

# 多效抗旱驱鼠剂(RPA)对飞播油松高生物量的影响

李建春<sup>1,2</sup>, 张斌善<sup>3</sup>, 党齐域<sup>4</sup>, 韩崇选<sup>1\*</sup>

(1. 西北农林科技大学 鼠害治理研究中心, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西省飞机播种造林工作站, 陕西 西安 710082;  
3. 汉中市森林病虫害防治检疫站, 陕西 汉中 723000; 4. 咸阳市森林病虫害防治检疫站, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:**高生物量反映了林木保存量和生长量的综合信息,是评价飞播造林成效和效益的重要指标。采用林地油松保存量与平均苗高乘积为高生物量指标,利用 ANOVA-LSD 均值检验法和模型分析法,研究了施用 RPA 的 14 年生飞播油松林和对照油松林高生物量差异及其时序动态。结果表明:采用 RPA 拌种进行飞播造林,不仅能提高飞播油松林分的高生物量,而且能消弱油松高生物量生长的抑制周期。其高生物量可用 Exponential-模型和 Logistic-模型预测和分析。

**关键词:**多效抗旱驱鼠剂;飞播造林;油松;高生物量

**中图分类号:**S767.4      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2016)01-0164-06

Effects of RPA on the Height Biomass of *Pinus tabulaeformis* in the Aerial Seeding

LI Jian-chun<sup>1,2</sup>, ZHANG Bin-shan<sup>3</sup>, DANG Qi-yu<sup>4</sup>, HAN Chong-xuan<sup>1\*</sup>

(1. Research Center of Rodent Pest Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Shaanxi Work Station of Afforestation by Aerial Seeding, Xi'an, Shaanxi 710082, China; 3. Hanzhong Station of Forest Pest Management, Hanzhong, Shaanxi 716000, China; 4. Xianyang Station of Forest Pest Management, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** Biomass reflects the integrated information of preserving quantity and growth increment of trees, it is an important index for the evaluation of the effectiveness and benefits of aerial seeding. By using preserving quantity and average height of as the height-biomass indicators, and using the ANOVA-LSD mean value test method and the model analysis method, the effectiveness and temporal dynamics of 14-year-old *Pinus tabulaeformis* plantations that were aerial seeded and treated by RPA were investigated. The results indicated that the application of RPA could not only improve the forest height-biomass, but also reduce the the inhibition cycles of the biomass growth. The height-biomass could be estimated by exponential-model and the Logistic-model.

**Key words:** RPA; afforestation by aerial seeding; *Pinus tabulaeformis*; forest height-biomass

飞播造林(afforestation by aerial seeding)是我国的 3 大造林方式之一,在偏远山区宜林地和其他宜林地、疏林地以及低质、低效有林地以及灌木林地植被恢复中发挥着重要作用<sup>[1-3]</sup>。但是,由于造林区立地条件差,降水量小且集中,季节性或长期干旱频发,使得飞播后种子不能及时发芽,长期裸露,容易受到鸟兽取食<sup>[4-7]</sup>,造成种子发芽难,成苗量少,苗木分布不均匀,有效成林面积率低<sup>[8-15]</sup>。为了提高飞

播造林的效果,各地采取了多种技术措施<sup>[16-18]</sup>。其中,采用多效抗旱驱鼠剂(RPA)进行种子处理是最为有效的措施之一<sup>[19-24]</sup>。如何评价药剂种子处理的飞播造林效果是合理使用 RPA 的前提,也是科学制定飞播造林方案的基础<sup>[23-27]</sup>。本文试图通过对陕西 1997 年 RPA 拌种飞播油松林高生物量的时序动态研究,分析各地药剂处理区与对照区油松林高生物量的变化差异,为评价 RPA 拌种飞播造林效果

