

北京地区火炬树的萌孽繁殖扩散

张川红¹, 郑勇奇¹, 李继磊², 阎海平², 王 玲³

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 北京市西山林场, 北京 100093; 3. 北京市八达岭林场, 延庆 102102)

摘要:首次通过调查火炬树单株和火炬树林分的萌孽繁殖扩散状况和小样方方法调查火炬树林下的乔木树种天然更新, 了解火炬树对北京主要植被类型: 油松人工林、侧柏人工林、刺槐人工林和灌木丛的扩散入侵情况。调查发现: 在北京荒山爆破造林示范区, 火炬树单株 8a 来 45°扇形单方向扩散的最远距离为 8.35m, 扩散萌孽的最多株数达 98 株。立地条件差, 特别是土层薄, 裸露的岩石多是影响火炬树扩散能力的主要因素, 但没有对火炬树萌孽株的生长产生重要影响。扩散的群体中地径以小径阶个体占主体, 说明火炬树萌孽能力旺盛。在已有高大乔木的立地, 如侧柏人工林和油松人工林, 火炬树虽然能扩散进入, 但只是伴生下木, 很难形成优势群体; 乔木林内光照明显影响火炬树的扩散数量和扩散规律; 并且发现有 10 种北京当地乔木树种能在火炬树林下天然下种更新并且正常生长。分析表明火炬树没有对北京当地乔木群落构成威胁。火炬树能扩散进入邻近的灌木丛, 并且扩散进入灌木丛的火炬树明显比扩散进乔木林内的火炬树长得高。火炬树的生物学和生态学特性决定了它是良好的荒山造林的先锋树种, 不可能成为顶极群落的优势树种。所以火炬树目前对北京山区自然、半自然森林生态系统没有产生入侵危害。

关键词:火炬树; 入侵; 无性繁殖; 扩散

文章编号: 1000-0933(2005)05-0978-08 中图分类号: Q143, Q948, S718.5 文献标识码: A

Dispersal of staghorn sumac in Beijing areas

ZHANG Chuan-Hong¹, ZHENG Yong-Qi¹, LI Ji-Lei², YAN Hai-Ping², WANG Ling³ (1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, China; 2. Xishan Forest Farm, Beijing, 100093, China; 3. Badaling Forest Farm, Yanqing, 102102, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 978~985.

Abstract: The dispersal of *Rhus typhina* into the natural and semi-natural vegetation types in areas of Beijing and the impact of *Rhus typhina* on natural regeneration of native tree species were studied in order to answer some of the debated questions about planting *Rhus typhina* in areas of Beijing. Studies on the dispersal of both single trees and of stands were carried out by measuring the number and growth of new trees and their distance from the parent tree or stand edge. Small sample plots were used to investigate natural regeneration in the planted forest. Trees and shrubs of *Rhus typhina*, *Pinus tabulaeformis* Carr., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Robinia pseudoacacia* L. comprised the dominant vegetation. The study was carried out in Xishan forest farm, Badaling forest farm and in the bare mountains of Fangshan district. The following is a summary of the results: The longest distance of single-tree dispersion in a 45° sector was 8.35m and the largest number of sprouting trees was 98 in an 8-year period in the bare mountains in Beijing. Poor site conditions such as thin and rocky soil were primary factors inhibiting the dispersal of staghorn sumac. The sprouts were composed of smaller-diameter (lesser than 2.0cm) trees. This showed that staghorn sumac had a high capacity for vegetative reproduction. Although staghorn sumac could invade the plantations, it was only a secondary species and could not become dominant in the local arboreal community. The light intensity in the plantations significantly impacted the number of sprouting trees and pattern of dispersal. The study also

基金项目:北京市自然科学基金资助项目(6042024); 国家科技部社会公益研究专项资助项目(2002DIB50122)

收稿日期:2004-08-15; **修订日期:**2005-02-21

作者简介:张川红(1970~), 女, 山东淄博人, 博士, 副研究员, 主要从事林木逆境生理和入侵生物学研究. E-mail: zhangch@caf.ac.cn

致谢:中国林业科学研究院林业研究所的付增娟研究生参加野外调查工作, 谨致谢忱

Foundation item: Beijing Natural Science Foundation (No. 6042024); Special funds for studies of public interests funded by the Ministry of Science and Technology (No. 2002DIB50122)

Received date: 2004-08-15; **Accepted date:** 2005-02-21

Biography: ZHANG Chuan-Hong, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in tree hardiness physiology and tree invasive biology. E-mail: zhangch@caf.ac.cn

showed that 10 kinds of native tree species could regenerate under a *Rhus typhina* canopy: *Koelreuteria paniculata* Laxm, *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Ulmus pumila* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. et T. B. Chao, *Syringa reticulata* (Bl.) Hara var. *amurrensis* (Rupr.) Pringle, *Celtis bungeana* Bl., *Rhamnus parvifolia* Bunge, *Malus baccata* (L.) Borkh., *Acer truncatum* Bunge and *Crataegus pinnatifida* Bunge. The growth of these species was good, so apparently, *Rhus typhina* didn't endanger the native arboreal community. Staghorn sumac was able to invade adjacent shrub vegetation. The average height of trees sprouting in shrub vegetation was higher than those sprouting in tree plantations. Further studies were needed to determine whether *Rhus typhina* would impact the growth of shrubs on bare mountains and whether *Rhus typhina* would influence the local plant biodiversity. The above results indicate that *Rhus typhina* can establish itself in a harsh environment. It is a good pioneer species in the bare hills. It was concluded that the species is not invasive in the natural and semi-natural arboreal ecosystems in mountainous areas of Beijing.

