

完达山地区槲寄生 (*Viscum coloratum*) 种群特征研究

王长宝^{1,2}, 徐增奇¹, 岳仁杰¹

(1. 佳木斯大学生命科学学院, 黑龙江佳木斯 154007; 2. 四川大学生命科学学院, 成都 610064)

摘要: 于2012年4–11月对老平岗林场6个群落中7种寄主上的槲寄生(*Viscum coloratum*)种群进行了研究, 结果表明: 以寄主为单位, 槲寄生的最终分布格局取决于寄主的格局; 而在每个寄主上则呈聚集性分布。从数量上看, 寄生强度为: 山杨>白桦>辽东栎木>黑桦>紫椴=青楷槭>色木槭; 各寄主上单株槲寄生平均结果为: 山杨>白桦>辽东栎木>青楷槭>紫椴>色木槭>黑桦; 红黄两种果实型植株的比例近于1:1。从遗传上看, 槲寄生表现出过量繁殖特征; 其种子传播与太平鸟存在密切联系, 经鸟类粪便排出的种子82%落在地面, 15%黏附在下层灌木上, 3%附着在寄主树干上。本研究认为: 寄主的分布格局, 寄主所在群落的组成及发育, 传播者的生活习性和槲寄生自身的繁殖策略是影响其种群的主要因素。

关键词: 槲寄生; 空间特征; 数量特征; 遗传特征

中图分类号: Q948; Q949. 741. 5

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2013)04-0345-08

Population Characteristics of Mistletoe (*Viscum coloratum*) in Wandashan Mountain

WANG Chang-Bao^{1,2}, XU Zeng-Qi¹, YUE Ren-Jie¹

(1. College of Life Science, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007, China;

2. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: Population characteristics of mistletoe in seven types of host trees of six communities in Laopinggang forest farm were studied from April to November 2012. Results showed that: As a whole, the ultimate distribution pattern of mistletoe was determined by the host trees. However, the distribution pattern of mistletoe on individual host trees was aggregated. In terms of quantitative characteristics, the numbers of mistletoe in host trees was *Populus davidiana* > *Betula platyphylla* > *Alnus sibirica* > *B. dahurica* > *Tilia amurensis* var. *tricuspidata* = *Acer tegmentosum* > *A. mono*, and the mean number of fruit in a mistletoe was *P. davidiana* > *B. platyphylla* > *A. sibirica* > *A. tegmentosum* > *T. amurensis* var. *tricuspidata* > *A. mono* > *B. dahurica*. Red fruit and yellow fruit mistletoe were found on the same host species and the ratio of these two types was one to one. Genetically, the seeds of mistletoe showed excess propagation and their dispersal process had a close relationship with *Bombycilla garrulus*. Among these seeds, 82% were found on fallen leaves, 15% on shrubs and 3% on the trunk of host trees. It was concluded that the distribution pattern of host trees, composition and development degree of communities, living habit of seed dispersers and reproductive strategy of mistletoe itself played major roles in the development of the population.

Key words: Mistletoe (*Viscum coloratum*); Spatial characteristics; Quantitative characteristics; Genetic characteristics

收稿日期: 2012-11-26, 修回日期: 2013-05-09。

基金项目: 佳木斯大学大学生科技创新项目“槲寄生对不同寄主的适应性及种子传播机制”(XSd2013-202); 科技部“国家标本平台教学标本子平台”(2005DKA21403-JK); 黑龙江省教育厅项目“大亮子河国家森林公园植物区系研究”(11521287); 佳木斯大学基础研究重点项目“濒危植物平贝母的保护生物学研究”(Sjz-2012-18)。

作者简介: 王长宝 (1972–), 男, 博士, 讲师, 主要从事植物系统学和资源学方面的研究 (E-mail: wy985@aliyun.com)。

槲寄生(*Viscum coloratum* (Kom.) Nakai) 是桑寄生科(Loranthaceae)小灌木,高30~80 cm;茎圆柱状,二歧或三歧分枝;叶对生,厚革质,基出脉3~5条;雌雄异株,花序顶生或腋生,果球形,成熟时黄色或橙红色;花期4~5月,果期9~11月;主要分布在东北、华北,朝鲜、日本、苏联也有^[1]。作为传统中药,槲寄生具有祛风湿、补肝肾、强筋骨、安胎元等功效^[2]。国内外学者对槲寄生的研究较多,但主要集中在化学成分、生物活性及药理作用、形态解剖、生物学特性等方面^[3-10]。就生态学方面而言,槲寄生种群既与不同群落内的寄主有关又受到传播者太平鸟(*Bombycilla garrulous*)生活习性的影响^[11]。由于槲寄生生长在寄主的不同位置,观察起来比较困难,这也为其种群研究设置了一定障碍。对于寄生植物相关的生态学问题,人们更多地关注对寄主或寄主所在生态系统结构与功能的影响,而涉及寄生植物自身种群特征的研究仅有零星的报道^[12-16]。基于2012年4~11月间的实地调查,我们尝试对槲寄生种群特征及影响因素进行初步探索,旨在为寄生植物生态学研究提供相关资料。