收稿日期:2014-03-07    修回日期:2014-12-22

基金项目:林业公益性行业科研专项基金项目(201404405);国家林业局重点项目(2012-02)。

作者简介:李建春,男,高级工程师,研究方向:飞播造林。E-mail:lijianchun@163.com

\* 通信作者:韩崇选,男,教授,研究方向:森林鼠害治理。E-mail:sendakingcat@qq.com

和制定飞播油松林营林方案提供参数。

1 材料与方 法

通过对陕西飞播造林区立地条件和气象因子分析,选择汉中、安康、商州和淳化 1997 年的油松飞播林为研究对象。每试验区选择 5 个 RPA 拌种播区和 5 个对照播区,以“M”、“Z”或对角线抽样方法,每隔 10 m 设定 1 个 1 m×2 m 样方。1998—2011 年,每年 9 月下旬—10 月中旬,随机调查 50 块样方同龄油松数量。按照单位面积有苗样方频度和成苗量评价 RPA 和对照油松成苗效果<sup>[23]</sup>。同时,在各试验区以同样的方法,固定 20 块 1 hm<sup>2</sup> 样地,随机测量 10 株同龄油松苗高,不足 10 株每木检尺;以 20 块样地平均测量值代表各播区油松高,用 5 个播区

均值反映油松高生长动态<sup>[24]</sup>。用林地油松保存量(survival seedling quantity, $Q_s$ )与平均苗高(average seedling height, $H_{as}$ )乘积间接反映飞播后油松林分高生物量(forest biomass, $B_f$ )的变化。采用 SPSS17.0 对数据进行方差分析和模型拟合,建立飞播油松高动态变化模型,分析 RPA 油松和对照油松的差异。

2 结果与分 析

2.1 油松林分高生物量变化

ANOVA-LSD 均值检验结果显示,飞播后油松林分高生物量年间差异极为显著,但地区间,RPA 和对照间存在变异(表 1)。

表 1 飞播油松林分高生物量年动态  
Table 1 The annual dynamic biomass of *Pinus tabulaeformis* for aerial seeding

处理	树龄/a	油松高生物量/(m·hm <sup>-2</sup> )			
		汉中	安康	商州	淳化
RPA	1	492.4±31.2	399.3±28.9	337.8±19.6	309.9±20.7
	2	490.5±22.9	438.8±24.3	325.3±16.0	373.5±33.3
	3	561.2±53.6	470.2±43.6	370.9±20.5	369.1±26.6
	4	625.1±28.4	518.6±31.6	473.5±53.6	455.3±39.6
	5	727.9±20.7	624.6±22.2	493.2±22.8	505.1±23.1
	6	758.9±20.1	737.9±19.2	574.3±22.8	610.5±49.2
	7	1 172.0±52.9	1 039.0±38.9	900.3±56.1	906.9±41.6
	8	1 384.6±25.7	1 190.1±32.3	989.5±69.8	938.1±52.6
	9	1 878.9±71.9	1 611.9±48.5	1 315.2±93.5	1 366.3±43.0
	10	2 311.9±82.0	2 120.2±70.9	1 808.3±115.3	1 763.5±84.1
	11	3 280.0±165.6	2 937.3±104.8	2 429.4±61.4	2 376.3±107.7
	12	3 718.2±53.3	3 244.9±85.2	3 029.8±288.9	2 796.1±195.4
	13	4 885.3±163.0	4 319.0±129.7	3 744.0±198.9	3 853.1±107.8
	14	6 228.3±176.3	5 433.9±181.9	4 836.6±216.8	4 786.8±279.6
	均值	2 036.8±213.6	1 791.8±187.8	1 544.9±169.8	1 529.3±167.2
CK	1	184.6±5.7	168.0±5.2	137.4±5.1	117.6±5.1
	2	180.5±17.2	171.1±13.1	130.5±10.0	138.1±20.5
	3	212.9±17.3	178.4±10.0	135.9±2.6	160.0±12.8
	4	235.9±9.9	202.9±6.9	168.1±16.0	170.1±6.0
	5	275.9±10.8	242.2±10.2	194.1±14.6	201.6±13.7
	6	345.8±19.8	294.5±13.5	237.4±25.0	266.3±22.8
	7	395.6±8.3	343.3±0.9	281.3±11.1	328.6±8.2
	8	479.9±10.3	423.0±7.9	357.1±14.8	384.7±17.9
	9	657.4±15.9	615.0±11.1	531.6±37.9	611.0±37.7
	10	762.0±24.2	657.2±11.2	526.6±27.6	621.9±24.3
	11	993.7±24.5	894.8±16.7	836.5±77.5	911.2±51.6
	12	1 281.5±46.4	1 142.4±21.0	1 021.6±96.9	1 216.3±70.1
	13	1 790.0±48.0	1 638.3±29.5	1 381.4±73.3	1 702.9±53.9
	14	1 804.0±42.9	1 701.5±29.2	1 511.5±89.4	1 680.0±62.5
	均值	685.7±66.8	619.5±62.0	532.2±56.1	607.9±65.5