Key words: staghorn sumac; invasive; vegetative reproduction; dispersal

火炬树(*Rhus typhina* L.)是漆树科盐肤木属的树种,原产加拿大和美国。它是先锋造林树种,用途多,适应性广,并具有很好的观赏价值,早为各国引种栽培。我国 1959 年由中国科学院植物研究所引种,1974 年以来向全国各省区推广。目前以黄河流域以北各省(区)栽培较多,主要用于荒山绿化兼作盐碱荒地风景林树种^[1]。20 世纪 80 年代起在北京市郊区普遍栽培作道路绿化及山区水土保持和风景林经营。2004 年火炬树被列为北京市山区造林的 6 个灌木树种之一。

火炬树具有许多良好的生物学特性,但又具有许多入侵物种的特性,例如适应能力强,根孽繁殖,常成片分布,成熟早,结实量大等。Richard^[2]把火炬树列为美国和加拿大南部地区的杂草之一。刘全儒等^[3]2002 年将火炬树列为北京地区外来入侵植物之一。2004 年 2 月 7 日科技日报还发表了《火炬树属入侵物种大量种植凶多吉少》一文。火炬树 40 多年来是否成为或可能成为北京甚至中国的外来入侵性树种,学术界目前颇有争议,尚无定论。Cronk 和 Fuller^[4]明确定义入侵性植物是在自然或半自然生境中自然扩散的外来植物,能对生态系统的组成、结构或进程产生重要的影响。在一般土壤条件下,火炬树完全能通过根孽繁殖建立种群,许多文献有详细的报道^[5,6,7]。但火炬树是否能通过自然扩散,对北京自然或半自然生态系统的组成、结构或进程产生重要的影响?本文通过调查火炬树单株扩散和火炬树林分对北京当地的几种重要植被:侧柏人工林、油松人工林、刺槐人工林和灌木丛的扩散侵入状况,分析火炬树的入侵潜力,并评价它对北京自然、半自然森林生态系统的影响。

1 研究地区概况和研究方法

1.1 研究地区概况

北京地区位于华北大平原的北端,北纬 39°28'~41°02',东经 115°5'~11°30'之间的中纬地带。北与东北为燕山山地,西为太行山余脉西山山地,屏障着东南部北京小平原。北京市域的地理纬度和东邻渤海的海陆位置决定了区内为典型的南温带亚湿润大陆性季风气候。四季分明,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥。年均温为 16~12℃,全年无霜期一般在 180~200d。但南北差别较大。北部山区与南部比,年均温低 1~2℃以上,≥10℃的积温低 500℃以上,无霜期短约 1 个月。年平均降水量为 600mm 左右,季节分配不均,80%的降水集中在 6~9 月份,其中 70%又集中于 7~8 月份,且多以暴雨、阵雨形式下降。而冬春雨雪少,常有春旱发生。山地丘陵面积占区域总面积的 62%,多为海拔 200~500m 的低山丘陵和海拔 800~1 500m 的中山。最高峰东灵山海拔 2 303m。北京山地均呈北东~南西走向^[8]。研究地点包括北京八达岭林场、北京西山林场和北京房山区山地爆破造林示范区。不同调查地点的环境因子见表 1。

1.2 研究方法

1.2.1 火炬树无性繁殖扩散的调查

(1)火炬树单株的根孽扩散 单株扩散调查于 2004 年春在北京市房山区山地爆破造林示范区进行。单株根孽扩散反映单株树木在散生状态下通过无性繁殖对周围环境的入侵能力。选散生单株(半径 10m 内无相同树种),测量单株的树高(cm)和胸径(cm)。以母株为圆心,沿上坡向、下坡向各取 1 个 45°扇形调查(见图 1),调查根孽苗离调查单株的扩散距离(m)、幼苗高度(cm)、地径(cm)和株数。调查面积随根孽苗的扩散距离而定。并记录调查单株的生长状况和环境,立地情况和周围的植被情况:包括树种组成,造林时间,造林密度,林分郁闭度,灌木种类及盖度。

(2)火炬树林分林缘的繁殖扩散 林分林缘扩散调查于 2004 年春分别在北京八达岭林场、北京西山林场百望山森林公园、西山林场福寿岭分场、西山林场卧佛寺分场展开。林分林缘扩散反映林分的入侵潜力,可作为树种对周围生态系统影响的评价指标。火炬树林分林缘的繁殖扩散的方法是参照林分种子水平扩散的调查方法^[9,10]有所改动(图 2)。在垂直与林缘方向设置 1~3 个宽 2m 的样带,记录样带内根孽苗离林缘的距离、根孽苗的高度(cm)、地径(cm)和株数。并测量林缘单株的树高(cm)和地径(cm)。调查长度随根孽苗的扩散距离而定。并记录林分的类型,林缘的立地情况和植被情况,树种组成,造林时间,造林密

度,林分郁闭度,灌木种类及盖度。

表 1 火炬树不同调查地点的环境因子

Table 1 Environmental factors on different sites for <i>Rhus thyhina</i>							
调查地点 Site		地理位置 GL	土壤类型 Soil type	主要植被 MV	造林时间和方式 PTM	小地形 MT	人为干扰 AD
北京八达岭林场 BBFF		E 115°55" N 40°17"	山地褐土 MCS	灌木和荒草,人工林 Shrub, herbage and plantation	1989 年(1 年生实生苗) One-year-old seedling planted in 1989	沟谷 Valley	无 No
北京西山林场 BXFF	百望山森林 公园 BFP	E 116°15" N 40°01"	山地褐土 MCS	侧柏人工林 <i>Platycladus orientalis</i> plantation	1994~1995	窄条状台地 Narrow strip terrace	经常性割灌等 抚育管理 Regular tending
	福寿岭分场 FFSF	E 116°08" N 39°56"	砂壤土 Sabulous loam	灌木和和草本 Shrub and herbage	1995~1996 年穴状埋根 造林 Roots buried in hole in 1995~1996	山坡 Slope	无 No
	卧佛寺分场 EFSF	E 116°11" N 40°00"	山地褐土 MCS	人工林 Plantation	1995~1996	山坡 Slope	无 No
北京房山区山地爆破造林 示范区 DAAFD		E 115°43" N 39°34"	壤土 Loam	荒山 Barren mountain	1996 年截干造林 2 年生 苗 Two-year-old seedling with cut trunk planted in 1996	山坡 Slope	无 No

GL Geographic location; MV Main vegetation; PTM Planting time and planting manner; MT Microtopography; AD Artificial disturbance; BBFF Beijing Badaling Forest Farm; BXFF Beijing Xishan Forest Farm; BFP Baiwangshan Forest Park; FFSF Fushouling Forest subfarm; EFSF Efoshi Forest subfarm; DAAFD Demonstration area of afforestation through soil relocation by explosion of rocks in Fangshan district; MCS Mountain cinnamon soil; 下同 the same below

