低的幼苗所占的比例相对较高, 且 I 级幼苗数显著高于其他级幼苗数。研究表明, 两种蔷薇种子存在休眠, 能形成持久种子库, 种子特征对种子库和幼苗库具有深刻影响。两种蔷薇更新状况不佳, 比较而言, 黄蔷薇更新较川滇蔷薇好。黄蔷薇更新的主要限制因素是动物对种子的破坏, 而川滇蔷薇更新的主要限制因素是幼苗存活定居。

关键词:干旱河谷; 黄蔷薇; 川滇蔷薇; 更新; 植被恢复

文章编号: 1000-0933(2009)04-1931-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Capability and limitation of regeneration of *Rosa hugonis* and *Rosa soulieana* in the dry valley of the upper Minjiang River

ZHOU Zhi-Qiong, BAO Wei-Kai, WU Fu-Zhong, WU Ning*

Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu Sichuan 610041, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1931 ~ 1939.

Abstract: It is always a problem faced by concerned scientists and ecosystem managers to improve to the vegetation and restore the degraded ecosystem in the dry valley of the upper Minjiang River in China. Investigation of seed bank and seedling establishment is the most important work to understand plant natural regeneration, prompt its use in conservation, restoration and management. In order to address the regeneration capacity and its limitation of two native rose species (*Rosa hugonis* and *Rosa soulieana*), the characteristics of seeds, seed banks and seedling banks were investigated along the dry valley of the upper Minjiang River. 60 soil samples with $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ respectively for *R. hugonis* and *R. soulieana* were collected to determine the seed densities. 20 samples with $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ under the crown were investigated for seedling densities. Seed dormancy was identified as germination percentage of 16-week stratified achenes in 5°C refrigerator. Both rose species produced large quantity of seeds with poor quality. Relatively low seed number ((627.6 ± 216.3) hips) and viability ($(32.25 \pm 0.67)\%$), but high seed weight ($(13.97 \pm 0.23) \text{ mg}$) and deep seed dormancy were observed in *R.*

基金项目:中国科学院西部行动计划资助项目(KZCX2-XB2-02); 国家“西部之光”计划与中国生态系统网络台站基金茂县生态站共同资助项目

收稿日期: 2007-11-09; 修订日期: 2008-06-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wuning@cib.ac.cn

hugonis compared with *R. soulieana*. Two rose species showed the similar distribution pattern of soil seed bank in both upright and horizontal positions. Seeds mainly distributed in the soil surface, and the higher seed density was often observed near the clump. Both *R. hugonis* and *R. soulieana* showed high total seed densities ((560 ± 90) and (1955 ± 235) seeds/ m^2 , respectively), but low viable seed densities ((26 ± 4) and (152 ± 18) seeds/ m^2 , respectively). Viable seeds of *R. hugonis* were distributed deeper in soil than those of *R. soulieana*. However, much more *R. hugonis* (65.3%) seeds were nibbled compared to *R. soulieana* (0.5%) seeds. Additionally, the seedling density of *R. hugonis* ((4.28 ± 0.49) individuals/ m^2) was slightly lower than that of *R. soulieana* ((5.24 ± 1.28) individuals/ m^2). Most seedlings were only between 1 and 5 cm high for both species. The results suggested that both rose seeds are dormant and have persistent soil seed banks. The distribution and composition of seed banks and seedling banks are closely related to seed characteristics. Poor regeneration capability is found in both rose plants, and *R. hugonis* behaves better than *R. soulieana*. The main limitation of regeneration might be the seed destroying by rodents for *R. hugonis* and the high seedling mortality for *R. soulieana*.

Key Words: vegetation restoration; regeneration; *R. hugonis*; *R. soulieana*; dry valley

种子时期是植物更新的重要阶段。在植物生活史中,由于被捕食和不良环境的影响,种子遭受死亡的可能性最高。种子是植物生活史中唯一能移动的阶段,其对于种群个体繁殖、种群扩展、种群遭破坏后的恢复和种群抵抗不良的环境有着重要的意义^[1]。由于种子特征(种子数量、饱满率、活力、种子大小、形态和休眠等)与多种环境因子共同作用,深刻影响着种子和种子库向幼苗库的转化^[2],从而与种子库和幼苗库密切相关^[3,4]。种子库连接着从种子到幼苗的转化,并在此过程中起到缓冲调节的作用,因而与种群和群落动态直接相关,是影响生态系统的抗干扰能力和被干扰后的恢复潜力的重要组成部分^[5~7]。而持久种子库由于具有更大的时间范围和由此产生的空间范围,对于退化生态系统的植被恢复具有更重要的意义^[6,7],其中多年生草本和灌木持久种子库的存在显得尤其重要^[6]。

自 20 世纪 90 年代以来,随着对生态系统恢复与重建的逐渐重视,种子库对于生态系统恢复的意义得到了广泛的研究,包括森林^[8]、草原^[6]、沙地^[9,10]、湿地^[11]以及干旱河谷^[12,13]等多种生态系统。但种子库的存在并不意味着幼苗能成功定居,对幼苗库,特别是幼苗库组成结构的调查可以验证种子库的有效性^[14],从而更好地认识种群和群落的更新状况。但迄今为止,将种子库与种子特征和幼苗库相结合探讨种群和群落更新的研究仍较匮乏,因而难以全面正确地认识植物更新对植被恢复与重建意义,也可能因此提出一些不恰当的植被管理措施。