1 调查内容与方法

1.1 调查地点

老平岗林场(46°31'37"~46°37'59"N, 130°30'35"~130°43'03"E)位于黑龙江省桦川县南部,地处完达山余脉,以山地丘陵地貌为主,坡度较缓,大部分在10°~20°之间,地势南高北低,最高峰为大架山,海拔475 m,最低海拔107 m,平均海拔400 m。该地属中温带大陆性季风气候。春季风大,少雨干旱,夏季短促、炎热多雨,秋季日照短,降温迅速,早霜开始时间在9月中旬,晚霜结束时间在5月中旬,冬季漫长、寒冷而干燥。年平均气温2.5℃,极端最高气温37℃,最低气温-39.7℃,≥10℃年积温2538℃。年降水量460 mm,无霜期120 d左右。本地植被属完达山植物区系,全为1949年后更新起来的天然次生林和人工林。主要乔木树种有樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、落叶松(*Larix gmelinii*)、黄檗(*Phellodendron amurense*)、水曲柳(*Fraxinus*

mandschurica)、胡桃楸(*Juglans mandshurica*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、黑桦(*B. dahurica*)、色木槭(*Acer mono*)、青楷槭(*A. tegmentosum*)、紫椴(*Tilia amurensis* var. *tricuspidata*)、辽东桤木(*Alnus sibirica*)等,灌木和藤本植物有平榛(*Corylus heterophylla*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)、蒿柳(*Salix viminalis*)、五味子(*Schisandra chinensis*)、狗枣猕猴桃(*Actinidia kolomikta*)和山葡萄(*Vitis amurensis*)等。

1.2 内容与方法

1.2.1 调查内容

通过高倍望远镜(SDL8023, 8×32倍)和数码相机(Canon S40, 35倍变焦),观察统计:(1)不同群落内的寄主种类;(2)每一群落内单株寄主上槲寄生平均数;(3)单株寄主树干、主枝(1~2级分枝)和细枝(3级以下分枝)上槲寄生个体数量;(4)单株寄主上成熟槲寄生的平均结果量;(5)单株寄主上红色和黄色果实类型植株数量。相关数据均在Excel中处理。

1.2.2 调查方法

调查地段的主要植被有樟子松林人工林,落叶松林人工林,白桦天然次生林,蒙古栎天然次生林,山杨、蒙古栎天然次生林等。考虑到槲寄生对寄主的选择性和工作量限制,在对调查区域整个分布范围作初步踏查的基础上,根据寄主的不同,选择人工和天然次生林的典型地段,共调查6个群落型,面积均为40 m×40 m。由于寄主为夏绿阔叶树种,为便于观察,时间集中在早春(4~5月)和晚秋(10~11月),其它时间则随机选择。

2 调查结果

2.1 槲寄生空间分布

植物的空间分布通常包括随机分布、聚集分布和均匀分布3种形式。但对于槲寄生而言,即使其寄主在一个群落中的分布特征符合上述3种类型之一,可能由于传播至该群落的时间较短,槲寄生只出现在某一株寄主上,而表现出“孤立型”的分布特征。

由表1我们不难看出,槲寄生的水平分布在各

表 1 槲寄生在 6 个群落 7 种寄主上的生长情况
Table 1 Mistletoe growing on seven types of host species occurring in six communities