4 地 RPA 和对照油松林分高生物量年间整体差异极显著 ( $p=0.000$ ), 且随着油松的生长, 年间差异逐渐增强。

2.2 油松林分高生物量的模型分析

对油松林分高生物量 ( $B_t$ ) 与树龄 ( $t$ ) 进行模型分析, 两者关系遵从 Exponential-模型; 以成年油松平均树高和飞播后苗木保存率预测值乘积作为油松林分高生物量的最大期望值对数据进行模拟分析, 高生物量与树龄符合 Logistic-模型规律。

$$\begin{aligned} B_{\text{frpahz}} &= 289.403e^{0.211t} \\ (n=70, r=0.981, F=1\,747.723, p=0.000) \\ B_{\text{fckhz}} &= 115.756e^{0.195t} \\ (n=70, r=0.983, F=1\,943.448, p=0.000) \\ B_{\text{frpahz}} &= \frac{28\,792.860}{1+103.493 \times 0.798^t} \\ (n=70, r=0.979, F=1\,571.150, p=0.000) \\ B_{\text{fckhz}} &= \frac{11\,433.660}{1+101.399 \times 0.813^t} \\ (n=70, r=0.981, F=1\,760.072, p=0.000) \\ B_{\text{frpaak}} &= 245.970e^{0.214t} \\ (n=70, r=0.985, F=2\,168.956, p=0.000) \\ B_{\text{fckak}} &= 101.493e^{0.197t} \\ (n=70, r=0.982, F=1\,811.927, p=0.000) \\ B_{\text{frpaak}} &= \frac{30\,229.710}{1+126.952 \times 0.798^t} \\ (n=70, r=0.983, F=1\,973.059, p=0.000) \\ B_{\text{fckak}} &= \frac{11\,839.200}{1+119.497 \times 0.812^t} \\ (n=70, r=0.980, F=1\,649.512, p=0.000) \\ B_{\text{frpasz}} &= 193.723e^{0.222t} \\ (n=70, r=0.979, F=1\,535.986, p=0.000) \\ B_{\text{fcksz}} &= 77.987e^{0.207t} \\ (n=70, r=0.982, F=1\,123.895, p=0.000) \\ B_{\text{frpasz}} &= \frac{32\,891.100}{1+174.489 \times 0.798^t} \\ (n=70, r=0.977, F=1\,443.153, p=0.000) \\ B_{\text{fcksz}} &= \frac{13\,958.010}{1+182.399 \times 0.807^t} \\ (n=70, r=0.970, F=1\,075.205, p=0.000) \\ B_{\text{frpach}} &= 196.484e^{0.220t} \\ (n=70, r=0.981, F=1\,697.389, p=0.000) \\ B_{\text{fckch}} &= 76.484e^{0.222t} \\ (n=70, r=0.980, F=11\,615.868, p=0.000) \\ B_{\text{frpach}} &= \frac{29\,009.100}{1+152.239 \times 0.793^t} \\ (n=70, r=0.979, F=1\,569.717, p=0.000) \\ B_{\text{fckch}} &= \frac{15\,977.430}{1+213.301 \times 0.794^t} \end{aligned}$$

