

网络出版时间:2012-12-21 17:30

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20121221.1730.031.html

秦岭中段红桦次生林更新特征研究

高妍夏,康 冰,迪玮峙,杜焰玲,李万春,张 莹

(西北农林科技大学 生命科学学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】研究秦岭中段红桦(*Betula albo-sinensis*)次生林的更新特征,为红桦林的近自然恢复提供理论依据。【方法】应用典型样地法,调查红桦次生林的更新状况,分析林下木本植物更新特征及生物和非生物因子对其的影响。【结果】更新层共有木本植物 59 种,其中乔木树种有 25 种,占有木本植物总数的 42.4%。更新的木本植物中以灌木种居多,优势种有箭竹(*Fargesia spathacea*)、悬钩子(*Rubus corchorifolius*)等,红桦在群落更新层中的优势地位不明显。红桦次生林木本植物幼苗在 40~60 cm 高度级内数量最多,0~20 cm 高度级内分布很少。林下木本植物的更新方式以萌生为主。林分密度对木本植物幼苗、幼树更新密度的影响相似,即其更新密度均随着林分密度的增加呈先增加后减少的趋势。阳坡(南偏西 40°)利于幼树生长,随着坡向转为阴坡,幼苗密度逐渐增加,而幼树密度呈不同程度的减少。海拔对红桦次生林林下木本植物的更新也有明显影响,当海拔从 1 825 m 增加到 2 449 m 时,幼苗密度下降,幼树密度增大;但当海拔增加到 2 467 m 时,幼苗密度增加,幼树密度减少。【结论】秦岭中段的红桦次生林处于演替后期,林分更新能力较差。

【关键词】 秦岭山地;红桦次生林;更新特征;林分密度;环境因子

【中图分类号】 Q948;S792.159

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)01-0163-07

Regeneration characteristics of *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

GAO Yan-xia, KANG Bing, DI Wei-zhi, DU Yan-ling, LI Wan-chun, ZHANG Ying

(College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This paper focused on regeneration characteristics of the *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains, to provide theoretical reference for the near-nature recovery of *Betula albo-sinensis* forests. 【Method】 By the typical sample plots method, we investigated the regeneration of the *Betula albo-sinensis* secondary forests, analyzed regeneration characteristics of understory woody plant and the impacts from the biotic and abiotic factors. 【Result】 There were 25 arbor tree species, accounting for 42.4% of all 59 woody species in regenerational layer. Shrubs were the majority species among the regeneration woody plant and the dominating species were *Fargesia spathacea*, *Rubus corchorifolius*, etc. Dominance of *Betula albo-sinensis* in the community renewal layers was not obvious. The maximum of secondary forest woody plant seedlings of *Betula albo-sinensis* was in the class of 40—60 cm height while there was much less in the class of 0—20 cm height. The main regeneration type in understory was sprouting. The effects of stand density on saplings and seedlings density were similar, i. e. both of them

【收稿日期】 2012-04-27

【基金项目】 国家林业公益性行业科研专项(200804022B);国家自然科学基金项目(31070570);国家科技基础性专项重点项目(2007FY110800)

【作者简介】 高妍夏(1986—),女,内蒙古锡林浩特人,在读硕士,主要从事生物多样性与资源利用研究。

E-mail:summergyx@163.com

【通信作者】 康 冰(1969—),男,陕西礼泉人,副教授,博士,主要从事退化生态系统植被恢复研究。E-mail:ylkangbing@163.com

increased initially and declined after the peak as the stand density increased. Saplings benefited from sunny slope(SW40°). The seedlings density increased but sapling density decreased inordinately as the direction changed to shady slop. There were various effects of altitude on *Betula albo-sinensis* secondary forests regeneration woody plant. When the altitude rose up from 1 825 m to 2 449 m, the density of seedlings decreased gradually, while the density of saplings increased. The density of saplings decreased and the density of seedlings increased when the altitude increased to 2 467 m. 【Conclusion】 *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains are in the late stage of succession, the regeneration of tree species is not intensive.