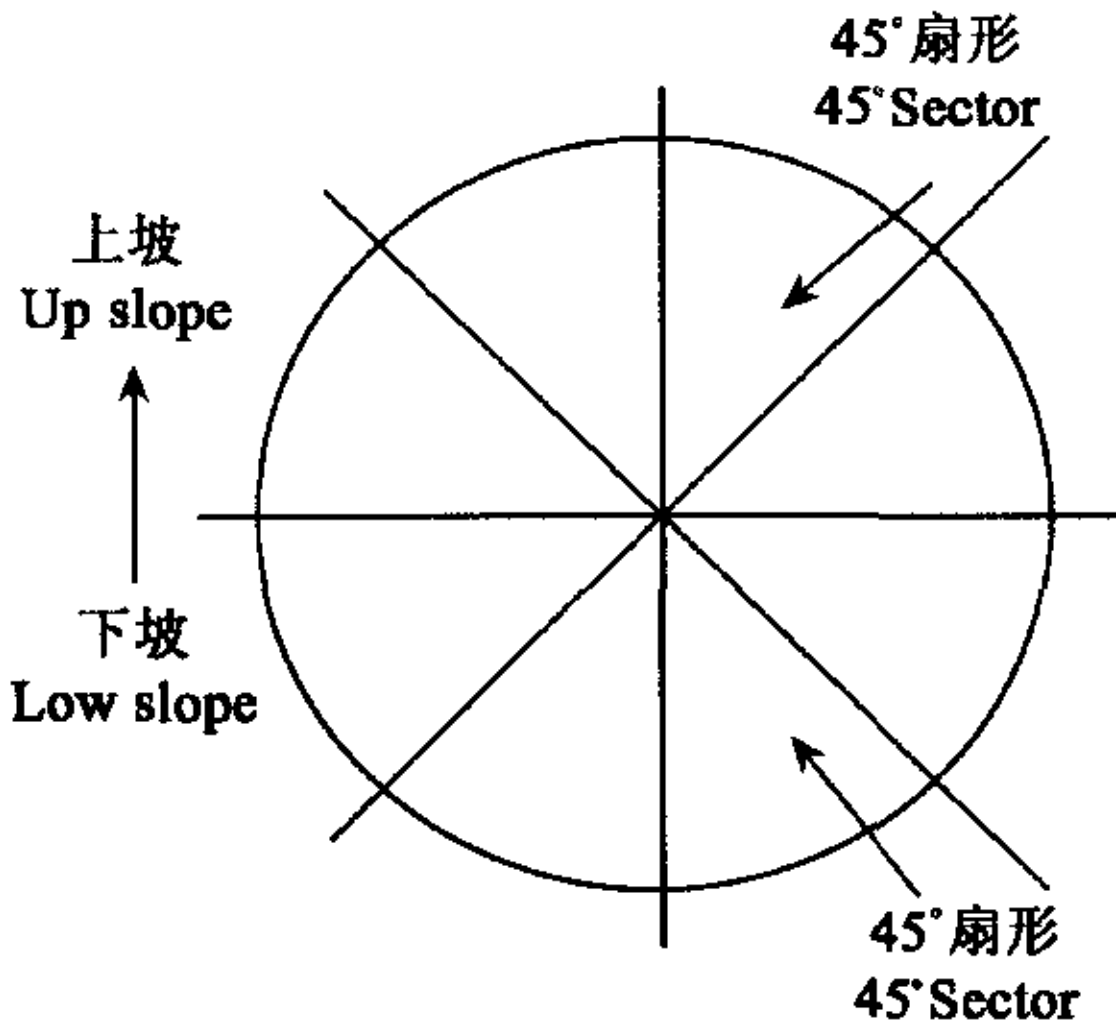


图 1 火炬树单株的萌蘖扩散调查示意图

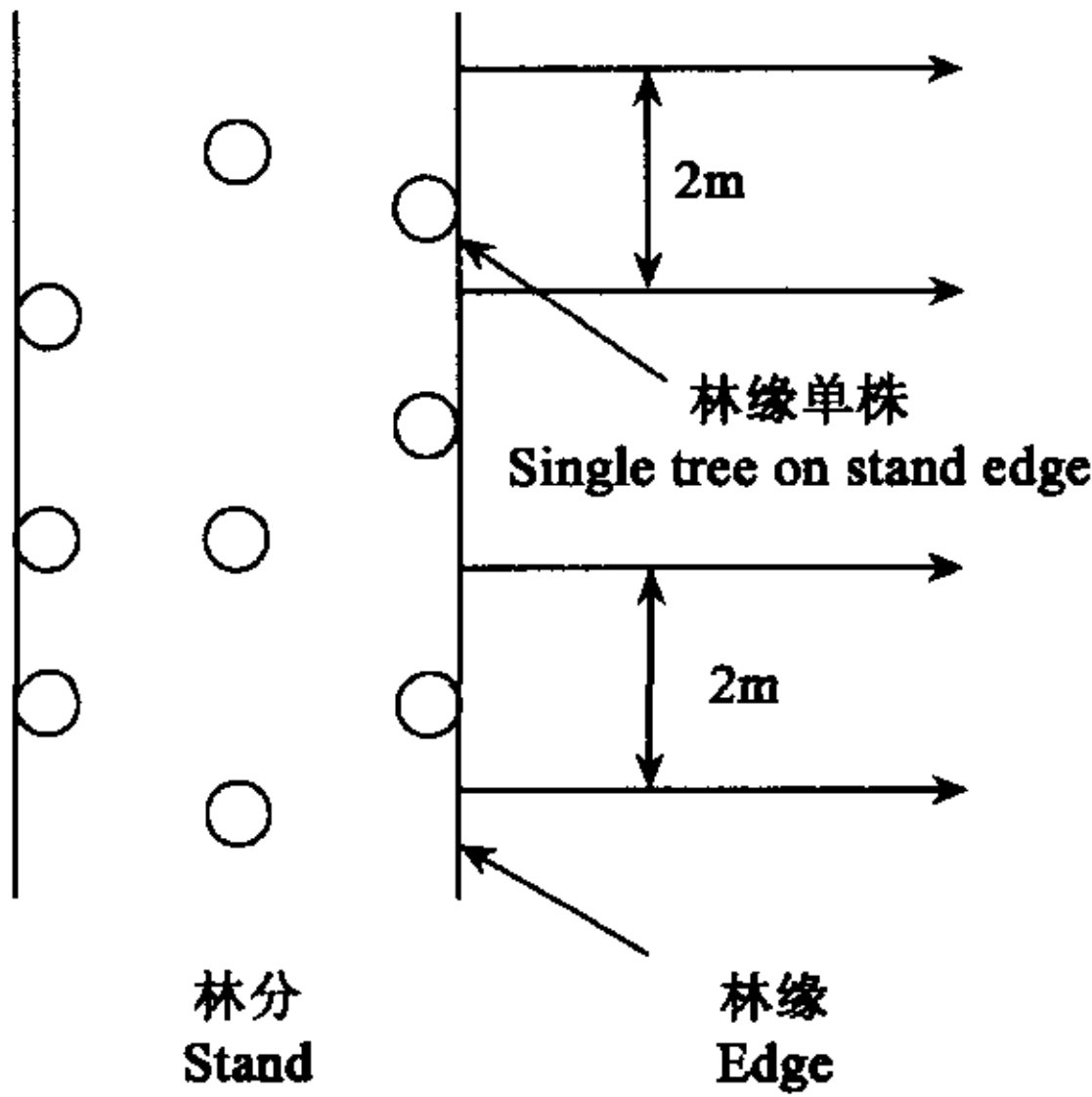


图 2 火炬树林分林缘的繁殖扩散调查示意图

Fig. 1 Diagram on single tree vegetative dispersal of *Rhus typhina* Fig. 2 Diagram on dispersal from stand edge of *Rhus typhina*

1.2.2 火炬树林下天然更新乔木的调查 火炬树林下天然更新乔木的调查于 2004 年夏分别在西山林场,北京八达岭林场展开。主要采用小样方法。选火炬树人工林典型地段或沿地形设长方形或正方形标准地 200~400m²,在每个标准地内均匀设 3~9 个 2 m×2 m 的小样方。在样方内调查天然更新乔木树种,并记录种名、株数、高度(cm)和地径(cm)。共调查研究了 5 个标准地 33 个小样方。

2 结果与分析

2.1 火炬树单株的萌蘖繁殖扩散

调查结果表明,立地条件是影响火炬树萌蘖繁殖扩散的主要因子之一。因为此林地为爆破造林示范区,主要造林树种是侧柏、油松和元宝枫等树种,由于造林时间短,此林分还没郁闭,林内光照充足,所以导致火炬树单株扩散距离和萌蘖株数差异的原因不是光照,而是立地条件。造林地立地条件差的地方有许多裸露的岩石。因此,土层薄,岩石多是影响和限制火炬树萌蘖扩散的主要因素。

立地条件因素影响火炬树单株扩散的距离和扩散的株数。从表 2 看出,8a 来火炬树单株单方向扩散距离大致有以下几种情况:45°扇形单方向扩散最远的是单株 1 号和 2 号向坡上的扩散,分别为 8.35m 和 8.15m;扩散较远的是单株 2 号向坡下和 4

号向坡上的扩散,分别为 6.50m 和 6.10m;扩散较近的是单株 1 号和 3 号向坡下的扩散,分别为 3.00m 和 2.87m;扩散最近的是单株 3 号向坡上和 4 号向坡下的扩散,分别为 1.45 m 和 1.62m。

表 2 火炬树单株的繁殖扩散

Table 2 Single tree vegetative dispersal of *Rhus typhina*

编号 No.	单株 Single tree		扩散方向 DD	扩散最远的距离 LDD(m)	平均树高 ATH(cm)	最高树高 MTH(cm)	平均地径 ABD(cm)	萌蘖数量(株) NST (tree)
	胸径 DBH(cm)	树高 TH(m)						
1	5.69/4.47/5.30	2.50	坡上 Up slope	8.35	73.03	230.00	1.02	96
			坡下 Low slope	3.00	74.89	124.00	1.47	8
2	5.2	2.50	坡上 Up slope	8.15	77.50	200.00	1.13	47
			坡下 Low slope	6.50	91.13	433.00	1.10	15