$$(n=70, r=0.979, F=1\,551.106, p=0.000)$$

2.2.1 Exponential-模型 对照林分高生物量 Exponential-模型  $a$  值, 汉中 (115.756) > 安康 (101.493) > 商州 (77.987) > 淳化 (76.484)。说明飞播后初期, 汉中和安康油松有效苗量较大, 苗木相对较高, 而商州和淳化有效苗量相对较少, 苗木相对较低。间接反映出飞播当年汉中和安康降水较多, 有利于飞播后油松种子发芽和苗木生长。 $ab$  值乘积, 汉中 (22.544) > 安康 (20.006) > 淳化 (16.994) > 商州 (16.124)。说明汉中和安康高生物量年增长率基数较大, 飞播后初期油松林分高生物量增长率相对较大。而  $b$  值变化与  $a$  值相反, 依次为 0.195、0.197、0.207 和 0.222。证明汉中和安康高生物量年增长率相对较低, 而淳化和商州相对较高, 随着林木生长, 淳化油松高生物量有超越安康和商州的趋势。

RPA 模型  $a$  值, 汉中 (289.403) > 安康 (245.970) > 淳化 (196.484) > 商州 (193.723);  $ab$  值乘积变化与  $a$  值相同, 依次为 60.940、245.970、196.484 和 193.723;  $b$  值变化与  $a$  值相反, 分别为 0.211、0.214、0.220 和 0.222, 其  $a$  值和  $ab$  值乘积均明显大于对照 (图 1)。淳化和汉中油松林分高生物量基数比对照增长率相对较高, 分别为 61.1% 和 60.0%, 商州与安康相对较低, 为 59.7% 和 58.7%。汉中高生物量年增长量基数比对照提高了 63.0%, 相对较高; 商州和安康其次, 提高率分别为 62.5% 和 62.0%; 淳化相对较低, 提高率为 60.6%。说明 RPA 对油松林分高生物量及其年增长量基数增益率地区间差异不大, 效应相对稳定。汉中、安康和商州油松林分高生物量及其年生长量增长速率比对照相对较高, 增益率分别为 7.6%、7.9% 和 6.8%; 淳化高生物量及其年生长量增长速率比对照略低, 增益率为 -0.9%。

2.2.2 Logistic-模型 按照模型分析, 幼林期 (young growth period) 油松林分高生物量达到 25% 理论期望值, 汉中、安康、商州和淳化对照区历时分别约为 17、18、19 和 19 a, RPA 历时 16、17、18 和 17 a。特点是林分高生物量积累缓慢, 年增速较低, 林木保存量递减速度较高, 林分不稳定。对照地区差异发生变化, 淳化油松高生物量依次超越了商州和安康, 并逐渐接近汉中; 商州与安康和汉中、安康和汉中的差距也逐渐缩小, 并有超过的趋势 (图 2)。实现 3.0% 油松林分高生物量理论期望值, 汉中对照和 RPA 各约需 6 a 和 5 a, 安康均需 6 a 左右, 商州约均需 8 a, 淳化各约需 8 a 和 7 a。说明飞播初期油松高生物量有一个缓慢增长期。