干旱河谷是长江上游山地生态环境最脆弱,存在问题最多,也是在山区整治中最关键和最困难的一种特殊地域类型^[15,16]。20 世纪 70 年代以来,对干旱河谷的退化与重建进行了广泛的探讨与研究,但仍未形成成熟的治理途径及方法^[15~17]。研究表明,植被恢复与重建应从抗耐旱、耐土壤瘠薄和盐碱性强的灌木和草种中进行选择^[19],而干旱河谷的乡土灌木和草本适应当地的环境,是优先研究和选择的植被恢复物种。但迄今为止,有关干旱河谷的植物更新研究非常有限^[12]。因此,对乡土物种生长、繁殖与自然更新能力的认识不足已成为开展这项工作的一个制约因素。

黄蔷薇(*Rosa hugonis*)和川滇蔷薇(*Rosa soulieana*)是横断山区干旱河谷的乡土灌木,在部分地段成为优势种,具有比较明显的耐旱和耐贫瘠的生态适应特点。同时,两种蔷薇都具有较深的休眠^[19],极有可能形成持久种子库,为植被恢复提供种源。另外,两种蔷薇植株中含有能治疗心血管疾病的化学成分^[21];果实也含有多种对人体有益的营养成分^[22,23],具有较高的药用价值和经济价值,在植被恢复中能兼顾生态和经济效益。本研究选取黄蔷薇和川滇蔷薇为研究对象,研究了种子特征(包括种子数量、饱满率、活力、种子大小、形态和休眠等)、种子库和幼苗库特征及其相互关系,目的在于探讨两种蔷薇的自然更新和恢复潜力及其限制因素,为干旱河谷的植被恢复提供科学理论依据。具体回答 3 个问题:(1)两种蔷薇的种子特征、种子库和幼

苗库现状及其差异;(2)种子特征对种子库和幼苗库的影响;(3)两种蔷薇自然更新能力及限制因素。

1 研究地点概况和研究方法

1.1 研究地点概况

研究区域位于岷江干旱河谷山地(103°30′42″~103°43′43E, 31°22′11″~32°19′33″N),海拔 1370~2580 m。该区域年平均气温 10~11℃左右,降水量 490 mm 左右,且小于当年蒸发量,气候干燥^[24]。干旱河谷植被稀疏,呈现出旱生半荒漠景观。河谷不同地段的植被差异较大,主要为旱生灌丛和草丛,分布在河面以上 300~400 m 处,且分布不连续。盖度大多在 20%~30%,个别地段达 60%^[25]。在一些地段块状分布的耐旱灌丛群落被严重冲刷的裸地分隔开,植被退化严重。所有种类都是阳性的,大多数种类具有叶片角质层发达,多刺、多毛的特点^[26]。土壤类型以山地褐土和山地棕壤土为主^[25,26]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地选择

以两种蔷薇各自分布的优势地段作为样地。样地的基本情况见表 1。

表 1 岷江上游干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇取样点的环境因子

Table 1 Environmental factors of the sampling sites of *R. hugonis* and *R. soulieana* in the dry valley of the upper Minjing River

地名 Point	区域 Location	海拔(m) Altitude	经度 Longitude	纬度 Latitude	坡度(°) Slope gradient	坡向 Slope aspect
静洲山 Jingzhoushan	茂县 Maoxian	1847m	103°51′44.8″	31°42′13.6″	43	东偏南 east by south 69°
烧炭沟 Shaotangou	茂县 Maoxian	2189m	103°42′0.8″	32°00′40.6″	30	东偏南 east by south 25°

1.2.2 种子结实数量、千粒重、沉水率、饱满率和活力

2005 年 8 月在两样地分别选取 5 丛具有代表性的蔷薇,统计每丛蔷薇的果实数量。同时,为测定种子特征,采集大量蔷薇果(为避免蔷薇灌丛的个体差异,采集蔷薇灌丛大于 20 丛)。带回实验室后,随机选择蔷薇果 20 粒,统计每粒果实的种子(蔷薇瘦果)数量。将全部种子从蔷薇果中剥出,去除杂物后晒干。随机选取 600 粒(6 个重复,每个 100 粒)种子,称重,计算千粒重^[27]。随机选取 600 粒种子(6 个重复,每个 100 粒)进行水选,计算种子沉水率。切割下沉种子 120 粒(4 个重复,每个 30 粒),计算下沉种子饱满率。将饱满种子用 TTC 染色,测定饱满种子活力^[27]。

1.2.3 种子形态特征

随机选取 20 粒蔷薇瘦果,数显游标卡尺测定长度和宽度。在蔷薇瘦果中部进行横切,显微镜下测定瘦果果皮厚度,共测 20 粒种子。将瘦果分为 4 组,每组 20 粒种子,用单面刀片小心将瘦果果皮和种子分离,测定果皮和种子占瘦果的比例。随机选取 600 粒种子,平均分为 6 组,在 80℃烘箱烘干 48h 后测定其含水量。