3	7.1*	1.90	坡上 Up slope	1.45	69.00	79.00	1.37	2
			坡下 Low slope	2.87	96.00	100.00	1.72	2
4	2.66/3.40	1.60	坡上 Up slope	6.10	77.55	160.00	1.24	11
			坡下 Low slope	1.62	76.00	76.00	1.90	1

①1996 年造 2 年生的苗,截干造林 Two-year-old seedlings with cut trunk were planted in 1996; ②被调查单株周围植被情况:单株 1 较好,下方有一侧柏高 2.6m;单株 2 岩石多,立地差;单株 3 主干在 1.3m 以下,立地差,全是裸露的岩石;单株 4 主干在 1.3cm 以下,旁有一株侧柏 Vegetation condition around the measured tree; Tree 1, grows well neighbored with a Chinese arbor-vitae (2.6m in height); Tree 2, bad condition with many rocks; Tree 3, trunk height is lower than 1.3m, poor condition with bare rocks; Tree 4, trunk height is lower than 1.3m and neighbored with a Chinese arbor-vitae; ③DBH Diameter at breast height; TH Tree height; DD Dispersal direction; LDD Longest dispersal distance; ATH Average tree height; MTH Maximum tree height; ABD Average base diameter; NST Number of sprouting trees;下同 the same below;④90cm 高度处直径 Diameter at the height of 90cm

4 株火炬树在不同方向的萌蘖株数也随立地条件不同而异。从表 2 看出大致趋势是单方向扩散距离远的萌蘖株数也多。8a 来火炬树单株单方向扩散萌蘖的最多株数达 96 株,较多的是 47 株,次多的是 8~15 株,最少的是 1~2 株。立地条件允许情况下,火炬树单株仍然向外萌蘖扩散。例如单株 1 号 2004 年向坡上新扩散 85.00cm;单株 2 号 2004 年分别向坡上新扩散 120.00cm,向坡下新扩散 140.00cm。而立地较差的单株 3 号和 4 号 2004 年都没有向外萌蘖扩散。

立地因素是否对萌蘖株的生长产生重要的影响?对单方向萌蘖株数在 8 株以上的萌蘖株高度进行方差分析(方差分析数据结果表略),发现以 95%的可靠性判断不同单株在不同方向上萌蘖株高度和地径没有显著差异。这说明在此调查地点,立地因素没有对火炬树萌蘖苗的生长产生重要影响。