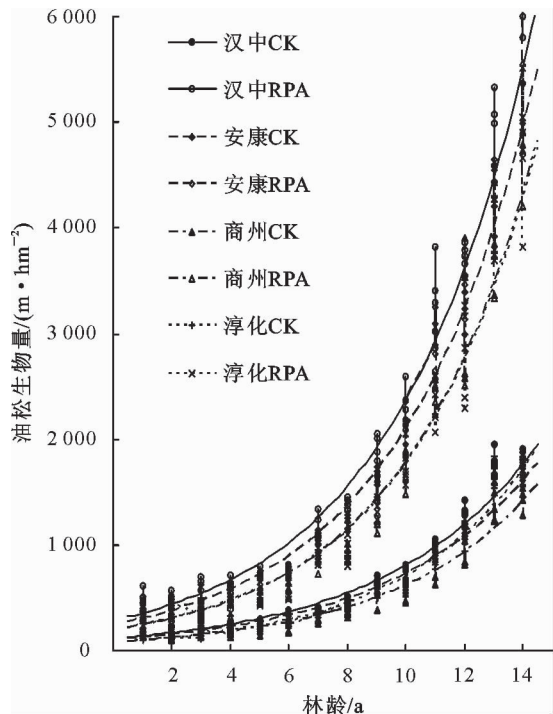


图 1 飞播油松林分生物量

Fig. 1 The annual biomass variation of *Pinus tabulaeformis* by aerial seeding

进入中林龄期(middle-aged forest period),油松保存量相对稳定,立地对林木作用增强,林分逐渐分化稳定,地区间和 RPA 与对照间差异更加明显。油松高生长速度渐趋最大,林分高生物量累积效应逐渐增强。汉中和安康对照区模型拐点分别出现在林龄 22 a 和 23 a,RPA 分别为林龄 21 a 和 22 a;商州和淳化对照发生在林龄 24 a 和 23 a,RPA 在林龄 23 a 和 22 a;比树高出现林龄大。历期均为 5 a。对

照地区间油松林分高生物量继续发生变化,淳化油松林分高生物量累积效益持续增强,与其他地区差距逐渐扩大;其他地区差距逐渐缩小,商州先后超过了安康和汉中,差异渐趋增强,而安康也逐渐超过了汉中,但差距较小。RPA 地区间高生物量变化趋势与幼林期相似,但淳化与商州差距逐渐扩大,而商州与安康和汉中的差距逐步缩小。地区间林分高生物量的变化规律揭示了林地立地条件的差异和油松对林地养分、水分和空间利用能力的差异,同时也反映了 RPA 消除立地差异效应的限度(图 2)。

成年林期(adult forest period),油松年生长量大,增速逐渐降低,林木保存量相对稳定,郁闭度渐趋稳定;对照与 RPA 差异明显,但差距增量逐年降低。Logistic-模型林分高生物量年最大增长量拐点发生在其 75%最大期望值出现的年份。汉中、安康、商州和淳化对照林龄依次为 28、28、29 a 和 28 a,RPA 分别为 25、26、28 a 和 26 a(图 2)。

成熟林期(mature forest period),林木高年生长量渐趋消失,树高逐渐稳定;对照与 RPA 林区差距相对平稳,差异稳定。按照 Logistic-模型预测,实现 99.9%模型林分高生物量最大期望值,汉中、安康、商州和淳化的对照依次约需 56、56、57 a 和 53 a,RPA 约需 51、52、54 a 和 51 a(图 2)。

过熟林期(over-mature forest period) 汉中、安康、商州和淳化的对照油松林龄分别超过 122、123、121 a 和 113 a,RPA 油松林龄依次超过 112、113、115 a 和 111 a,高生物量生长停止,林分进入过熟林期(over-mature forest period)阶段。