Key words: Qinling Mountains; *Betula albo-sinensis* secondary forests; regeneration characteristics; stand density; environmental factor

天然更新是依靠林下层植被的自然发育来实现退化森林生态系统的恢复, 培育出合乎自然规律的高生物多样性和高生态质量的森林^[1-2]。林下更新植被是维系整个森林生态系统植被多样性的重要组成部分^[2-3]。

红桦(*Betula albo-sinensis*)属桦木科桦木属落叶乔木, 主要分布于暖温带及北亚热带的高、中山地区, 在山地垂直带谱中一般处于落叶阔叶林带之上。在秦岭地区, 红桦林是植被垂直带谱的重要组成部分, 也是主要的建群树种, 常构成纯林或以红桦为优势种的混交林; 在北坡分布于海拔 2 200~2 750 m, 南坡分布在海拔 1 950~2 650 m^[4]。该地区红桦林经 20 世纪 60—70 年代的大规模采伐后, 天然林基本砍伐殆尽, 形成了大面积的红桦次生林^[5]。

目前, 学者们对红桦的研究主要集中在群落学特征及生物量方面^[6-10], 虽对秦岭中段红桦林的更新^[11-12]也有一些研究, 但主要是针对建群种。本研究结合红桦次生林中所有的木本植物, 研究其天然更新过程和机制, 这对阐明森林生物多样性维持机制乃至群落的稳定性与演替规律等都具有一定的理论意义, 而且对森林恢复具有重要的应用价值^[13-15]。

1 研究地区及方法

1.1 研究地区

在秦岭中段红桦次生林主要分布区域, 分别选取具有一定代表性的宁陕火地塘、佛坪自然保护区和太白山自然保护区设置样地。其中, 宁陕火地塘(N33°18′~33°28′, E108°20′~108°39′)地处秦岭中段南坡, 海拔 1 420~2 474 m, 属北亚热带气候区, 年降水量 900~1 200 mm, 年均气温 6.5℃, 无霜期 178 d^[16]; 佛坪自然保护区(N32°32′~33°43′, E107°41′~107°56′)位于秦岭中段南坡佛坪县境内

西北部, 海拔 980~2 904 m, 属季风气候区, 是山地暖温带与北亚热带的分界线地段, 年降水量 938~1 129.6 mm, 年平均气温 11.4~13℃, 无霜期 225 d^[2]; 太白山自然保护区(N33°40′~34°10′, E107°19′~107°58′)地跨秦岭主脊南北, 以主峰拔仙台为中心呈近似鱼状分布, 处于暖温带的最南端, 最高峰拔仙海拔 3 767.2 m, 保护区北大门黑虎关海拔 1 060 m, 相对高差 2 707.20 m, 年降水量 580~1 000 mm 左右, 年均气温 2.5℃, 无霜期 160~196 d^[16-18]。3 个研究区域均属暖温带季风型半湿润山地气候, 兼有北亚热带气候的特点^[2]。

1.2 研究方法

在 3 个研究区域内, 依据对群落更新有影响的生物因子(林分密度)及非生物因子(海拔、坡向), 选取林龄一致、发育阶段一致且有代表性的红桦群落, 建立 20 m×25 m 样地 36 个, 平均林龄 28 年。依据单一因子选取的样地集中在同一区域内, 避免由于地理位置差异对单一因子影响结果的干扰。其中, 依据林分密度布设样地 10 个, 位于佛坪自然保护区; 依据坡向设置样地 12 个, 位于宁陕火地塘; 依据海拔梯度设置样地 14 个, 位于太白山自然保护区。分别在每个乔木样地的四角和中心设置 5 个 2 m×2 m 的更新苗小样方^[2]。

利用 GPS 测定样地的地理坐标和海拔, 同时记录样地的海拔高度和坡向等生境因子; 对样地内胸径 3 cm 以上的乔木记录树种名、胸径、树高、冠幅、树龄及生长状况等; 在更新苗小样方中, 记录所有木本植物更新幼苗(Seedling, $H < 1$ m)和幼树(Sapling, $1 \text{ m} \leq H < 3$ m)的种类、株数、高度、盖度、树龄等^[16]。

将 1 个根系上只有 1 个茎干归为实生株(单干基株), 有 1 个以上茎干归为萌生株(多干基株, 即生于同一个根系的植株, 无论茎干数量多少均为 1 个

基株)。记录样方内所有乔木、灌木植物幼苗的种类、基株数及通过萌生发生的茎干数和高度^[7]。

实(萌)生比例=实(萌)生苗个体数/总幼苗个体数×100%^[17]。

更新层物种重要值=相对频度(%) + 相对密度(%) + 相对盖度(%),重要值取值范围在 0 ~ 300%^[16]。

试验数据均采用 Excel 2007 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 红桦次生林更新木本植物的重要值

依据 180 个更新苗小样方数据,统计分析红桦次生林林下更新的木本植物重要值,结果见表 1。从表 1 可以看出,红桦次生林林下共有木本植物幼苗、幼树 59 种,其中乔木树种有 25 种,占有木本