1.2.4 种子休眠

将下沉种子与湿润的水苔混合,装入自封袋中,在 5℃冰箱中层积 16 周。将 150 粒种子(3 个重复,每个 50 粒)在 20℃有光(14h)和 10℃黑暗(10h)中发芽,发芽时间为 2 个月,计算相对发芽率。

1.2.5 种子库

种子库调查时间为 2006 年 5 月初,此时 2005 年的蔷薇种子几乎全部脱落,而 2006 年的种子还未形成。在两个取样点,分别随机选取 20 丛蔷薇。在每丛蔷薇下取 3 个 15cm×15cm 深 5 cm 的土样。对于黄蔷薇,3 个土样分别距离灌丛基部 0.5、1.0 m 和 1.5 m;川滇蔷薇由于其冠幅较大,其土样位置分别距离灌丛基部 1、2 m 和 3 m。土样分为枯枝落叶层和土壤层(深度 5cm),各自放入布袋中带回实验室。采用网筛分选和水淘洗相结合的方法筛选种子。种子分离后,分别记录啃食种子、开裂种子、完好种子数量和种子总数。随机选取 300 粒完好种子(每个培养皿 100 粒,3 个重复)在人工气候箱(20℃,12h 黑暗,12 h 光照)中发芽,发芽时间为 2 个月。对没有萌发的种子,用 TTC 法测定种子活力。

1.2.6 幼苗库测定

2006 年 6 月中旬对取过种子库土样的 20 丛蔷薇进行样方调查。在灌丛的一侧(下坡向)选取 2m × 2m 的样方,将幼苗分为 1 ~ 5 cm(Ⅰ)、6 ~ 10 cm(Ⅱ)、11 ~ 20 cm(Ⅲ)和 21 ~ 40 cm(Ⅳ)4 个高度级分别记数。同时测定该蔷薇灌丛的高和冠幅,样方内的灌木高度及灌木和草本盖度。

1.3 数据的统计分析

种子饱满率、种子活力和种子发芽率计算如下:

种子饱满率 = 种子沉水率 × 下沉种子饱满率;

种子活力 = 种子沉水率 × 下沉种子饱满率 × 饱满种子活力;

相对发芽率 = 发芽种子数 / (实验种子数 × 下沉种子饱满率 × 饱满种子活力)。

采用成对 *t* 检验分析两种蔷薇种子特征差异, AONVA 分析两种蔷薇种子库水平散布特征和幼苗库特征。采用的统计软件为 SPSS 和 EXCEL。

2 实验结果

2.1 种子特征

如表 2 所示,岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇的结实量、单果种子数、种子质量和发芽率存在显著差异($p < 0.05$)。除种子千粒重之外,川滇蔷薇的其他各项指标都大于黄蔷薇。总的来说,两种蔷薇灌丛的种子产量高,但种子质量较差。两种蔷薇种子存在一定的休眠,且黄蔷薇种子的休眠程度远高于川滇蔷薇。层积 16 周后,黄蔷薇和川滇蔷薇种子发芽率分别为 0 和 $(71.07 \pm 10.93)\%$ 。

表 2 岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇的结实量、种子质量与发芽率

Table 2 Hip number, quality and germination percentage of *R. hugonis* and *R. soulieana* in the dry valley of the upper Minjiang River. (Means ± S. E.)

样地 Plots	结实量(果/丛) Hip number (Hips/clump) <i>n</i> = 5	单果种子数 Seed number in a hip (No/hip) <i>n</i> = 20	种子千粒重 Thousand seed mass (g) <i>n</i> = 6	种子饱满率 Plump seed percentage(%) <i>n</i> = 3	种子活力 Seed viability (%) <i>n</i> = 4	发芽率 Germination percentage (%) <i>n</i> = 3
黄蔷薇 <i>R. hugonis</i>	627 ± 216	15.15 ± 1.49	13.97 ± 0.23	49.62 ± 1.03	32.25 ± 0.67	0
川滇蔷薇 <i>R. soulieana</i>	7832 ± 4347	27.95 ± 1.06	8.50 ± 0.10	73.83 ± 3.42	55.38 ± 2.5	71.07 ± 10.93

新采集的黄蔷薇种子呈红褐色,川滇蔷薇种子为浅黄色。黄蔷薇和川滇蔷薇种子的形态特征如表 3 所示,两种蔷薇瘦果的长度没有显著差异,但黄蔷薇瘦果宽度和果皮厚度都显著大于川滇蔷薇($p < 0.05$),黄蔷薇果皮占瘦果比例也显著大于川滇蔷薇($p < 0.05$),相反种子在瘦果比例则显著小于川滇蔷薇($p < 0.05$),含水量表现为黄蔷薇显著小于川滇蔷薇($p < 0.05$)。

表 3 岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇的种子形态特征

Table 3 Morphology of *R. hugonis* and *R. soulieana* seeds in the dry valley of the upper Minjiang River. (Means ± S. E.)