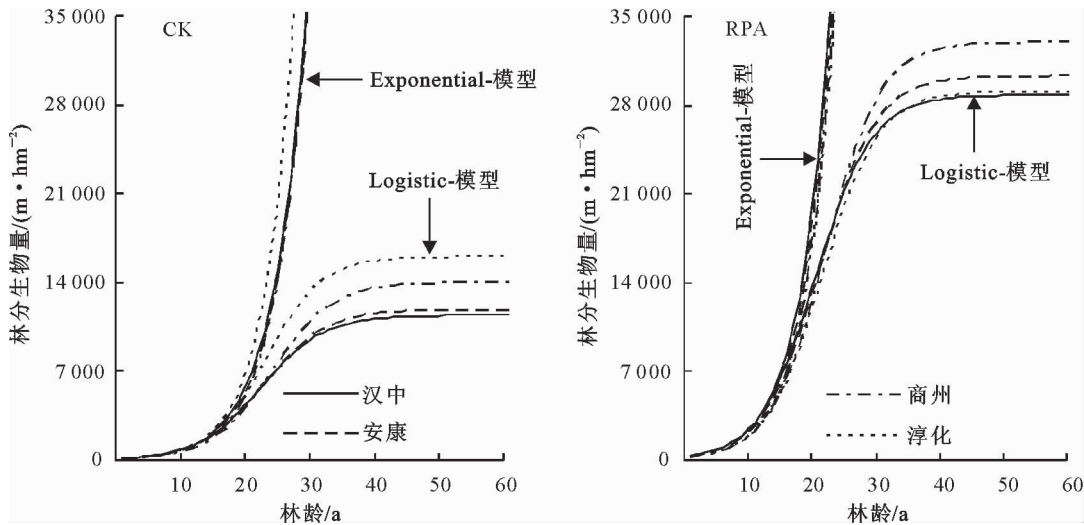


图 2 油松林分生物量 Logistic-模型和 Exponential-模型预测曲线

Fig. 2 The prediction curve of forest biomass of *P. tabulaeformis* by used Logistic model and exponential model

### 3 结论与讨论

飞播后,RPA 处理区油松高生物量明显高于对

照区,且差异随年限扩大。初期,油松高生物量有个缓慢增长期,但不同地区和 RPA 与对照的周期长短存在差异;之后进入第 1 个增长高峰。汉中对照

和 RPA 缓慢增长长期分别为 6 a 和 5 a,但对照第 13~第 14 年出现抑制现象。安康 RPA 和对照的缓慢增长长期均为 6 a;对照第 9 年和第 10 年油松高生物量年间差异不显著,呈现抑制现象。商州 RPA 和对照的缓慢增长长期均为 8 a;之后对照呈现波动增长。淳化 RPA 和对照油松高生物量缓慢增长长期分别为 8 a 和 7 a;但对照第 9 年和第 10 年,第 13 年和第 14 年的年间差异不显著。其对照油松高生物量生长规律与前人研究结果类似<sup>[28-29]</sup>,但抑制现象出现的年份存在差异;而 RPA 处理油松抑制现象不明显。说明使用 RPA 拌种飞播造林不仅能提高飞播油松林分的高生物量,而且能消弱油松高生物量生长的抑制周期。

林分高生物量 Exponential-模型是高生物量与树龄关系的实证模型(empirical model; $t\{1,2,3\cdots,14\}$ )。模型为增函数,导函数模型 $\partial H/\partial t=(a\cdot b)e^{bt}$ 反映了高生物量年增长速率或者高生物量年生长(annual forest biomass increment, $B_{fa}$ )变化规律。模型  $ab$  值关系反映了林分高生物量变化强度,同时也间接反映了林地立地条件质量的优劣和 RPA 拌种处理对飞播后油松林分高生物量的影响大小。 $a$  值是高生物量基数指标, $ab$  值乘积是高生物量年增长速率基数参数。其值越大,高生物量增长及其年增长速率基数越大; $b$  值是高生物量增长指数,高生物量增长速率与其值成正比。对照林分高生物量 Exponential-模型分析结果反映汉中和安康生物量年增长速率相对较低,而淳化和商州相对较高,随着林木生长,淳化油松高生物量有超越安康和商州的趋势。而 RPA 模型分析结果证明 RPA 对油松林分高生物量及其年增长量基数增益率地区间差异不大,效应相对稳定。

油松高生物量 Logistic-模型是飞播油松林分高生物量与树龄的理论模型,反映了油松林分高生物量期望值和年生长信息,属增函数,是一条渐近线。幼林期 Logistic-模型与 Exponential-模型重合,两者均可用于飞播幼林期油松林分高生物量预测和分析。汉中和安康水分条件相对优越,有利于飞播种子发芽和成苗,飞播初期有效成苗量大,苗高生长相对较大,林分高生物量高。随着油松生长,对土壤养分依赖性增强,汉中和安康土层瘠薄矛盾逐渐显露,油松生长相对减缓,高生物量积累效应相对较低。而商州和淳化,尤其是淳化情况恰好相反,其土壤水分相对较低,飞播种子发芽率低,飞播初期成苗量少,生长缓慢,高生物量相对较低。而随着林木生长,油松对土壤深层水分利用率提高,淳化和商州土层深厚优势逐渐突出,油松生长增大,林分高生物量