植物总数的 42.4%;灌木树种有 34 种,占木本植物总数的 57.6%。更新层中的乔木树种较少,不利于森林群落结构的自然优化^[17]。更新的木本植物中,优势种有箭竹(*Fargesia spathacea*),重要值大于 70%;次优势种为悬钩子(*Rubus corchorifolius*),重要值大于 20%;亚优势种为山梅花(*Philadelphus incanus*)、华北绣线菊(*Spiraea fritschiana*)、珍珠梅(*Sorbaria kirilowii*)、木姜子(*Litsea pungens*)和毛樱桃(*Cerasus tomentosa*),重要值均大于 10%。箭竹的适应性强,其对林下环境资源的利用更为宽泛;悬钩子的优势地位也很明显,因为其耐贫瘠,对资源的利用较充分。5 种亚优势种也均为灌木。林分的建群种红桦并没有成为林下更新层的优势种,说明该研究区域内的红桦自我更新能力较差,为衰退种群。

表 1 秦岭中段红桦次生林木本植物幼苗、幼树的种类组成和重要值

Table 1 Species compositions and important values of woody plant seedlings and saplings in *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

序号 Code	种名 Species	重要值/% Importance value	生活型 Life form	序号 Code	种名 Species	重要值/% Importance value	生活型 Life form
1	箭竹 <i>Fargesia spathacea</i>	70.64	S	31	桦叶荚蒾 <i>Vinurnum betuli foljkium</i>	2.68	S
2	悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i>	21.86	S	32	野樱桃 <i>Prumus serotina</i>	2.57	T
3	山梅花 <i>Philadelphus incanus</i>	16.53	S	33	冰川茶藨子 <i>Ribes glaciale</i>	2.43	S
4	华北绣线菊 <i>Spiraea fritschiana</i>	15.36	S	34	胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>	2.38	S
5	珍珠梅 <i>Sorbaria kirilowii</i>	12.92	S	35	秦岭箭竹 <i>Fargesia qinlingensis</i>	2.04	S
6	木姜子 <i>Litsea pungens</i>	12.35	T	36	杭子梢 <i>Campylotropis macrocarpa</i>	1.90	S
7	毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	10.36	T	37	紫丁香 <i>Syringa oblata</i>	1.88	S
8	蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	7.91	S	38	云杉 <i>Picea asperata</i>	1.53	T
9	泡花树 <i>Meliosma cunei folia</i>	6.92	T	39	麻叶绣线菊 <i>Spiraea cantoniensis</i>	1.39	S
10	陕甘黄毛槭 <i>Acer fulvescens</i>	6.88	T	40	茶条槭 <i>Acer gimnala</i>	1.34	T
11	红桦 <i>Betula albo-sinensis</i>	6.71	T	41	鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	1.27	T
12	六道木 <i>Abelia dielsii</i>	5.95	S	42	青麸杨 <i>Rhus potaninii</i>	1.19	T
13	辽东丁香 <i>Syringa wolfi</i>	5.49	S	43	蜀五加 <i>Acanthopanax setchuenensis</i>	1.19	S
14	五角枫 <i>Acer mono</i>	5.22	T	44	大果榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	1.12	T
15	峨眉蔷薇 <i>Rosa omeiensis</i>	5.08	S	45	华山松 <i>Pinus armandii</i>	1.05	T
16	株木 <i>Cornus macrophylla</i>	4.87	T	46	漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	1.04	T
17	忍冬 <i>Lonicera japonica</i>	4.81	L	47	葛萝槭 <i>Acer grosseri</i>	1.01	T
18	接骨木 <i>Sambucus williamsii</i>	4.46	S	48	荚蒾 <i>Viburnum fordiae</i>	0.96	S
19	多花木蓝 <i>Indigofera ambylantha</i>	4.03	S	49	蜡子树 <i>Ligustrum molliculum</i>	0.89	S
20	秦岭蔷薇 <i>Rosa tsinglingensis</i>	3.82	S	50	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	0.83	T
21	卫矛 <i>Euonymus alatus</i>	3.68	S	51	秦岭木姜子 <i>Litsea tsinlingensis</i>	0.75	T
22	菝葜 <i>Smilax china</i>	3.46	L	52	栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanus</i>	0.74	S
23	八仙花 <i>Hydrangea macrophylla</i>	3.45	S	53	五加 <i>Acanthopanax gracilistylus</i>	0.68	S
24	栒子 <i>Cotoneaster horizontalis</i>	3.43	S	54	帚菊 <i>Pertya sinensis</i>	0.59	S
25	稠李 <i>Prunus padus</i>	3.18	T	55	金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i>	0.59	S
26	锐齿栎 <i>Quercus alienavar</i>	2.98	T	56	鞘柄菝葜 <i>Smilax stans</i>	0.57	L
27	花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	2.95	T	57	椴树 <i>Tilia tuan</i>	0.54	T
28	青蛙皮槭 <i>Acer grosseri</i>	2.92	T	58	华北落叶松 <i>Larix princips-rupprechtii</i>	0.51	T
29	山柳 <i>Salix. pseudotangii</i>	2.84	T	59	胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	0.49	S
30	猕猴桃 <i>Actinidia chinensis</i>	2.80	L				