群落类型 Community type	寄主 Host trees	平均槲寄生数 ^{a)} Mean number of mistletoe on host tree	树干/主枝/细枝 的槲寄生数 Mean number of mistletoe on trunk, branch and twig	单株寄主成熟槲 寄生平均结果量 Mean number of fruit on mistletoe	红/黄果实株数 ^{b)} Number of mistletoe with red/yellow fruits
I：山杨、蒙古栎林 <i>Populus davidiana</i> – <i>Quercus mongolica</i> forest	山杨 <i>Populus davidiana</i>	21	5/9/7	42. 37	8/9
	黑桦 <i>Betula dahurica</i>	5	0/4/1	19. 71	2/2
	白桦 <i>B. platyphylla</i>	7	1/4/2	34. 94	3/3
	辽东栎木 <i>Alnus sibirica</i>	4	0/3/1	29. 14	1/2
	紫椴 <i>Tilia amurensis</i> var. <i>tricuspidata</i>	4	0/3/1	22. 37	2/1
	色木槭 <i>Acer mono</i>	3	0/2/1	20. 09	1/1
	青楷槭 <i>A. tegmentosum</i>	4	0/3/1	23. 58	2/2
II：白桦、辽东栎木林 <i>Betula platyphylla</i> – <i>Alnus sibirica</i> forest	白桦 <i>B. platyphylla</i>	6	1/3/2	31. 73	3/3
	辽东栎木 <i>A. sibirica</i>	7	1/4/2	26. 62	4/3
III：白桦、平榛林 <i>Betula platyphylla</i> – <i>Corylus heterophylla</i> forest	白桦 <i>B. platyphylla</i>	9	2/4/3	30. 55	4/4
	色木槭 <i>A. mono</i>	0	0	0	0
	紫椴 <i>T. amurensis</i> var. <i>tricuspidata</i>	0	0	0	0
IV：蒙古栎、白桦林 <i>Quercus mongolica</i> – <i>Betula platyphylla</i> forest	白桦 <i>B. platyphylla</i>	2	0/1/1	24. 16	1/1
V：樟子松、山杨林 <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> – <i>Populus</i> <i>davidiana</i> forest	山杨 <i>P. davidiana</i>	17	4/8/5	39. 41	7/8
	紫椴 <i>T. amurensis</i> var. <i>tricuspidata</i>	0	0	0	0
	黑桦 <i>B. dahurica</i>	0	0	0	0
VI：蒙古栎、山杨林 <i>Quercus mongolica</i> – <i>Populus davidiana</i> forest	山杨 <i>P. davidiana</i>	13	3/5/4	32. 68	5/6

a)：由于上部树枝的一些幼小槲寄生个体不易观察到，所以实际数目要大于观测值。b)：该项中未成熟植株没有统计在内。
a)：Actual values are greater than observed values because of young plants on upper part of host tree were overlooked. b)：Immature plants were exclusive of statistics.

个群落中都会出现，常见寄主有山杨、白桦、辽东栎木、色木槭等，以山杨(如群落 I 山杨、蒙古栎林中，单寄主上平均寄生多达 21 株)和白桦(群落 III 白桦-平榛林中，单寄主上平均寄生达 9 株)为易感染寄主，而当地次生林代表植物蒙古栎上没有发现槲寄生。在寄主种类丰富的群落(如群落 I 山杨、蒙古栎林)，每个寄主上都发现有槲寄生，但寄生数量存在差异。由于槲寄生是阔叶树种寄生植物，在单优针叶林如樟子松和落叶松人工林内没有发现槲寄生。在针阔混交林内的阔叶寄主上会偶尔出现槲寄生，但往往表现为孤立型或聚集性分布，且该寄主通常处于乔木层的顶层或林缘(如群落 V 樟子松、山杨林中的山杨)，下层的紫椴和黑桦上没有发现槲寄生。