在立地条件好些的山坡,火炬树单株扩散的萌蘖株地径分布在 2.00cm 以下的占 89.36%和 89.58%,2.00cm 以上的占 10.42%和 10.64%,并且有一株达 3.52cm。在立地条件差些的山坡,火炬树单株扩散的萌蘖株地径分布大多也在 2.00cm 以下,分别占总株数的 55.56%至 75.00%,地径没有大于 3.00cm 的。特别差的立地山坡,萌蘖火炬树的地径都小于 2.00cm。由此知,火炬树萌蘖产生的群体以小径阶的占主体(小于 2.00cm)。这说明火炬树萌蘖繁殖能力旺盛。

2.2 火炬树对北京乔木群落的繁殖扩散

2.2.1 火炬树对侧柏人工林的入侵 百望山森林公园约于 1994~95 造林的火炬树,现胸径平均 6.04 cm,树高平均 5.26m。10 年的繁殖扩散结果表明(见表 3),在侧柏人工林郁比度 0.5~0.8 情况下,火炬树最远的扩散距离为 4.70m,扩散的最多苗数量为 13 株,最高萌蘖株高度为 1.62m;有的林缘无扩散的萌蘖苗。调查的 7 个林缘扩散中,除坡下 4 在 2004 年向外扩散 30cm 外,其余都没有再向外萌蘖扩散。侧柏林下其他植被也比较丰富,例如酸枣(*Ziziphus acidojuzuba* C. Y. Cheng et M. J. Liu)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)、构树(*Broussonetia papyrifera* (L.) L' Hént. ex Vent.)、荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla* (Franch.)Rehd.)等。由此而知,火炬树 10a 来并未在侧柏人工林内萌蘖成片。它虽然能在侧柏林内萌蘖繁殖,但数量不多,并且也长不高,并不能对侧柏人工林造成威胁。

2.2.2 火炬树对油松人工林的入侵 从表 4 看出,15a 的生长表现表明火炬树向油松人工林内扩散的最远距离为 8.60m,最近距离为 5.35m;萌蘖株最高达 4.5m。扩散最多数量达 37 株,最少为 6 株。平均每年扩散的最远距离为 0.57m,平均每年最多扩散的株树约为 3 株。分析表明,火炬树能扩散进油松林内,但只要无人为采伐或破坏,火炬树也只能是油松林的伴生下木,不会影响油松的生长。八达岭林场的油松人工林经常抚育,因此林下植被较少,火炬树的扩散进入,还丰富了油松林下的植被。

油松林内的郁闭度明显影响火炬树的扩散数量和扩散规律。油松林 2 的郁闭度为 0.6,是一林隙,火炬树明显沿此林隙扩散了 8.6m,并且植株也高,最高为 4.5m,平均植株高 1.19m;而对于郁闭度大的油松林,火炬树只扩散了 5.35m 至 6.82m,苗最高为 1.30m,平均为 51.91cm。将图 3 的房山单株扩散和林缘的扩散比较可以发现火炬树向油松林内扩散的规律。图 3 房山

区单株由于是在荒山造林地,所以光照比较充足,因此萌蘖株分布的比较均匀。火炬树向油松林缘 2 沿林隙扩散的距离虽然没有荒山造林地的那么密集,但分布也比较均匀,主要是林隙的光照比较均匀。而火炬树向油松林缘 1 和 3 扩散则明显呈簇状分布,这明显与林内的光照分布有关。这说明光照,即油松林内的郁闭度影响火炬树的萌蘖扩散。

表 3 百望山森林公园火炬树林缘扩散情况

Table 3 Dispersal of <i>Rhus typhina</i> at Stand edge in Baiwangshan Forest Park								
扩散方向 DD	林分郁闭度 Canopy density	单株 Single tree		扩散最远的距离 LDD (m)	平均树高 ATH(cm)	最高树高 MTH(cm)	平均地径 ABD(cm)	萌蘖数量(株) NST(tree)
		胸径 DBH(cm)	树高 TH(m)					
坡上 1 Up slope 1	0.5	6.25/6.00	5.30/5.20	4.70	74.00	95.00	0.94	4
坡上 2 Up slope 2	0.5	6.50	6.30	无扩散苗 No spread sprouting trees				
坡上 3 Up slope 3	0.6	4.67	5.00	1.60	105.00	142.00	1.28	4
坡下 1 Low slope 1	0.6	5.20	5.00	1.35	95.00	95.00	1.29	2
坡下 2 Low slope 2	0.8	7.10	4.80	2.40	22.00	22.00	0.54	1
坡下 3 Low slope 3	0.5	6.71	6.00	3.75	57.00	162.00	0.57	9
坡下 4 Low slope 4	0.7	5.88	4.50	2.30	28.50	92.00	0.69	13

①林缘情况:坡下 2 和坡下 4 林缘单株长势衰弱;坡上 2、坡下 1 和坡下 3 是林窗;上坡坡度小于 20°;下坡坡度皆大于 30°;坡下 4 土壤较厚,石砾少;其余林缘表层石砾多,土壤瘠薄 Condition of stand edges: The single trees in low slope 2 and 4 grow badly; Up slope 2, low slope 1 and 3 are open areas in the forest; The degrees of up slopes are all less than 20; The degrees of low slopes are all larger than 30; The soil is thick with few gravels at low slope 4 and the soil is thin with many gravels at the other locations;②坡上 3:萌蘖的 4 棵中有 1 棵长到 34cm 高枯死 Up slope 3: One of the 4 sprouting trees died at the height of 34cm

表 4 火炬树对油松人工林的入侵(八达岭林场)

Table 4 Invasion of <i>Rhus typhina</i> into <i>Pinus tabulaeformis</i> plantation (Badaling Forest Farm)								
编号 No.	油松林郁闭度 Canopy density	林缘单株 Single tree at stand edge		扩散最远的 距离 LDD(m)	平均树高 ATH(cm)	最高树高 MTH(cm)	平均地径 ABD(cm)	萌蘖数量(株) NST(tree)
		胸径 DBH(cm)	树高 TH(m)					
1	0.8~0.9	6.48	4.80	6.82	51.91	100.00	0.64	11
2	0.6	6.80/8.10	5.30	8.60	119.03	450.00	1.57	37
3	0.7	5.90/8.00	4.60	5.35	50.42	130.00	1.51	25