样地 Plots	瘦果果皮厚度 Pericarp thickness (mm)	瘦果长度 Achene length (mm)	瘦果宽度 Achene width (mm)	果皮占瘦果比例 Pericarp: achene ratio (%)	种子占瘦果比例 Seed: achene ratio (%)	种子含水量 Achene water content (%)
黄蔷薇 <i>R. hugonis</i>	0.59 ± 0.03	4.62 ± 0.11	2.84 ± 0.15	83.82 ± 7.45	16.18 ± 4.67	7.98 ± 0.01
川滇蔷薇 <i>R. soulieana</i>	0.43 ± 0.01	4.78 ± 0.10	2.41 ± 0.07	78.19 ± 6.67	21.81 ± 5.88	10.00 ± 1.35

2.2 种子库分布格局

两种蔷薇土壤种子库的水平和垂直分布格局基本一致(图 1):在水平分布上,离植株基部越近,其种子密度越高,灌丛中央种子库密度显著大于边缘($p < 0.01$);在垂直分布上,种子主要分布在地表层,川滇蔷薇和黄蔷薇地表层种子所占的比例分别为 78.4% 和 69.2%。

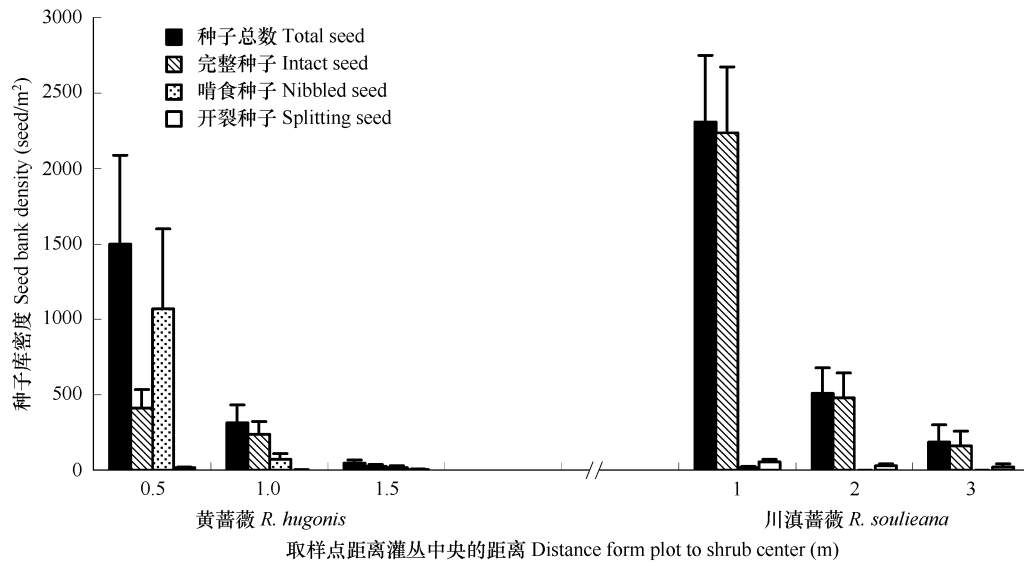


图1 岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇种子散布

Fig. 1 Dissemination of *R. hugonis* and *R. soulieana* seeds in the dry valley of the upper Minjiang River

2.3 种子库密度和特征

黄蔷薇和川滇蔷薇种子库中种子总密度的差异不大,前者((1669.0 ± 344.8)粒/m²)稍小于后者((2036 ± 9243.2)粒/m²)。但就种子库中有活力的种子(即种子库的大小),黄蔷薇((5.2 ± 1.2)粒/m²)远小于川滇蔷薇((62.4 ± 11.4)粒/m²),且前者主要分布在土壤层,而后者主要分布在地表层(表4)。

根据种子库中种子的形态特征,可以将其分为3类:完好种子、啃食种子和开裂种子。各类种子所占的比例在两种蔷薇间存在较大差异。黄蔷薇土壤种子中,有一部分种子(40.0%)外形看似完好,但却没有活力,大部分为空壳,或胚已经腐烂;另外,有很大一部分种子((65.3 ± 31.6)%)被动物啃食,特别是地表的种子,其被啃食量占其总量的(73.2 ± 39.6)%;有活力的种子(1.16%)和开裂种子(1.11%)所占的比例很小。川滇蔷薇种子中,完好但无活力的种子所占的比例为88.5%,远高于黄蔷薇;有活力的种子(7.5%)比黄蔷薇高,不同的是黄蔷薇活力种子大部分存在于土壤层,而川滇蔷薇存在于枯落物层;川滇蔷薇种子库中,被动物啃食的量很少(0.5%),但开裂的种子数量较多(3.5%)。

表4 岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇土壤种子库的分布与密度

Table 4 Distribution and size of soil seed bank of *R. hugonis* and *R. soulieana* in the dry valley of the upper Minjiang River