从垂直分布看，在各寄主的主枝上槲寄生数目最多，细枝上次之，树干上出现最少(图 1，图 2：

A)，且主要是在山杨和白桦的树干上发现有槲寄生，在黑桦、紫椴等树干上没有发现，在辽东栎木树干的上部偶尔发现。观察表明，槲寄生在山杨树

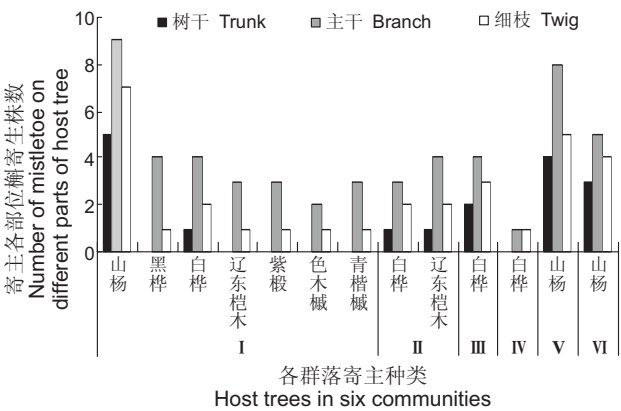
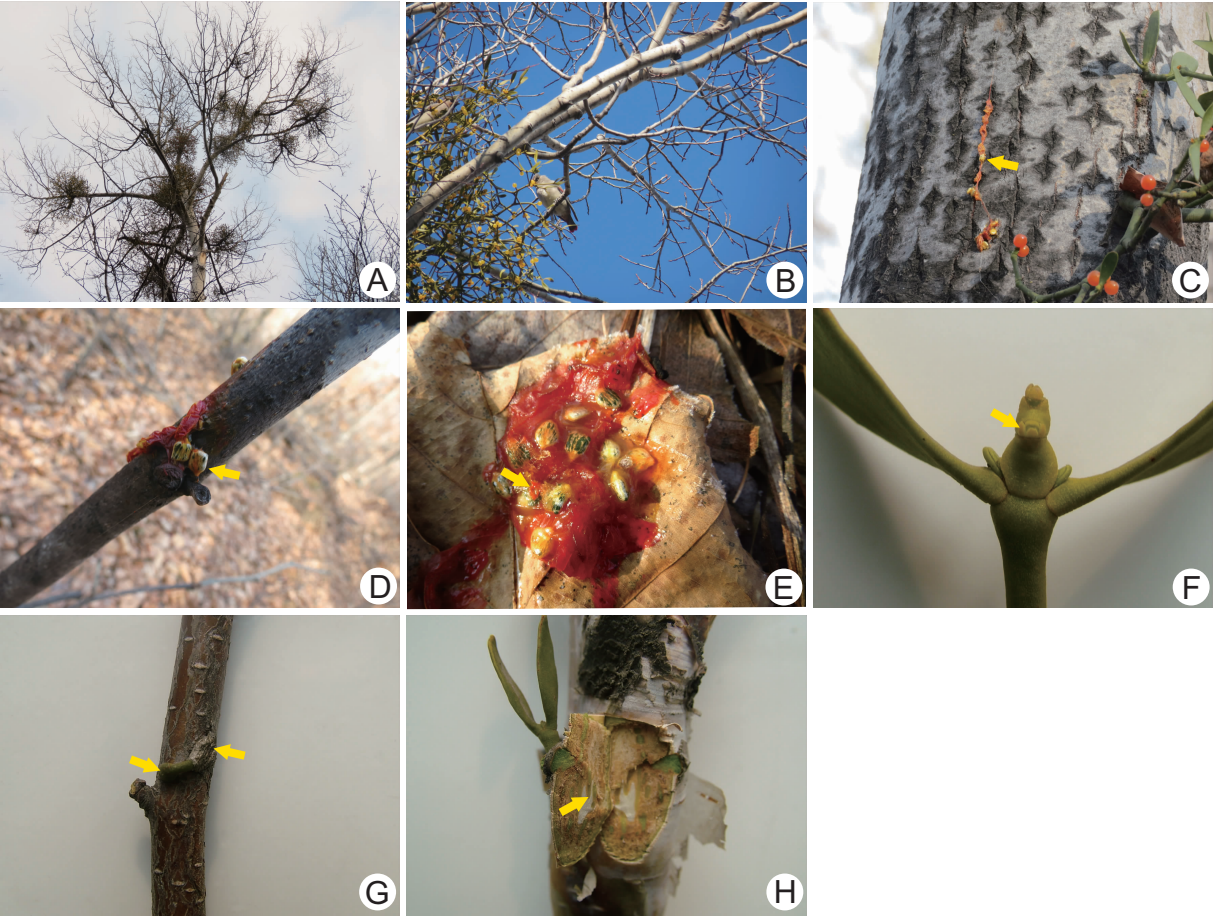


图 1 6 个群落(I~ VI)7 种寄主树干、主枝和细枝上槲寄生株数的比较
Fig. 1 Numbers of mistletoe growing on trunks, branches and twigs of seven host trees in six communities (I~ VI)



A: 山杨树上槲寄生种群; B: 太平鸟取食槲寄生果实; C: 太平鸟排泄在寄主树干上的粪便, 箭头示种子; D: 群落下层灌木上的粪便, 箭头示种子; E: 落叶上的粪便, 箭头示种子; F: 槲寄生花和叶, 箭头示花芽; G: 槲寄生种子萌发, 箭头(左)示吸根, 箭头(右)示干燥的残留内果皮; H: 槲寄生幼苗, 箭头示进入白桦木质部的寄生根。

A: Mistletoe population on *P. davidiana*; B: *Bombycilla garrulous* feeding on mistletoe fruit; C: *B. garrulous* defecated seeds on host tree trunk, arrow represents seed; D: Seeds on branches of shrubs, arrow represents seed; E: Seeds on fallen leaves, arrow represents seed; F: Flowers and leaves of mistletoe, arrow represents flower bud; G: Germination of seed, arrows represent haustorium (left) and residual endopleura (right); H: Mistletoe seedling, arrow represents parasitic root in xylem of *B. platyphylla*.

图 2 槲寄生植株、果实及种子的传播与萌发
Fig. 2 Fruit, seed dispersal and germination of mistletoe

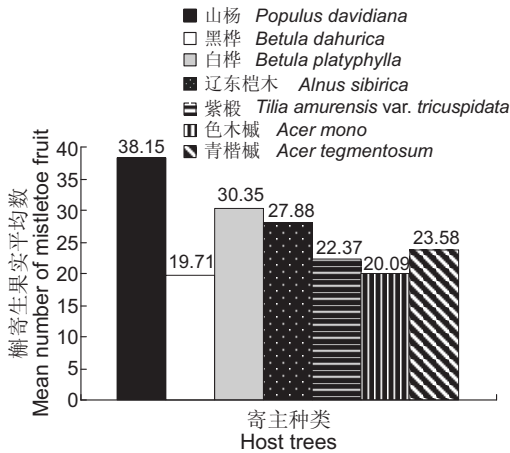
干由上至下多呈线状分布, 树干基部很少出现, 一般是在 2 m 以上的位置开始出现。槲寄生成熟植株(已经结果的)通常出现在较高的位置, 而刚萌发的种子或幼苗则出现在树干相对较低的位置。