累积效应增强。与对照相比,RPA 油松林分高生物量相对较高,地区间差异相对稳定,RPA 与对照差异逐年扩大。进一步说明 RPA 对飞播油松高生物量增长的增益效应。同时也说明 RPA 拌种可以促进种子发芽和苗木生长,有利于消除林地立地条件的差异,增加林分高生物量积累。

参考文献:

[1] 李愈善,王锁民,王恩苓,等. 飞播造林技术规程:GB/T 15162-2005[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会,2005.

[2] 中国飞播造林四十年编委会. 中国飞播造林四十年[M]. 北京:中国林业出版社,1998.

[3] 李国雷,刘勇,郭蓓,等. 我国飞播造林研究进展[J]. 世界林业研究,2006,19(6):45-48.

LI G L,LIU Y,GUO B,*et al.* Advances in the research of the Aerial-seeding forest in China[J]. World Forestry Research, 2006,19(6):45-48. (in Chinese)

[4] 杨兴文,杨宝珍. 秦岭瘠薄山区飞播造林存在的问题与对策[J]. 陕西林业科技,2011(3):821-84.

[5] 李仲勋. 浅析影响榆林沙区飞播造林成苗的因素[J]. 陕西农业科学,2011(4):85-87.

[6] 张建华. 商洛市飞播造林的影响因素及改善措施[J]. 现代农业科技,2012(22):163-164.

[7] 王锁民. 飞播生产若干基本技术问题的研究与思考[J]. 陕西林业科技,2012(4):103-110.

[8] 黄青平,王得祥,刘华,等. 陕西商洛油松飞播林生长规律及其影响因子分析[J]. 西北林学院学报,2013,28(1):157-162.

HUANG Q P,WANG D X,LIU H,*et al.* Analysis on the growth rhythm and environmental impact factors of aerially seeded *Pinus tabulaeformis* plantation in Shangluo[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(1): 157-162. (in Chinese)

[9] 章国华,张怀玉,程继先. 飞播造林成效播期的影响因素分析[J]. 黑龙江农业科学,2010(11):92-93.

[10] 张斌,王锁怀. 多级分层抽样法在飞播造林成苗成效调查中的应用[J]. 陕西林业科技,2010(3):36-38.

[11] 段永斌,窦美英,黄海英. 不同立地条件对飞播成苗的影响[J]. 陕西林业科技,2012(3):34-36.

[12] 陈芳清,卢斌. 长江飞播油松林的群落学特点[J]. 信阳师范学院学报:自然科学版,1997,10(3):42-46.

[13] 李国雷,刘勇,徐扬,等. 飞播油松群落种子植物区系特征研究[J]. 山西农业大学学报:自然科学版,2006,26(4):369-372.

LI G L,LIU Y,XU Y,*et al.* Analysis on the flora of seed plants of the communities from *Pinus tabulaeformis* sown by plane[J]. Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition,2006,26(4):369-372. (in Chinese)

[14] 刘建军,杨澄,吴成儒. 油松飞播林空间格局分析[J]. 西北林学院学报,1991,6(2):51-54.

LIU J J,YANG C,WU C R. The spatial pattern of air-seeded forest of *Pinus tabulaeformis* carr [J]. Journal of Northwest Forestry University,1991,6(2):51-54. (in Chinese)

[15] 刘向东,吴钦孝,侯庆春,等. 飞播油松幼苗的生态分布[J].

水土保持通报,1983,3(6)77-82.

[16] 姚显明,李久林,白日. 油松种子涂色模拟飞播造林学鸟、鼠试验初报[J]. 辽宁林业科技,1986(6)51-53.

[17] 张振核. 鸟鼠忌食新药剂试验研究初报[J]. 福建林业科技, 1992(3):38.