样地 Plots		完好种子 Intact seed number (ind./m ²)	啃食种子数 Nibbled seed number (ind./m ²)	开裂种子数 Splitting seed number (ind./m ²)	总的种子数 Total seed number (ind./m ²)	有效种子 Effective seed number (ind./m ²)	发芽种子 Germinable seed number (ind./m ²)
黄蔷薇 <i>R. hugonis</i>	地表层 Surface layer	345.6 ± 115.3	958.0 ± 518.5	4.9 ± 3.4	1308.6 ± 575.9	9.2 ± 3.1	4.6 ± 1.5
	土壤层 Soil layer	214.8 ± 64.6	132.1 ± 54.1	13.5 ± 7.0	360.4 ± 113.7	17.2 ± 5.2	5.7 ± 1.7
	小计 Subtotal	560.4 ± 90.0	1090.1 ± 286.3	18.4 ± 5.2	1669.0 ± 344.8	26.4 ± 4.2	10.4 ± 1.6
川滇蔷薇 <i>R. soulieana</i>	地表层 Surface layer	1377.1 ± 317.5	6.5 ± 6.5	25.8 ± 11.3	1409.1 ± 320.9	119.4 ± 27.5	105.6 ± 24.4
	土壤层 Soil layer	578.4 ± 157.3	4.3 ± 2.7	45.0 ± 16.8	627.8 ± 169.5	32.8 ± 8.9	19.3 ± 5.2
	小计 Subtotal	1955.5 ± 235.3	10.8 ± 4.6	70.8 ± 14.2	2036.0 ± 9243.2	152.2 ± 18.2	124.9 ± 14.8

2.4 幼苗库特征

两种蔷薇的幼苗密度差异不大,川滇蔷薇幼苗密度((5.24 ± 1.28)株/m²)略大于黄蔷薇((4.28 ± 0.49)株/m²)。幼苗组成的总体趋势是I级幼苗数量显著其他高度级的幼苗数量($p < 0.01$)。川滇蔷薇的幼苗绝

大部分(98%)都是 I 级幼苗,而黄蔷薇 II、III 和 IV 级的幼苗也占了一定的比例(图 2)。

3 讨论

3.1 种子特征及其对种子库和幼苗库的影响

成功的植物更新取决于 3 个方面:充足的种源,种子能萌发和幼苗的成活定居,其中任何一个环节受到限制都可能导致植物的更新不良。种子是形成种子库和幼苗库的基础,种子的各项特征与环境因子相互作用决定着种子向种子库和幼苗库转化,继而影响种子库向幼苗库的转化过程^[3,4,28]。在本项研究中,两种蔷薇产生的种子数量巨大,但种子活力较低(表 2),这就决定了其种子库的组成特征:种子总量大,但有效种子量小,进一步决定了幼苗库较小。川滇蔷薇丛的种子产量远高于黄蔷薇,这一方面是因为川滇蔷薇丛的冠幅和植株高度远大于黄蔷薇,由此增加了结实空间;另外川滇蔷薇的花序为伞房花序,而黄蔷薇花单生,结实密度较小。川滇蔷薇单果种子数量远大于黄蔷薇,其种子重量却小于川滇蔷薇,这充分佐证了种子重量与种子数量间存在的均衡关系^[3,29]。另外两种蔷薇种子都具有较深的休眠,

这种特征决定了他们能形成持久种子库。休眠程度的差异导致了其种子库垂直分布格局的不同,休眠程度较深的黄蔷薇,其有效种子主要存在于土壤层,而川滇蔷薇的有效种子则主要分布于地表层。黄蔷薇种子在 5℃层积 16 周后,种子活力没有发生改变,种子处于休眠状态,其发芽率为 0,这可能使黄蔷薇种子在自然环境中的寿命更长,这一方面增加了种子进入持久种子库的可能性,同时也增加了其被取食、微生物侵害以及丧失活力的风险。

3.2 种子库分布格局、组成及种子库动态

种子的散布是种子生态学的重要内容,也是影响种子库特征以及种群更新的关键因素^[30]。种子库的水平分布格局反映了种子散布的结果,有助于更好理解种群的更新。本项研究中,黄蔷薇和川滇蔷薇果都较重(重量分别为:(0.77 ± 0.03)克/果和(0.34 ± 0.02)克/果),其散布除了动物取食搬运外主要是在重力作用的垂直下落。本研究中,两种蔷薇种子库的水平分布格局反映出了蔷薇果的散布格局,都表现为离灌丛中央越近,种子密度越高。种子在土壤垂直分布与其他对于干旱区的研究结果一致^[31],种子都主要集中在地表层。但两种蔷薇活力种子在枯落物层和土壤层的分布却存在一定的差异,黄蔷薇活力种子主要分布在土壤层,而川滇蔷薇主要分布在枯落物层,这可能是由黄蔷薇种子休眠程度较深引起。

影响土壤种子库动态的因素有很多,包括种子产生、种子雨或种子散布、捕食、腐烂、休眠和萌发等^[32]。种子库的大小和组成是种子库输入和输出动态平衡的结果。种子自身特征(种子数量、质量和休眠特征)和环境因子(动物和微生物活动、植被条件和气候等)对种子库都有较大的影响^[32,33]。不同物种种子库输入和输出途径和数量均有所不同。本项研究中,两种蔷薇的种子产量大,但活力较低,这就决定了每年输入种子库的种子中有很大部分都是没有活力的。种子库的输出主要包括 3 个方面:动物取食、种子萌发和种子死亡。蔷薇果营养丰富,是鸟类和脊椎动物的食物来源之一,动物取食过程中对种子的散布起到了重要的作用,同时对种子的损坏也是巨大的^[33-35]。但在本项研究中,从蔷薇种子被啃食的痕迹来看,啃食留下蔷薇种子外壳参差不齐,多为啮齿动物所为,这与其他认为啮齿动物是取食种子的主要动物的研究结果一致^[33,34]。被取食后的蔷薇种子几乎全部丧失生活力,这也与其他的一些研究结果一致^[34]。黄蔷薇种子被动物啃食的量远大于川滇蔷薇,这可能与两种蔷薇果的散布特征有关。据观察,黄蔷薇果一般 7 月中旬成熟,到 8 月初种子全部