2.2 槲寄生数量特征

槲寄生植株数量在不同寄主和同一寄主的不同部位均表现出显著差异(图 1)。平均寄生强度为: 山杨 > 白桦 > 辽东桤木 > 黑桦 > 紫椴 = 青楷槭 > 色木槭; 在同一寄主上: 主枝 > 细枝 > 树干。同一种寄主在不同群落内的寄生数量也有明显差异, 如山杨、蒙古栎林(群落 I), 白桦、辽东桤木林(群落

II); 白桦、平榛林(群落 III)和蒙古栎、白桦林(群落 IV)中的白桦上平均寄生株数分别为 7、6、9、2。从各群落单株槲寄生的平均结果量来看, 山杨 > 白桦 > 辽东桤木 > 青楷槭 > 紫椴 > 色木槭 > 黑桦(图 3)。

槲寄生有红黄两种果实型植株, 统计显示: 在各寄主间两种植株的比例略有差异, 如群落 I 中的辽东桤木和紫椴上红黄比分别为 1:2 与 2:1, 群落 II 中的辽东桤木为 1.33:1, 但多数寄主上为 1:1(图 4)。对各寄主上的红黄槲寄生植株比例取平均值, 结果为 1.03:1, 接近于 1:1 的比例。上述结



图中数据为单株成熟槲寄生结果平均数。
Data in Figure is fruit mean number per mature mistletoe.

图 3 不同寄主上单株槲寄生结果平均数
Fig. 3 Mean numbers of mistletoe fruit growing on different host trees

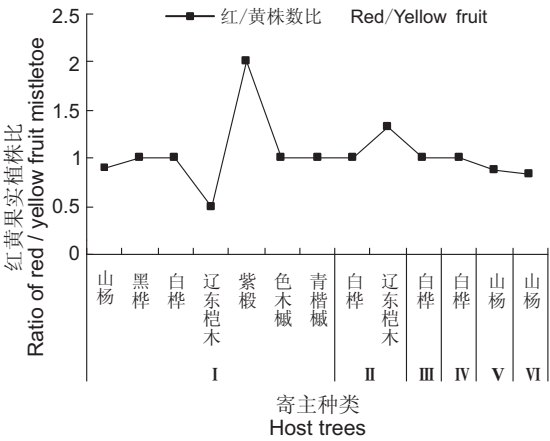


图 4 6 种群落 (I~ VI) 内不同寄主上红黄两种果实槲寄生株数比

Fig. 4 Ratio of red/yellow fruit mistletoe growing on host trees in six communities (I~ VI)

果表明，红黄槲寄生植株在寄主间和同一寄主内是随机分布的，部分个体上出现较多红色或黄色果实植株可能是种子传播者的偶然因素所致。

2.3 槲寄生遗传特征

鸟类在槲寄生天然种群形成中起着重要作用，它们取食果实后通过排便将种子传播至寄主上(图 2: B)。在山杨、蒙古栎林设置的一个 10 m × 10 m 样方内统计发现(不包括树枝上的种子)：在寄主树干(8 粒，占 3%)和下层灌木上(41 粒，占 15%)常附着有槲寄生种子线(seed strings)的新鲜鸟粪，或每堆鸟粪包含二至十几颗种子散布在地面落叶上(共 233 粒，占 82%)，这些粪便中常混有红

黄两种果实的种子(图 2: C~E)。其它群落内虽未作统计，但均以散布在落叶上的种子占大多数。其中，黏附在寄主或下层灌木上的种子在适宜条件下萌发成幼苗，地面的种子或未被取食的落果自然掉落于林下，种子无法存活。

槲寄生的花期一般在 4-5 月(图 2: F)，果实成熟在 9-10 月，成熟的果实被鸟类取食后将种子排出体外，成功附着于寄主适宜位置上的种子将在第二年春季 4-5 月开始萌发(图 2: G)。槲寄生的种子没有种皮，绿色的胚乳外面被有一层富有粘性的内果皮残留物，这层残留物干燥后与寄主的树皮颜色一致，起到保护色的作用。种子发芽时产生胚根和形成吸盘，侵入树皮后在寄主皮层组织内形成分枝和假根，并产生垂直的次生吸根，穿过寄主形成层进入木质部(图 2: H)，吸收寄主的水分和无机盐，形成短枝和叶进行光合作用。

3 讨论

与一般植物不同，槲寄生种群形成的驱动力是复杂的，是多种因子综合作用的结果，主要因子有：寄主的分布格局，寄主所在群落的组成和发育时间，传播者的生活习性与槲寄生自身的繁殖策略等。