注:T. 乔木;S. 灌木;L. 藤本。
Note:T. Tree;S. Shrub;L. Liana.

2.2 红桦次生林木本植物幼苗幼树的高度级分布

从图 1 可以看出,40~60 cm 高度级内幼苗数量最多,其次是 60~80,20~40 和 200 cm 以上高度

级,说明幼树及接近成树的数量较多。但 0~20 cm 高度级内分布很少,可见群落中幼苗数量缺乏,在很大程度上限制了红桦林下木本植物的天然更新。

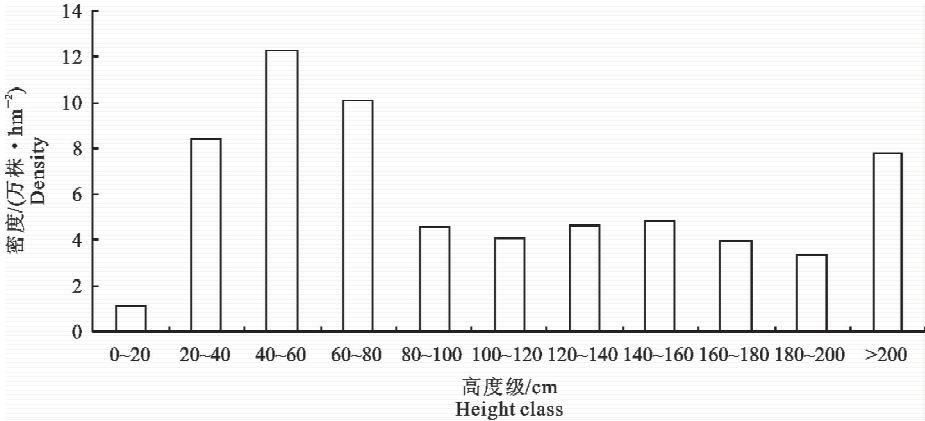


图 1 秦岭中段红桦次生林群落木本植物幼苗幼树的高度级分布

Fig. 1 Seedlings and saplings densities distribution of woody plant at different heights in *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

2.3 红桦次生林木本植物幼苗的更新方式

从图 2 可以看出,在红桦次生林林下更新层中,灌木幼苗(树)数量占绝对优势。乔木实生苗、乔木萌生苗、灌木实生苗和灌木萌生苗分别占幼苗总量的 10.3%,15.1%,24.1%和 50.5%,萌生苗的数量占林下更新苗总量的 65.6%,说明林下更新层的乔

木和灌木均以萌生更新为主,而实生更新不足,这不利于物种种群的扩展及次生林结构的优化^[17]。

2.4 红桦次生林群落木本植物更新的主要影响因子

2.4.1 林分密度对木本植物幼苗幼树密度的影响

统计分析不同林分密度红桦次生林中更新的木本植物幼苗幼树密度,结果见图 3。

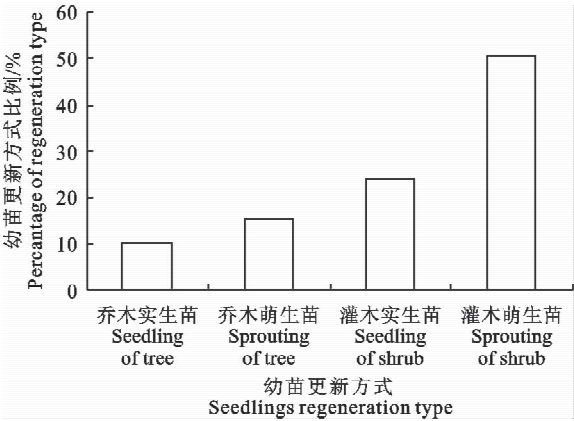


图 2 秦岭中段红桦次生林群落木本植物幼苗的更新方式

Fig. 2 Regeneration modes of seedlings in *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