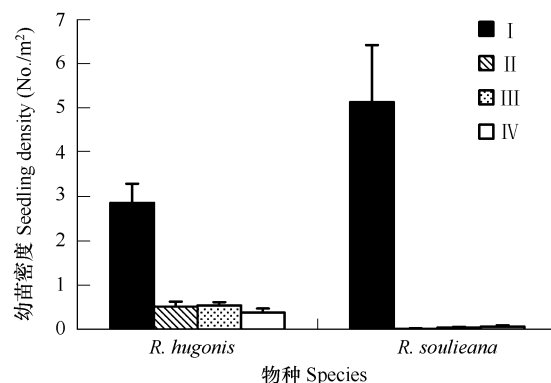


图2 岷江干旱河谷黄蔷薇和川滇蔷薇幼苗库特征

Fig. 2 Seedling bank characteristics of *R. hugonis* and *R. soulieana* in the dry valley of the upper Minjiang River

I 幼苗高度为 1~5 cm; II 幼苗高度为 6~10 cm; III 幼苗高度为 11~20 cm; IV 幼苗高度为 21~40 cm I seedling height 1~5 cm; II seedling height 6~10 cm; III seedling height 11~20 cm; IV seedling height 21~40 cm

脱落;川滇蔷薇果在9月中旬开始成熟,但成熟的果实并不立即脱落,种子雨主要发生在11月到翌年2月份。比较两种蔷薇的种子散布特征发现,黄蔷薇种子雨强度大,持续时间短,且种子雨期间动物活动频繁;相反,川滇蔷薇种子雨持续时间较长,强度较小,且种子雨期间动物的活动相对较少。种子萌发也是种子库输出的重要方式。每年,种子库都要通过发芽形式输出一部分种子,但其输出的量与种子的休眠特征及环境条件密切相关。黄蔷薇种子库以幼苗形式输出的量小于川滇蔷薇(图2),这可能是因为其有效种子产量以及种子库中的有效种子都较少,休眠程度高。对于川滇蔷薇,种子库的输入量较大,动物对蔷薇种子啃食的量较少,种子的输出可能主要是种子萌发和死亡。

3.3 幼苗库组成

在本研究中,川滇蔷薇的幼苗密度大于黄蔷薇,这主要是由两种植物的种子库大小、种子休眠与萌发特征及环境条件条件决定的。另外,两种蔷薇的幼苗库的大小组成属典型的金字塔型,总体趋势是小龄级幼苗所占的比例相对多龄级幼苗占了大部分(图2)。这表明幼苗定居和建立,特别是当年生幼苗的成活,可能是两种蔷薇更新的限制因素,这与其他物种的研究结果一致^[36,37]。两种蔷薇幼苗的组成结构也存在较大差异,黄蔷薇大龄级幼苗占有一定比例,而川滇蔷薇大龄级幼苗比例非常小,表明黄蔷薇幼苗的更新状况较川滇蔷薇好。这可能与两种蔷薇的生境,灌丛的生长特征和灌丛周围的环境有关。首先,两种蔷薇的生境存在差异,黄蔷薇样地静洲山海拔较川滇蔷薇低,焚风效应更显著,水分不足是该地区植物生长的主要限制因子^[38,39],由此使其灌丛周围的草本层盖度很小;其次,两种灌木生长特征存在差异,黄蔷薇常直立生长,枝条较稀疏,其灌丛附近的植物生长基本不受光的限制,而川滇蔷薇枝条平铺生长,枝条密集,灌丛下光线不足。光是阳性植物的幼苗生长的重要生态因子,而草本层也在一定程度上抑制了灌木幼苗的发育。因此,灌丛下光的限制及草本层植物的竞争可能使川滇蔷薇死亡的主要原因。

4 结论

本研究结果表明,植物生活史的各阶段(繁殖体散布、种子、种子库和幼苗库)紧密联系,共同作用影响植物繁殖更新过程。即使是同属植物,各个阶段对繁殖更新影响方式和程度也存在明显差异。黄蔷薇繁殖更新主要限制是动物对种子的破坏和幼苗的存活;川滇蔷薇的繁殖更新主要限制是幼苗存活定居。

为促进黄蔷薇和川滇蔷薇种群的自然更新和干旱河谷植被恢复,建议采取以下措施:在蔷薇果成熟时,人工采集大量蔷薇果,将种子打破休眠后在适宜地区进行野外播种。种子休眠与萌发,幼苗成活定居及其限制因素以及相对应的解决措施的是未来研究的重要方向。

References:

- [1] Yin H J, Liu Q. Seed rain and soil seed banks of *Picea asperata* in subalpine spruce forests, western Sichuan, China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29, 108—115.
- [2] Pearson T R H, Burslem D F R P, Mullins C E, Dalling J W. Germination ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*, 2002, 83, 2798—2807.
- [3] Guo Q F, Brown J H, Valone T J, Kachman S D. Constraints of seed size on plant distribution and abundance. *Ecology*, 2000, 81, 2149—2155.
- [4] Tomback D F, Anderies A J, Carsey K S, *et al.* Delayed seed germination in whitebark pine and regeneration patterns following the yellowstone fires. *Ecology*, 2001, 82, 2587—2600.
- [5] Pugnaire F I, Lázaro R. Seed bank and understorey species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. *Annals of Botany*, 2000, 86, 807—813.
- [6] Zhan X, Li L, Cheng W. Restoration of *Stipa krylovii* steppes in Inner Mongolia of China: assessment of seed banks and vegetation composition. *Journal of Arid Environments*, 2007, 68, 298—307.
- [7] Riley J D, Craft I W, Rimmer D L, Smith R S. Restoration of magnesian limestone grassland: optimizing the time for seed collection by vacuum harvesting. *Restoration Ecology*, 2004, 12, 311—317.
- [8] Augustoa L, Dupouey J L, Picard J F, Ranger J. Potential contribution of the seed bank in coniferous plantations to the restoration of native deciduous forest vegetation. *Acta Oecologica*, 2001, 22, 87—98.
- [9] Bai W M, Bao X M, Li L H. Effects of *Agriophyllum squarrosum* seed banks on its colonization in a moving sand dune in Hunshandake Sand Land

- of China. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59, 151 — 157.
- [10] Wang S M, Zhang X, Li Y, Zhang L, *et al.* Spatial distribution patterns of the soil seed bank of *Stipagrostis pennata* (Trin.) de winter in the Gurbantonggut Desert of north-west China. *Journal of Arid Environments*, 2005, 63, 203 — 222.
- [11] Liu G H, Zhou J, Li W, *et al.* The seed bank in a subtropical freshwater marsh; implications for wetland restoration. *Aquatic Botany*, 2005, 81, 1 — 11.
- [12] Shen Y X, Zhang Y D, Zhang P. Effects of disturbance type on soil seed banks in a debris-flow prone dry valley of northern Yunnan. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25, 623 — 629.
- [13] Luo H, Wang K. Soil seed bank and aboveground vegetation within hillslope vegetation restoration sites in Jinshajing hot-dry river valley. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26, 2432 — 2442.
- [14] Masaki T, Nakashizuka T. Seedling demography of *swida controversa*: effect of light and distance to conspecifics. *Ecology*, 2002, 83, 3497 — 3507.
- [15] Zhang R Z. The Dry Valley of the Hengduan Mountains Region. Beijing: Science Press, 1992. 42 — 66.
- [16] Yan Z L, Chen K M, Chen J Z. Studies on ecological characteristics and reforestation in dry valley area of Minjiang River. *World Science & Technology Research and Development*, 2000, 22(1): 36 — 38.
- [17] Bao W K, Chen Q H. Discussion on several problems of restoring and rehabilitating degraded mountain ecosystem. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17, 22 — 27.
- [18] Bao W K, Wang C M. Degradation mechanism of mountain ecosystem at the dry valley in the upper reaches of the Minjiang River. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18, 57 — 62.
- [19] Bao W K, Chen Q H, Chen K M. Environment control techniques for vegetation restoration in dry valley of upper reaches of Minjiang River. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10, 542 — 544.
- [20] Guan X Q, Zou H Y. Introduction and breeding of *Rosa hugonis* and *Cotinus coggygia*. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 1997 (1): 17.
- [21] Chen F Z, Zhao W Q, He Y H. Chemical constituents from *Rosa soulieana* and *R. multibracteata*. *Chinese Journal of Applied Environment and Biology*, 2000, 6 (4): 334 — 336.
- [22] He Y H, Cao Y L, Li C L. Determination of major economic characters and vitamins in the fruits of 22 species of *rosa* from China. *Acta Horticulturae Sinica*, 1994, 21 (2): 158 — 164.
- [23] Cao Y L, He Y H, Li C L. Vitamin contents in the hips of 38 species of *Rosa* and their relation to division of sections. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 38 (10): 822 — 827.
- [24] Ye M S, Guan W B, Tan H, *et al.* The α diversity of shrubs community in the arid valley of the Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (6): 1123 — 1130.
- [25] Liu G H, Zhang J Y, Zhang Y X, *et al.* Distribution regulation of aboveground biomass of three main shrub types in the dry valley of Minjiang River. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21 (1): 24 — 32.
- [26] Liu G H, Ma K M, Fu B J, *et al.* Aboveground biomass of main shrubs in dry valley of Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (9): 1957 — 1964.
- [27] The International Seed Testing Association (ISTA), International Rules for Seed Testing Edition. 2005. http://www.seedtest.org/upload/cms/user/Preface_2005_04.03.pdf.
- [28] Yu S L, Jiang G M. The research development of soil seed bank and several hot topics. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 27, 552 — 560.
- [29] Venable D L. Size-number trade-offs and the variation of seed size with plant resource status. *American Naturalist*, 1992, 140, 287 — 304.
- [30] Leck M A, Schütz W. Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seed banks. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2005, 7, 95 — 133.
- [31] Zeng Y J, Wang Y R, Nan Z B. Soil seed banks of different grassland types of Alashan arid desert region, Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(9): 1457 — 1463.
- [32] Zhang L, Li G H, Zhang X. A review on soil seed banks study. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23, 114 — 120.
- [33] Edwards G R, Crawley M J. Rodent seed predation and seedling recruitment in mesic grassland. *Oecologia*, 1999, 91, 360 — 364.
- [34] Sun S C, Chen L Z. The effects of animal removal and ground cover on the fate of seeds of *Quercus liaotungensis*. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21, 80 — 85.
- [35] Peng S J, Huang Z L, Peng S L, *et al.* The processes and mechanisms of the dispersal of fleshy-fruited plants at different spatial scales. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23, 777 — 786.
- [36] Jurado E, García J F, Flores J, Estrada E. Leguminous seedling establishment in Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 2006, 221, 133 — 139.