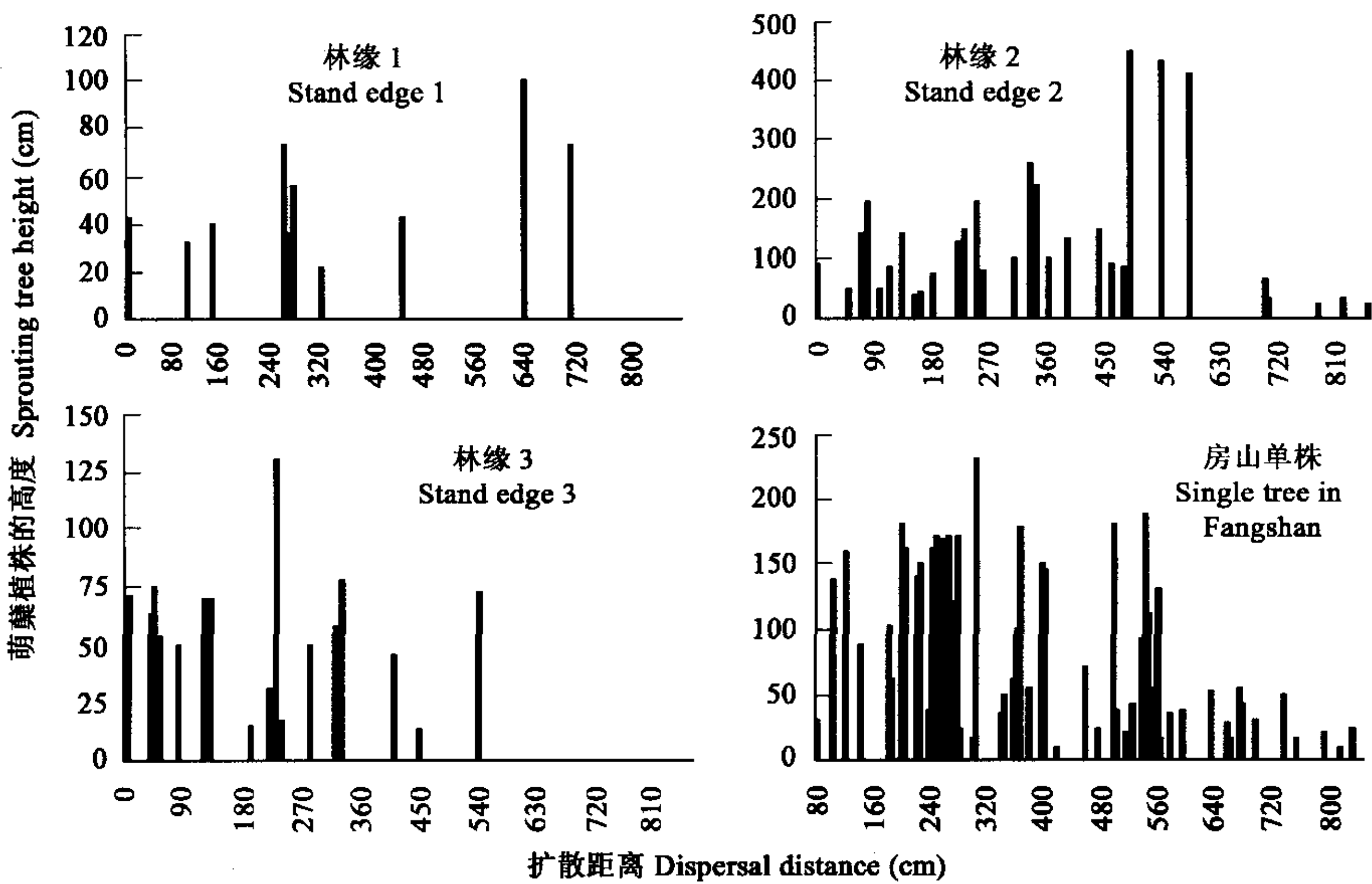


图 3 火炬树单株和林缘扩散

Fig. 3 Dispersals around single tree of *Rhus typhina* and at stand edges

2.2.3 火炬树对刺槐林的入侵 从表 5 看出,10a 的生长表现表明,火炬树林缘最远的扩散距离为 6.1m,萌蘖株最高为 3.4m,扩散最多数量为 33 株,但未扩散进刺槐林内。并且 2004 年林缘火炬树没有向外萌蘖扩散。

表 5 火炬树对刺槐林的入侵

Table 5 Invasion of *Rhus typhina* into *Robinia pseudocacia* plantation

编号 No.	单株 Single tree		扩散最远的 距离 LDD(m)	平均树高 ATH(cm)	最高树高 MTH(cm)	平均地径 ABD(cm)	萌蘖数量 (株) NST	去年萌蘖数量(株) STN in last year(tree)	新萌蘖数量(株) New NST (tree)
	胸径	树高							
	DBH(cm)	TH(m)							
1	8.02/6.50	5.60	6.10	117.31	340	1.40	26	3	2
2	8.30/6.20/4.10	5.50	5.44	122.58	330	1.34	33	1	0

西山林场福寿岭分场于 1995~96 年营造的火炬树埋根苗 *Rhus typhina* roots were buried in planting holes in 1995~1996 in Fushouling subfarm,Xishan Forest Farm

2.3 火炬树对灌木丛的入侵

从表 6 看出,火炬树能扩散进入邻近的灌木丛。八达岭林场扩散的最远距离为 6.33m,萌蘖数量最多为 11 株,平均树高为 2.12m,最高的树达 4.60m。而在西山林场火炬树扩散的距离差不多,最远 6.6m,而萌蘖的苗数最多达 45 株,明显多于八达岭林场。萌蘖苗的平均高为 1.96m,最高的树达 5.40m。两个造林地火炬树林缘萌蘖苗数量不同的原因是因为八达岭林场的火炬树是生长在河谷平缓地,而邻近的灌木林是生长在比其地势高的山坡上,推测是根系由下而上的扩散有一定的难度。

表 6 火炬树对灌木丛的入侵

Table 6 Invasion of *Rhus typhina* into shrub land

调查地点 Site	编号 No.	单株 Single tree		最远距离 LDD(m)	平均树高 ATH(cm)	最高树高 MTH(cm)	平均地径 ASD(cm)	萌蘖数量(个) NST(tree)
		胸径	树高					
		DBH(cm)	TH(m)					
八达岭林场	1	4.8	4.00	3.83	85.00	241.00	0.88	6
Badaling Forest Farm	2	12.09	4.65	6.33	211.91	460.00	1.94	11
西山林场福寿岭分场	1	11.50	5.70	4.60	196.32	540.00	1.64	41
Fushouling Forest Subfarm	2	6.70/5.40/6.80	4.30	6.60	177.82	470.00	1.58	45