3.1 寄主对槲寄生的影响

如果把每个寄主上的槲寄生看成一个整体，理论上讲，在一个成熟的群落内，槲寄生的最终分布格局与其寄主的格局是一致的。以山杨、蒙古栎林为例，该群落内山杨占绝对优势且种群呈随机分布状态，槲寄生已扩散至山杨种群的每一个个体，可以认为槲寄生的分布格局为随机分布。而在樟子松、山杨林中，山杨只是聚集性的分布在群落的几处位置上，所以该群落中槲寄生表现为聚集性分布。因此，在影响槲寄生分布格局的外界因子中，寄主的分布格局起决定作用。

如果把每个寄主上的槲寄生看成一个种群，其分布格局表现为聚集性分布特征。通常几株个体聚集一簇分散在主枝和位置相对较低的细枝上，但很少出现在顶部枝条，从而避免与寄主争夺光照空间。相对于其它寄主，山杨和白桦的树干上寄生较多的槲寄生，可能是由于槲寄生的胚根更容易进入

这两种寄主的树皮。此外, 槲寄生种子外包被的内种皮残留物呈灰白色, 与山杨和白桦的树皮颜色较为接近, 可能起到保护色的作用。黑桦等树皮粗糙, 黏附在上面的种子即使发芽后其胚根也不易进入树皮内部, 而且黑桦树皮为深灰色或黑色, 落在上面的种子被山雀等食种子鸟类二次取食的几率更大些。

Overton 的研究认为, 寄主个体大小与槲寄生的感染存在正相关, 即相对于灌木或小乔木而言, 较大寄主为传播者提供了更多的栖息枝条, 所以也就获得了更多的槲寄生种子^[17]。本研究中的山杨和白桦等高大乔木为槲寄生的易感寄主也支持上述观点。同时, 他们还认为, 寄主的树龄对槲寄生虽然不是最重要的因素, 但可以加强传播者与寄主之间的关系^[17]。Reid 和 Lange 的研究则认为, 较大的寄主能够提供槲寄生生长所需的水分, 特别是在干旱的环境下^[18]。

至于槲寄生的两种果实, 有人认为果实颜色与寄主有关: 寄生在榆树上的为橙红色, 寄生在杨树上的为淡黄色, 寄生于梨树和山荆子的为红色或黄色。如依果的颜色作变型标准而分类, 则果成熟时黄色的为 *Viscum coloratum* f. *lutescens* (Makino) Kitag.; 果呈红色的为 *Viscum coloratum* f. *rubro-aurantiacum* (Makino) Kitag.。一些地方植物志对果实颜色的描述也不一致^[19-23], 中国植物志对上述观点虽持怀疑态度, 但也缺乏野外观察的证据^[1]。本研究实地观察表明, 果实颜色与寄主不存在直接关系, 在一个寄主上往往同时长有两种果实型植株。至于两种果实内的种子萌发后将发育成哪种类型的植株及其遗传机制, 有待于进一步证实。

3.2 群落的组成和发育时间对槲寄生的影响

Norton 等对新西兰两个地点 *Nothofagus solandri* 森林的研究表明, 寄主所在群落的结构影响着槲寄生垂直分布的差异^[24]。Dawson 等研究认为, 槲寄生在一个群落中的位置依靠传播者排便带来种子的机会, 而不同的群落给鸟类提供了不同的环境, 从而影响槲寄生在该群落的建立, 这些环境因子包括群落内寄主的分布、种类, 群落内光照强度和风速等^[25]。本研究证实: 在阴沉天气, 太平

鸟取食时间明显晚于阳光充足的晴好天气; 在无风时排出的粪便通常直接落在地面, 有风时则偏离垂直下落线路而增加黏附在树干上的几率。

完达山发育完善的天然林群落中基本涵盖槲寄生在当地常见寄主, 但由于人为干扰, 一些人工次生林中寄主的分布极不规则, 如在樟子松或落叶松人工林中的寄主数量, 只有哪些处于群落边缘的寄主才有机会获得传播者的偶尔光顾。在一些由采伐迹地或撂荒地形成的群落, 如白桦、平榛林或白桦、辽东桤木林, 虽然寄主为优势种, 由于发育时间较晚, 传播者光顾的机会较少, 槲寄生通常没有得到充分扩散, 因而表现出聚集性分布格局。这类群落的白桦幼树上常发现槲寄生幼苗或上一年的种子, 但较大种群的形成还需要若干年。