从图 3 可以看出,林分密度对幼苗、幼树更新密度的影响相似,均随着林分密度的增加呈现出先增加后减少的趋势。不同之处是趋势发生变化的转折点不同:幼苗密度在林分密度为 680~1 700 株/hm²

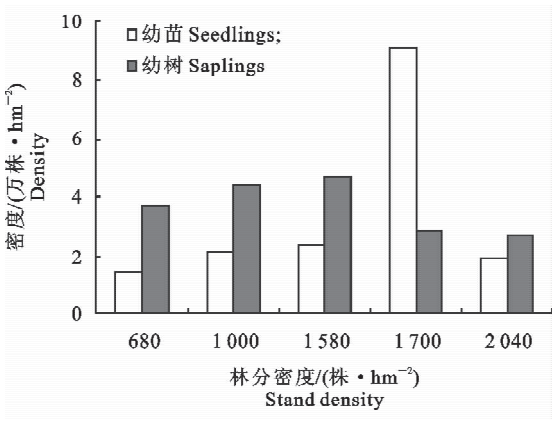


图 3 林分密度对秦岭中段红桦次生林群落木本植物幼苗幼树更新密度的影响

Fig. 3 Effects of different stand densities on the seedlings and saplings densities in *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

时逐渐增加,且林分密度为 1 580~1 700 株/hm²时幼苗密度增幅较大,当林分密度增大到 2 040 株/hm²,幼苗密度急剧减少。这是由于林下植物幼苗具有一定的喜阴性,低密度林分内光照强度大且

水分蒸腾量大,抑制了幼苗的发育,当林分密度较大时,数量过多的乔木层树木对幼苗养分和水分的竞争,抑制了幼苗的构建。幼树密度在林分密度为 680~1 580 株/hm² 时不断增加,随着林分密度继续增加,幼树密度逐渐减少。原因是红桦的冠层结构遮光度较高,密度较小的林内具备较大的光照强度,利于幼树的发育,当林分密度增大时,林内光照减少,使得幼树的发育受到限制。

2.4.2 坡向对木本植物幼苗幼树密度的影响 从图 4 可以看出,不同坡向对红桦次生林林下幼苗幼树密度的大小影响各异。阳坡(SW40°)林分中幼树生长状况较好,因为红桦林分郁闭度较大,只有阳坡林分内才有一定强度的光照,可满足幼树发育的需要。随着坡向转为阴坡,幼苗密度逐渐增加,幼树密度有不同程度的减少,主要是因为阴坡林分内土壤

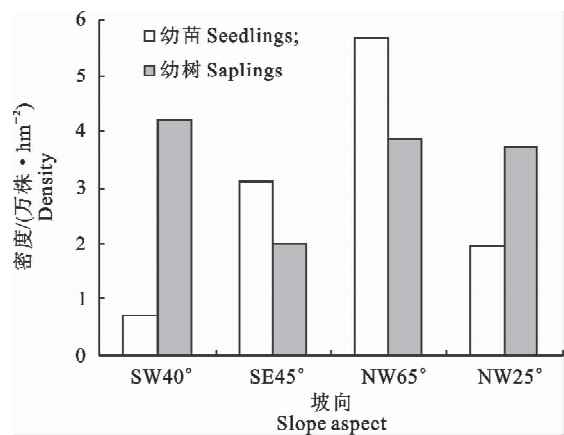


图 4 坡向对秦岭中段红桦次生林群落木本植物幼苗幼树更新密度的影响

Fig. 4 Effects of different slop directions on the seedlings and saplings densities in *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

3 讨论与结论

天然更新是次生林持续发展的主导作用因子,木本植物的幼苗更新状况,尤其是林下幼苗、幼树的数量和种类^[16],直接影响植物种群的数量及分布格局,是森林群落演替、植被生态恢复等过程中的关键步骤,最终可影响到森林群落的演替过程。落叶阔叶林是秦岭山地的地带性植被,也是暖温带的顶级群落。红桦作为先锋树种,其林下树种的更新对种群的增殖、扩散、延续和群落稳定性维持具有重要的作用^[17]。