八达岭林场灌木丛 1 的盖度为 80%;灌木丛 2 的盖度为 75% Land coverage of Shrub-land 1 and 2 in Badaling Forest Farm were 80% and 75% respectively

表 7 不同火炬树林分扩散萌蘖株高度比较

Table 7 Comparisons of heights of the sprouting trees among different *Rhus thyphina* stands

林缘 Stand edge	调查地点 Site	造林时间 Planting time	编号 No.	平均高度 ATH(cm)	最高树高 MTH(cm)
侧柏人工林 <i>Platicladus plantation</i>	百望山森林公园	1994~1995	坡下 3 Low slope 3	57.00	162.00
	BFP		坡下 4 Low slope 4	28.50	92.00
油松人工林 Chinese pine plantation	八达岭林场 BFF	1989(2 年生苗)	1	51.91	100.00
		1989(Two-year-old	2*	119.03	450.00
		seedling)	3	50.42	130.00
灌木丛 Shrub -land	八达岭林场 BFF		1	85.00	241.00
			2	211.91	460.00
灌木丛 Shrub-land	西山林场福寿岭分 场 FFSF of BXFF	1995~1996	1	196.32	540.00
			2	177.82	470.00

* 表示是林隙 open areas in forest;ATH Average tree height; MTH Maximum tree height

从表 7 可以看出,扩散进入灌木丛的火炬树明显高于扩散进入人工林的火炬树。除扩散进入油松林隙内的火炬树平均为 119.03cm 外,扩散进入侧柏人工林的火炬树平均高度分别为 57.00cm 和 28.50cm。扩散进入油松林 1 的平均高度为 51.91cm,油松林 3 为 50.43cm,最高单株为 162.00cm。而扩散进入灌木丛的火炬树平均高度都在 85.00cm 以上,最高单株达 460.00cm。这也说明光照明显影响火炬树的生长。

2.4 火炬树对北京当地乔木树种更新的影响

通过小样方调查北京山区发现,在火炬树萌孽更新形成的林分内有北京当地乔木树种在其中天然更新成苗,并且都生长正常。在西山卧佛寺分场调查 3 个小样方中有 2 个样方内有 5 棵天然更新树种,其中栎树 1 棵,高 23.00cm,侧柏 4 棵,平均高 104.00cm,都生长正常。调查西山林场的福寿岭分场 9 个小样方,其中有 4 个小样方内有 9 棵天然更新的幼苗,主要是榆树 8 棵,平均高 26.75 cm,1 棵臭椿,高 5.00cm。在八达岭林场调查 21 个小样方,其中有 13 个小样方内共有 35 棵天然更新的幼苗,

树种名称及生长高度见表 8。这说明火炬树不影响其林下当地主要树种的天然更新。调查中还发现,在火炬树林下更新的树种种类与火炬树周围生长的树种密切相关。

表 8 火炬树林下当地树种天然更新情况
Table 8 Natural regeneration of local tree species in *Rhus typhina* stands

调查地点 Site	树种名称 Name of tree species	株数 Number of trees	平均高 ATH(cm)	最高苗高 MTH(cm)
西山林场福寿岭分场	榆 <i>Ulmus pumila</i> L.	8	26.75	58.00
FFSF of BXFF	臭椿 <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. et T. B. Chao	1	5.00	5.00
西山林场卧佛寺分场	栎树 <i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	1	23.00	23.00
EFSF of BXFF	侧柏 <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	4	104.00	117.00
八达岭林场 BFF	暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> (Bl.) Hara var. <i>amurensis</i> (Rupr.) Pringle	7	30.57	40.00
	小叶朴 <i>Celtis bungeana</i> Bl.	7	11.00	30.00
	榆 <i>Ulmus pumila</i> L.	6	47.00	176.00
	小叶鼠李 <i>Rhamnus parvifolia</i> Bunge	6	22.33	25.00
	刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	15.00	30.00
	山荆子 <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	2	11.25	13.00
	元宝槭 <i>Acer truncatum</i> Bunge	2	10.50	12.00
	山楂树 <i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	1	13.00	13.00

3 讨论

火炬树可以通过根孽无性繁殖来扩大群体。火炬树根系较浅,每一条主根上的侧根所到之处,第 2 年春天都能长出许多小树苗。通常 5 年生植株,在其周围只要光照好,可发生 15~20 株萌蘖苗;7~8 年生时,在母株外半径 10m 内,可形成郁闭度 0.6 的群体^[1]。曹振岭等^[11]报道 6 年的火炬树根系生长最远点可达 7m(即 1.16m/a)。本文研究表明在北京荒山爆破造林示范区,火炬树单株 8 年来 45°扇形单方向扩散的最远距离为 8.35m,扩散萌孽的最多株数达 98 株。那就是说火炬树单方向平均每年最远扩散 1.04m,45°扇形方向每年最多萌孽扩散的株数达 12 株。在北京荒山造林的火炬树单株平均每年最多可萌孽 98 株,最多占地 3.14m²。与曹振岭等^[11]的数据相比,火炬树在荒山的扩散与在良好立地条件下扩散能力相当。立地条件差特别是土层薄,裸露的岩石多是影响火炬树扩散能力的主要因素。本研究还发现火炬树萌孽产生的群体中以小径阶的占主体(小于 2.00cm)。这说明火炬树萌孽繁殖能力旺盛,可以充分利用山地的有利条件来建立自己的种群,是荒山造林的好树种。

火炬树是专性先锋群落树种,它不耐荫。在北美洲,火炬树能在林地皆伐地浓密成片生长,但在未被干扰的松树人工林下没有出现火炬树^[12]。并且未被干扰的人工林下也没有火炬树萌发的实生苗^[13]。Bertin 和 Sholes^[14]调查发现火炬树在林地内只出现在不规则的稀疏林冠下或/和林隙内和林隙边缘。这与本文的调查发现一致,林缘群落内的光照明显影响火炬树的萌孽更新。林缘群落内的光照不仅影响萌孽株数量和分布,还影响萌孽株的生长。扩散进入灌木丛的萌孽株平均高度明显比扩散进入乔木群落的萌孽株高。通过分析发现,在北京山区人工种植的火炬树能通过根孽繁殖,扩散进入侧柏人工林、油松人工林和灌木林,幼苗能够生长。但由于火炬树是强阳性树种,不耐荫,对于乔木植被系统,火炬树虽然能扩散进去,但不能高密度成林,只能是下层木,很难形成优势群体;并且对主要乔木层树种的生长不能产生明显的影响。