3.3 传播者的生活习性与槲寄生的繁殖策略

桑寄生科植物的传播是食果动物与寄生植物之间相互作用的结果, 它们在寄主间的分布情况受这些传播者行为的严重影响^[26-31]。García 等研究认为, 澳大利亚的有袋类动物对当地槲寄生属植物种子的传播是塑造种群空间结构的关键因素, 其传播过程可以看作是一个强大的种群数量过滤器^[32]。智利学者认为只有鸟通便或回吐的 *Tristerix aphyllus* 种子才能萌发, 通便种子无论成熟或不成熟其萌发率均达到 70% 以上, 回吐种子的萌发率也超过 30%^[33]。澳大利亚学者研究了袋鼠通便对槲寄生属种子萌发的影响, 结果表明袋鼠通便去除种皮和人工去除果皮种子的萌发率分别为 96% 和 7%^[34]。

完达山区槲寄生的传播对太平鸟有强烈的依赖, 太平鸟在冬季的特定时期内取食槲寄生的果实, 形成了长期的协同进化, 但不是一对一的协同进化关系^[11]。观察表明: 太平鸟在秋、冬季集小群活动, 取食槲寄生果实时往往停栖在附近的树上不愿飞远, 粪便的排出易集中在邻近的树上, 甚至是同一棵树上, 加之排出的粪便中通常是多粒种子粘合在一起, 这可能是导致槲寄生在一棵寄主上聚集而不均匀分布的原因。在无外界干扰的情况下, 太平鸟在取食过程中可停留在一棵寄主上 20 min 以上, 期间通过粪便排泄出种子 1~2 次, 每次二至十几粒。有时受到惊吓会飞到更远的地方, 有可

能将种子排泄在了其它适宜的寄主上。Murphy 等在研究澳大利亚槲寄生时认为, 如果传播者持续在同一棵寄主上取食, 较短的排便时间将有利于槲寄生在寄主内不同枝条间的传播^[35]。

成熟的槲寄生果实相当一部分在自然因素如雨雪、大风作用下散落或随寄主枝条整体脱落于林下, 而由太平鸟排泄的种子绝大部分也遗落在地面失去萌发的机会, 能够黏附在寄主上的种子大约在1%~3%之间, 最后能萌发成幼苗的种子所占比例更小。Ladley 和 Kelly 的研究表明, 新西兰桑寄生科植物在寄主树枝的萌发率为15%~28%, 一年后存活率约0~14%^[36]。因此, 与多数寄生植物一样, 槲寄生演化出了过量繁殖的策略, 通过较高的繁殖生产力而占据一定的生态空间。我们在研究中还发现, 为了增加种子的萌发率, 槲寄生演化出了单胚与多胚两种类型的种子(另文发表)。显然, 在槲寄生的生活史中种子萌发并产生寄生根进入宿主内部是关键的一步。丁志山等研究发现, 槲寄生的果实、种子和寄生部位吸器周围布满了菌丝, 并认为内生真菌分泌纤维素酶降解了宿主细胞的纤维素, 为半寄生的槲寄生吸器侵入宿主提供了帮助^[37]。槲寄生体内的各种内生菌株是否与其对不同寄主的选择性适应存在相关性还需要进一步研究证实。

通过取食关系, 将寄主-槲寄生-太平鸟三者联系在一起。本研究观察发现, 三者之间存在着“强化效应”(enhancing effect), 即当一个群落中的寄主上寄生有一定数量的槲寄生后, 太平鸟光顾这个群落的频度自然就高, 取食槲寄生果实的几率也就增加, 这进一步促进了槲寄生在该群落内和附近区域的传播。相反, 那些寄主数量较少或槲寄生种群建立较晚的群落内扩散的速度就比较慢。因此, 我们推测槲寄生的种群发展存在一个由慢到快的过程, 即当种群到达一定数量后会出现一个快速增长的爆发期。

参考文献:

- [1] 邱华兴. 中国植物志: 第24卷: 槲寄生属[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 148-149.
- [2] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 350-350.
- [3] 徐明远, 刘鑫, 林博涛. 槲寄生化学成分及药理作用的研究[J]. 黑龙江中医药, 2010, 5: 51-51.
- [4] 赵晶, 贺江萍. 槲寄生的化学成分及药理作用研究[J]. 天津中医学院学报, 2005, 24(3): 185-186.
- [5] 张水仙, 刘越, 孙洪波, 姚雪楠, 冯金朝. 槲寄生化学成分及药理作用研究进展[J]. 中药材, 2011, 34(12): 1962-1967.
- [6] 陈柏年. 槲寄生化学成分的研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2007: 1-119.
- [7] 王立军, 张友民, 张恕茗, 谷安根. 槲寄生木材的解剖学研究[J]. 吉林农业大学学报, 1991, 13(4): 28-31.
- [8] 魏学智, 连凌云, 陈志芳, 苏俊霞. 两种寄生植物营养器官结构的研究[J]. 植物研究, 2006, 26(6): 663-666.
- [9] 彭海燕, 韩英, 王梦. 槲寄生碱对食管癌细胞生长的拟制作用[J]. 现代中医药, 2003, 6: 15-16.
- [10] Cynthia M, Ross F, Michael J S. Maturation of the embryo, endosperm, and fruit of the dwarf mistletoe *Arceuthobium americanum* (Viscaceae) [J]. *J Plant Sci*, 2009, 170(3): 290-300.
- [11] 鲁长虎. 槲寄生的生物学特征及鸟类对其种子的传播[J]. 生态学报, 2003, 23(4): 834-839.
- [12] 胡飞, 孔垂华. 寄生植物对寄主的选择和影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 905-908.
- [13] 王如魁, 管铭, 李永慧, 杨蓓芬, 李钧敏. 南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(6): 1917-1923.
- [14] 李钧敏, 董鸣. 植物寄生对生态系统结构和功能的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(4): 1174-1184.
- [15] Press M C, Phoenix G K. Impacts of parasitic plants on natural communities [J]. *New Phyto*, 2005, 166(3): 737-751.
- [16] Smith D. The population dynamics and community ecology of root hemiparasitic plants [J]. *Am Nat*, 2000, 155: 13-23.
- [17] Overton J M. Dispersal and infection in mistletoe metapopulations [J]. *J Ecol*, 1994, 82: 711-723.
- [18] Reid N, Lange R T. Host specificity, dispersion and persistence through drought in two arid zone mistletoes [J]. *Aust J Bot*, 1988, 36: 299-313.

- [19] 马毓泉. 内蒙古植物志: 第2卷 [M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1991: 142–143.
- [20] 浙江植物志编委会. 浙江植物志: 第2卷 [M]. 杭州: 浙江科技出版社, 1993: 134.
- [21] 贺士元. 北京植物志: 上册 [M]. 北京: 北京出版社, 1993: 131.
- [22] 丁宝章, 王遂义. 河南植物志: 第1册 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1981: 305–306.
- [23] 周以良. 黑龙江植物志: 第4卷 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992: 202–203.
- [24] Norton D A, Ladley J J, Owen H J. Distribution and population structure of the Loranthaceae mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi* and *Peraxilla tetrapetala* within two New Zealand *Nothofagus* forests [J]. *New Zeal J Bot*, 1997, 35: 323–336.
- [25] Dawson T E, King E J, Ehleringer J R. Age structure of *Phoradendron juniperinum* (Viscaceae), a xylem-tapping mistletoe: inferences from a non-destructive morphological index of age [J]. *Am J Bot*, 1990, 77: 573–583.
- [26] Davidar P. Birds and neotropical mistletoes: effects on seedling recruitment [J]. *Oecologia*, 1983, 60: 271–273.
- [27] Reid N. Dispersal of mistletoes by honeyeaters and flowerpeckers: components of seed dispersal quality [J]. *Ecology*, 1989, 70: 137–145.
- [28] Reid N. Coevolution of mistletoes and frugivorous birds? [J]. *Aust J Ecol*, 1991, 16: 457–469.
- [29] Reid N. Mutualistic interdependence between mistletoes (*Amyema quandang*, Loranthaceae), and spiny-cheeked honeyeaters and mistletoe birds in an arid woodland [J]. *Aust J Ecol*, 1990, 15: 175–190.
- [30] Yoshida M, Arakida A, Arakida N. Seed dispersal of mistletoe *Hyphear tanakae* by birds [J]. *Strix*, 2001, 19: 115–120.
- [31] 肖来云, 普正和. 云南西双版纳桑寄生植物传播与鸟的关系研究 [J]. *生态学报*, 1994, 14(2): 128–134.
- [32] García D, Rodríguez-Cabal M A, Amico G C. Seed dispersal by a frugivorous marsupial shapes the spatial scale of a mistletoe population [J]. *J Ecol*, 2009, 97: 217–229.
- [33] Gonzlesw L, Surez L H, Medel R. Outcrossing increases infection success in the holoparasitic mistletoe *Tristerix aphyllus* (Loranthaceae) [J]. *Evol Ecol*, 2007, 21(2): 173–183.
- [34] Amico G, Am A. Mistletoe seed dispersal by a marsupial [J]. *Nature*, 2000, 48: 929–930.
- [35] Murphy S R, Reid N, Yan Z G, Veneables W N. Differential passage time of mistletoe fruits through the gut of honeyeater and flowerpeckers: effects on seedling establishment [J]. *Oecologia*, 1993, 93: 171–176.
- [36] Ladley J J, Kelly D. Dispersal, germination and survival of New Zealand mistletoes (Loranthaceae): Dependence on birds [J]. *New Zeal J Ecol*, 1996, 20: 69–79.
- [37] 丁志山, 蒋福升, 金波, 徐莉, 陈锐铍, 吕圭源. 槲寄生内生真菌在槲寄生寄生过程中的作用 [J]. *中国中药杂志*, 2008, 33(11): 1243–1246.

(责任编辑: 张平)