- [37] Jiménez-Lobato V, Valverde T. Population dynamics of the shrub *Acacia bilimekii* in a semi-desert region in central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 2006, 65, 29–45.
- [38] He Q H, He Y H, Bao W K. Dynamics of soil water contents on south-facing slope of dry valley area in the upper reaches of the Minjiang River. *Chinese Journal of Applied Environment & Biology*, 2004, 10, 68–74.
- [39] Li F L, Bao W K, Wu N. Eco-anatomical characteristics of *Sophora davidii* leaves along an elevation gradient in upper Minjiang River dry valley. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17, 5–10.

参考文献:

- [1] 尹华军, 刘庆. 川西米亚罗高山云杉林种子雨和土壤种子库研究. *植物生态学报*, 2005, 29, 108~115.
- [12] 沈有信, 张彦东, 张萍, 等. 云南北部泥石流多发干旱河谷区不同干扰对土壤种子库的影响. *植物生态学报*, 2001, 25, 623~629.
- [15] 张荣祖. 横断山区干旱河谷. 北京: 科学出版社, 1992. 42~66.
- [16] 晏兆莉, 陈克明, 陈建中, 等. 岷江干旱谷的生态特征与植被恢复研究. *世界科技研究与发展*, 2000, 22(1): 36~38.
- [17] 包维楷, 陈庆恒. 退化山地生态系统恢复和重建问题的探讨. *山地学报*, 1999, 17, 22~27.
- [18] 包维楷, 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制. *山地学报*, 2000, 18, 57~62.
- [19] 包维楷, 陈庆恒, 陈克明. 岷江上游干旱河谷植被恢复环境优化调控技术研究. *应用生态学报*, 1999, 10, 542~544. b
- [20] 关秀琦, 邹厚远. 黄蔷薇和黄栌引种育苗简介. *陕西林业科技*, 1997 (1): 17.
- [21] 陈封政, 赵卫权, 何永华, 等. 川滇蔷薇和多苞蔷薇化学成分的研究. *应用与环境生物学报* 2000, 6 (4): 334~336.
- [22] 何永华, 曹亚玲, 李朝奎. 我国 22 种野生蔷薇果实主要经济性状及重要维生素含量. *园艺学报*, 1994, 21 (2): 158~164.
- [23] 曹亚玲, 何永华, 李朝奎. 38 个野生种果实的维生素含量及其与分组的关系. *植物学报*, 1996, 38 (10): 822~827.
- [24] 冶民生, 关文彬, 谭辉, 等. 岷江干旱河谷灌丛 α 多样性分析. *生态学报*, 2004, 24 (6): 1123~1130.
- [25] 刘国华, 张洁瑜, 张育新, 等. 岷江干旱河谷三种主要灌丛地上生物量的分布规律. *山地学报*, 2003, 21 (1): 24~32a
- [26] 刘国华, 马克明, 傅伯杰, 等. 岷江干旱河谷主要灌丛类型地上生物量研究. *生态学报*, 2003, 23 (9): 1957~1964.
- [28] 于顺利, 蒋高明. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点. *植物生态学报*, 2003, 27, 552~560.
- [31] 曾彦军, 王彦荣, 南志标, 等. 阿拉善干旱荒漠区不同植被类型土壤种子库研究. *应用生态学报*, 2003, 14(9): 1457~1463.
- [32] 张玲, 李广贺, 张旭. 土壤种子库研究综述. *生态学杂志*, 2004, 23, 114~120.
- [34] 孙书存, 陈灵芝. 辽东栎幼苗对干旱和去叶的生态反应. *生态学报*, 2001, 21, 80~85.
- [35] 彭闪江, 黄忠良, 彭少麟, 等. 不同空间尺度下的肉果植物扩散过程和机理. *生态学报*, 2003, 23, 777~786.
- [38] 何其华, 何永华, 包维楷. 岷江上游干旱河谷典型阳坡海拔梯度上土壤水分动态. *应用与环境生物学报*, 2004, 10, 68~74.
- [39] 李芳兰, 包维楷, 吴宁. 岷江上游干旱河谷海拔梯度上白刺花叶片生态解剖特征研究. *应用生态学报*, 2006, 17, 5~10.