火炬树林分内部能将光照强度降低 90%,这使得后来萌孽的火炬树幼苗难以长大,并且也抑制了草本植物在其下生长。只有耐荫的植物能在浓密的火炬树林下占据一席之地^[5]。在美国密执安州,以火炬树为优势种的林下能生长茂密的多年生地被植物,如偃麦草(*Elytrigia repens*)。当火炬树成熟后,林冠郁闭,地被植物开始减少。此时(一般 7~8a 后)许多树种开始侵入该立地,其中可观察到的树种有 13 种,有 9 种可以在火炬树林冠下生长,并且所有阔叶树种的幼苗密度最大。因此推测火炬树可通过降低地被植物的数量,减少与乔木树种幼苗的竞争,从而促进林分演替,树苗得以存活生长^[15]。本调查发现北京 10 种当地乔木树种和刺槐能在火炬树林下天然下种更新正常生长的情况,表明火炬树并不影响乔木树种的天然更新。侧柏是喜光树种,但幼苗和幼树都耐庇荫,在郁闭度 0.8 以上的林地上,天然下种更新良好。幼树在油松、刺槐、麻栎等树种的林冠下,生长良好,但在 20a 以后,需光量增大^[16]。由此推测,火炬树不会影响侧柏的更新。元宝枫同样稍耐荫,喜侧方庇荫,幼苗幼树时期耐荫性较强,在林内能与其它树种混生构成第 2 林层^[16]。从群落演替角度考虑,火炬树强阳性的生态学特性和树高一般不超过 10m 的特性决定了它只能是先锋造林树种,不可能成为顶极群落,火炬树的群落最终会被北京当地的优势树种所代替。

本研究表明,火炬树能扩散进入灌木丛,并且生长高度比灌木高,成为灌木丛的上层木,但是否对北京当地主要灌木的生长产生影响还需开展进一步研究。另一方面,只有灌木生长的地方一般立地条件很差,如果火炬树能作为先锋树种扩散进去,抑制

了其它灌木或草本植物的生长,排除杂草的竞争,为其它乔木树种的进入建群创造条件;并且火炬树秋季枯枝落叶层厚,可达10~30mm,既起到了覆盖地面保墒的作用,又增加了腐殖质的含量,使土壤肥力得到改良,为其他的优势树种的建群奠定良好的基础^[11]。火炬树在没有其他植被的裸露立地或灌木丛,即使非常贫瘠,通过优良的无性繁殖特性,能够存活并迅速郁闭,再次证明火炬树是良好的荒山造林的先锋树种。

References:

- [1] Pan Z G, You Y T. *Growing exotic trees in China*. Beijing: Beijing Science & Technology Press, 1994. 525~528.
- [2] Richard H U, Joseph C N and Joseph M D. *Weeds of the Northeast*. New York: Comstock Publishing Associates, 1997. 326~327.
- [3] Liu Q R, Yu M, Zhou Y L. Preliminary study on invasive exotic plants in Beijing areas. *Journal of Beijing Normal University*(Natural Science), 2002, **38**(3): 399~40.
- [4] Cronk Q C B and Fuller J L. *Plant Invaders; the threat to natural ecosystems*. London: Chapman & Hall, 1995.
- [5] Luken J O. Interaction between seed production and vegetative growth in staghorn sumac *Rhus typhina* L. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. , 1987, **114**(3): 247~251.
- [6] Luken J O. Gradual and episodic changes in the structure of *Rhus typhina* clones. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. , 1990, **117**(3): 221~225.
- [7] Lovett Doust J and L Lovett Doust. Modules of production and reproduction in a dioecious clonal shrub, *Rhus typhina*. *Ecology*, 1988, **69**(3): 741~750.
- [8] Han G H. *History, Population and Geography of Beijing*. Beijing: Beijing University Press, 1996. 26~29.
- [9] Guevara S and Laborde J. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees tropical pastures: consequence for local species availability. *Vegetatio*, 1993, **107/108**: 319~338.
- [10] Zha T G, Sun X Y, Wang D Z, et al. Study on seed rain in Chinese arbor-vitae plantation in Beijing Xishan district. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, **25**(1): 28~31.
- [11] Cao Z L, Dong Y H, Sun L, et al. *Rhus typhina*. *Unique and economical animals and plants*, 2003, **6**: 34~35.
- [12] Sullivan J. *Rhus typhina*. <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/thutyp/>, 1994.
- [13] Artigas Francisco J, Boerner Rhlph E J. Advance regeneration and seed banking of woody plants in Ohio pine plantations: implications for landscape change. *Landscape Ecology*, 1989, **2**(3): 139~150.
- [14] Bertin Robert I and Sholes Owen D V. Weather, pollination and the phenology of *Geranium maculatum*. *American Midland Naturalist*, 1993, **129**: 52~66.
- [15] Werner Prtricia A, Harbeck Amy L. The pattern of tree seedling establishment relative to staghorn sumac cover in Michigan old fields. *American Midland Nuturalist*, 1982, **108**: 124~132.
- [16] Editorial board of Sylva Sinica. *Afforesting technology of main tree species in China*. Beijing: Agriculture Press, 1978. 274~281.

参考文献:

- [1] 潘志刚, 游应天. 中国主要外来树种引种栽培. 北京: 北京科学技术出版社, 1994. 525~528.
- [3] 刘全儒, 于明, 周云龙. 北京地区外来入侵植物的初步研究. 北京师范大学学报(自然科学版), 2002, **38**(3): 399~40.
- [8] 韩光辉. 北京历史人口地理. 北京: 北京大学出版社, 1996. 26~29.
- [10] 查同刚, 孙向阳, 王登芝, 等. 北京西山地区人工侧柏林种子雨的研究. 北京林业大学学报, 2003, **25**(1): 28~31.
- [11] 曹振岭, 佟亚辉, 孙蕾, 等. 火炬树. 独特经济动植物, 2003, **6**: 34~35
- [16] 中国树木志编委会主编. 中国主要树种造林技术. 北京: 农业出版社, 1978. 274~281.