3.1 红桦次生林群落木本植物的更新特征

秦岭中段红桦次生林群落林下更新层的木本植

水分含量较高,有利于幼苗萌发;而阴坡林分内光照较弱,不利于幼树生长。

2.4.3 海拔对木本植物幼苗幼树密度的影响 从图 5 可以看出,海拔对红桦次生林林下木本植物更新密度的影响也很明显。在海拔 1 825 m 的林分内更新的幼苗密度高于 9 万株/hm²,当海拔从 1 825 m 增加到 2 449 m 时,幼苗密度呈下降趋势,幼树密度则呈增长趋势。较高海拔的林分内温度较低,不适宜种子的萌发,幼苗密度相对较低。此外,高海拔区域阔叶母树资源缺乏也导致幼苗数量减少。但高海拔林分内土壤的养分和水分含量都较高,有利于幼树的发育。当海拔增加到 2 467 m 后,幼树密度较海拔 2 449 m 时减少,这是由于较高海拔地区的温度太低,抑制了幼树的正常发育。

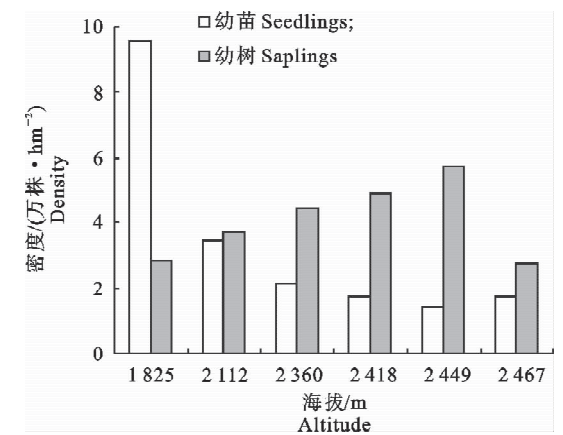


图 5 海拔对秦岭中段红桦次生林群落木本植物幼苗幼树更新密度的影响

Fig. 5 Effects of different altitudes on the seedling and sapling densities in *Betula albo-sinensis* secondary forests in the middle range of Qinling Mountains

物丰富,其中乔木种类较少,不利于红桦次生林群落结构及功能的优化。红桦的母树数量很大,但是其幼苗、幼树在次生林群落中的优势地位不明显,说明红桦现阶段自我更新能力很差。大多数更新树种重要值较低,主要是因为该次生林群落处于人为强烈干扰后的恢复后期,林下树种处于随机分布,没有形成明显的竞争关系。由于红桦是阳性树种,喜光,采伐后的迹地上光照强,因此红桦在刚开始恢复时更新较快;群落恢复后期,红桦的树冠宽大,林内环境阴蔽,红桦自身及林下其他木本植物的更新能力都受到了抑制^[5]。

木本植物更新链为种子(无性繁殖体)→幼苗→幼树→成树^[2],因此幼苗幼树高度级可有效揭示林

下更新层的发育状况。本研究分析了红桦林下更新幼苗幼树高度级的分布状况,可知红桦林下幼苗数量匮乏,这样不能为林下木本植物的更新提供保障,而且幼苗(树)在每个高度级内均有分布且幼树及接近成树的数量较多。从林下木本植物幼苗的更新方式来看,不论乔木还是灌木,均以萌生更新为主,这不利于林下更新层物种遗传多样性的维持^[4]。由于灌木的萌生能力较强,萌生株根系发达,在森林群落演替过程中处于优势地位,部分更新乔木已经进入乔木层。随着时间的推移,灌木幼苗数量会不断减少,乔木在发展演替中的地位将逐渐突出,说明该群落处于演替后期^[19]。

一些学者在对秦岭植被垂直带及物种多样性的研究中发现,桦林在此区域内呈现明显的优势,常形成大面积纯林,且在地质时期和现代都能形成固定的地带性群落,因此将桦林作为地带性森林群落看待^[9,19]。但也有调查显示,桦林建群种的种群配置很不均匀,幼苗幼树缺乏,自然更新极差,从群落中幼树幼苗的更新状况来看,桦林不可能发展成优势群落,只能形成不稳定的群落或者次生林,必将被适于地带性气候的顶级群落替代^[11-12]。

本研究结果表明:秦岭中段的红桦次生林处于演替后期,建群种红桦以成熟的个体为主,林下木本植物天然更新状况普遍不良。这与李家俊^[11]、傅志军等^[12]研究认为秦岭中段太白山地区红桦林自然更新较差的结论比较一致。本研究发现,秦岭中段红桦次生林群落现阶段林下木本植物更新苗均较少,由于红桦是阔叶树种,生活力旺盛,群落内阴蔽性好,其他树种很难更新起来并拓展种群,抑制了林下物种的更新,导致单一树种的群落结构难以变化。虽然红桦在早期发育阶段经常形成大面积纯林,但是其属于衰退种群,后期生活力和更新能力都较差,易被针叶树种或其他阔叶树种所替代,因此认为红桦林属于过渡性群落^[11-12],并且符合退化生态系统植被恢复的趋向,演替结果为地带性顶极群落^[20]。

3.2 红桦次生林群落木本植物更新的影响因子

本研究综合分析了影响红桦次生林林下物种更新的林分密度、坡向、海拔等因子的作用,结果表明,这些因子通过改变红桦次生林林下温度、光照、水分和养分等条件而影响林下幼苗幼树的生长,成为更新的主要影响因素。林分密度不同使得群落中光照强度和水分含量产生差异,幼苗发育需要相对阴蔽的环境,而幼树的生长需要充分的光照。林分密度增大时,幼苗密度逐渐增加,增大到一定程度又开始

减少;而幼树密度不断下降。极阴蔽的林分内温度过低不利于幼苗的萌发,并且林内光照较弱不利于幼树的发育,因此过大的林分密度会阻碍幼苗幼树的生长。坡向对于红桦次生林更新的影响作用较大,阳坡的光照强度能满足幼树发育的需求,幼树密度较大。随着坡向从阳坡转为阴坡时,林分内较弱的光照不利于幼树发育,造成幼树密度下降。幼苗密度在半阴坡林分高于阳坡林分,是因为阴坡林分内土壤水分含量较高,适宜种子的萌发。幼苗密度在阴坡林分中比半阴坡低,是因为林内温度太低,使幼苗发育受到阻碍。海拔对红桦次生林林下幼苗、幼树密度的影响各不相同。随着海拔的增高,逐渐降低的温度会抑制种子的萌发和幼苗的构建,且母树资源相对缺乏,导致幼苗密度不断减小。高海拔林分内土壤的养分和水分含量都较高,使得幼树密度不断增大,而当海拔增加到临界高度,低温会成为限制幼树生长发育的主要因素。

植物群落的空间分布是理解植物群落组成与更新的关键。不同分布空间的次生林内生物及非生物影响因子作用不同。因此,判断次生林更新的状况,要从各种影响因子不同状态的组合入手^[2]。次生林自我更新及可持续发展的关键是乔木的幼苗和幼树^[16]。天然次生林是比较理想的植被恢复模式^[20]。目前,秦岭中段的红桦次生林多属成熟林,应加强人工管理,对于密度过大的成熟林分,要通过间伐提高光照强度和土壤温度,使林下植物持续更新^[17],以实现群落的近自然恢复与结构优化,提高红桦次生林的健康水平和可持续发展力。

[参考文献]

- [1] Moktan M R, Gratzer G, Richaids W H, et al. Regeneration of mixed conifer forests under group tree selection harvest management in western Bhutan Himalayas [J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257: 2121-2132.
- [2] 康冰, 王得祥, 崔宏安, 等. 秦岭山地油松群落更新特征及影响因子 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(7): 1659-1667.
Kang B, Wang D X, Cui H A, et al. Regeneration characteristics and related affecting factors of *Pinus tabulaeformis* secondary forests in Qinling Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(7): 1659-1667. (in Chinese)
- [3] D'Amato A W, Orwig D A, Foster D R. Understory vegetation in old-growth and second-growth *Tsuga canadensis* forests in western Massachusetts [J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257: 1043-1052.
- [4] 傅志军. 太白山红桦林的群落学特征及生物量研究 [J]. 延安大学学报: 自然科学版, 1994, 13(2): 37-40.

- Fu Z J. The study on synecological features and biomass of *Betula albo-sinensis* forest in Taibai mountain [J]. Chinese Journal of Yanan University, Nat Sci Ed, 1994, 13(2): 37-40. (in Chinese)
- [5] 郭垚鑫,康冰,李刚,等. 小陇山红桦次生林物种组成与立木的点格局分析 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2574-2580.
- Guo Y X, Kang B, Li G, et al. Species composition and point pattern analysis of standing trees in secondary *Betula albo-sinensis* forest in Xiaolongshan of west Qinling Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(10): 2574-2580. (in Chinese)
- [6] 苏建文,岳明,王永军. 太白山红桦林林隙特征的研究 [J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(2): 195-199.
- Su J W, Yue M, Wang Y J. Gap Characteristics of *Betula albo-sinensis* Forest in the Taibai Mountains [J]. Chin J Appl Environ Bio, 2006, 12(2): 195-199. (in Chinese)
- [7] 张玲,方精云. 秦岭太白山4类森林土坡种子库的储量分布与物种多样性 [J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 131-136.
- Zhang L, Fang J Y. Reserves and species diversity of soil seed banks in four types of forest on Mt Taibai, Qinling Mountains [J]. Biodiversity Scienc, 2004, 12(1): 131-136. (in Chinese)
- [8] 林玥,任坚毅,岳明. 太白山红桦种群结构与空间分析 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(6): 1335-1345.
- Lin Y, Ren J Y, Yue M. Population structure and spatial analysis of *Betula albo-sinensis* at Taibai Mountain, Northwestern China [J]. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(6): 1335-1345. (in Chinese)
- [9] 朱志诚. 秦岭太白山桦林的稳定性 [J]. 武汉植物学研究, 1991, 9(2): 169-175.
- Zhu Z C. Stability of the *Betula* forest in the Taibai Mountain of Qinling Mountain range [J]. Wuhan Bot Res, 1991, 9(2): 169-175. (in Chinese)
- [10] 吴彦,刘庆,何海,等. 亚高山针叶林人工恢复过程中物种多样性变化 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1301-1306.
- Wu Y, Liu Q, He H, et al. Dynamics of species diversity in artificial restoration process of subalpine coniferous forest [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(8): 1301-1306. (in Chinese)
- [11] 李家俊. 太白山自然保护区综合考察论文集 [C]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1989: 141-158.
- Li J J. The collection papers of synthetic exploration of natural reserve in Taibai Mountain [C]. Xi'an: Shaanxi Normal University Press, 1989: 141-158. (in Chinese)
- [12] 傅志军,郭俊理. 太白山红桦林的初步研究 [J]. 植物生态学报, 1994, 18(3): 261-270.
- Fu Z J, Guo J L. Preliminary studies of *Betula albo-sinensis* forest in Taibai Mountain [J]. Acta Phyto Ecol Sin, 1994, 18(3): 261-270. (in Chinese)
- [13] Xu X, Hirata E, Tokashiki Y, et al. Structure and species diversity of subtropical evergreen broad-leaved forest in northern Okinawa Island, Japan [J]. J For Res, 2001, 6(3): 203-210.
- [14] 朱学雷,安树青,张立新,等. 海南五指山热带山地雨林主要种群结构特征分析 [J]. 应用生态学报, 1999, 10(6): 641-644.
- Zhu X L, An S Q, Zhang L X, et al. Population structure of tropical montane rain forest on Wuzhi Mountain of Hainan [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(6): 641-644. (in Chinese)
- [15] 胡楠,张恒月,丁圣彦,等. 宝天曼自然保护区锐齿栎林更新潜力研究 [J]. 南阳理工学院学报, 2009, 1(3): 78-80, 113.
- Hu N, Zhang H Y, Ding S Y, et al. Study on renewal potential of *Quercus acutidentata* forests in Baotianman Natural Reserve [J]. Jouranal of Nanyang Institute of Technology, 2009, 1(3): 78-80, 113. (in Chinese)
- [16] 康冰,王得祥,李刚,等. 秦岭山地锐齿栎次生林幼苗更新特征 [J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2738-2747.
- Kang B, Wang D X, Li G, et al. Characteristics of seedlings regeneration in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests in Qinling Mountains [J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2738-2747. (in Chinese)
- [17] 康冰,刘世荣,王得祥,等. 秦岭山地典型次生林木本植物幼苗更新特征 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3123-3130.
- Kang B, Liu S R, Wang D X, et al. Regeneration characteristics of woody plant seedlings in typical secondary forests in Qinling Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(12): 3123-3130. (in Chinese)
- [18] 何晓军. 陕西太白山自然保护区森林病虫害初步调查 [J]. 陕西林业科技, 2011(2): 53-57.
- He X J. Preliminary survey of forest pests of Taibai Nature Reserve of Shaanxi Province [J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 2011(2): 53-57. (in Chinese)
- [19] 岳明,张林静,党高弟,等. 佛坪自然保护区植物群落物种多样性与海拔梯度的关系 [J]. 地理科学, 2002, 22(3): 349-354.
- Yue M, Zhang L J, Dang G D, et al. The relationships of higher plants diversity and elevation gradient in Foping National Reserve [J]. Sci Geo Sin, 2002, 22(3): 349-354. (in Chinese)
- [20] 康冰,刘世荣,蔡道雄,等. 南亚热带不同植被恢复模式下土壤理化性质 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(10): 2479-2486.
- Kang B, Liu S R, Cai D X, et al. Soil physical and chemical characteristics under different vegetation restoration patterns in China south subtropical area [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(10): 2479-2486. (in Chinese)