[18] 宋廷国. 飞播治沙中应用多效复合剂拌种成效调查[J]. 辽宁林业科技,2000(4):34-35.

[19] 杨学军,韩崇选,王明春,等. 多效抗旱驱鼠剂在飞播造林中的应用研究[J]. 林业科学研究,2002,15(5):609-613.

YANG X J, HAN C X, WANG M C, *et al.* Study on the Application of RPA in aerial seeding[J]. Forest Research,2002, 15(5):609-613. (in Chinese)

[20] 杨学军,王显车,吴凤霞,等. 多效抗旱驱鼠剂(RPA)的研制与应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(4):37-40.

YANG X J, WANG X C, WU F X, *et al.* Study on the development and application of RPA [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2004, 32(4): 37-40. (in Chinese)

[21] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 多效抗旱驱鼠剂的抗旱促长作用研究[J]. 西北植物学报,2002,22(5):1150-1157.

HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* Study on the action of fight drought and promoting growth of RPA [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2002,22(5):1150-1157. (in Chinese)

[22] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 多效抗旱驱鼠剂的抗旱促长作用机理研究[J]. 西北林学院学报,2003,18(4):96-99.

HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* A study on the mechanisms of drought resistance and growth promotion of RPA [J]. Journal of Northwest Forestry University,2003,18(4):96-99. (in Chinese)

[23] 李建春,贺亚东,张斌善,等. 多效抗旱驱鼠剂(RPA)飞播油松拌种成效分析[J]. 西北林学院学报,2015,30(6):119-125.

LI J C, HE Y D, ZHANG B S, *et al.* The effective analysis of *Pinus tabulaeformis* by used RPA in the aerial seeding[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(6): 119-125. (in Chinese)

[24] 韩崇选,李建春,王培新,等. 多效抗旱驱鼠剂(RPA)对飞播油松高的影响[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):137-143.

HAN C X, LI J C, WANG B X, *et al.* The effect of RPA on the tree height of *Pinus tabulaeformis* in the aerial seeding [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(1): 137-143. (in Chinese)

[25] 周楠,周建华. 飞播对毛乌素沙区农户的收入影响[J]. 内蒙古农业科技,2010(2):4-5.

[26] 王福星,王文平,李一,等. 利用播区地类区划成果改进幼苗调查方法[J]. 陕西林业科技,2010(5):17-19.

[27] 谢银锁,张建华. 低山区飞播造林最佳季节选择的调查研究[J]. 陕西林业科技,2011(1):36-38.

[28] 杨澄. 油松飞播林生长规律的研究[J]. 西北林学院学报, 1996,11(4):24-27.

YANG C. On growth rhythem of aerial seeding forest of *Pinus tabulaeformis* Car [J]. Journal of Northwest Forestry University,1996,11(4):24-27. (in Chinese)

[29] 郭利华,张宏文,马喜明. 油松飞播林生长规律研究[J]. 河南林业科技,2002,22(3):16-17.

(上接第 135 页)

[5] 王东雪,曾雯珺,江泽鹏,等. 遮荫强度对油茶春季芽苗砧嫁接育苗的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(2):101-104.

WANG D X, ZENG W J, JIANG Z P, *et al.* Influence of shade intensity on *Camellia oleifera* nurse seed drafting in spring [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(2): 101-104. (in Chinese)

[6] 李文林,黄凤洪,王利宾. 油茶籽加工和综合利用研究进展[J]. 中国油脂,2011,36(11):55-57.

[7] 聂海瑜. 油茶籽的综合利用[J]. 粮油加工与食品机械,2004(6):39-41.

[8] 高磊,李静,魏守兴,等. 油茶籽粕加工利用研究进展[J]. 广东农业科学,2013(23):103-109.

[9] 代惠萍,赵桦,吴三桥,等. 秦巴山区油茶品种遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 西北林学院学报,2014,29(02):107-111.

DAI H P, ZHAO H, WU S Q, *et al.* ISSR analysis of genetic diversity of *Camellia oleifera* in Qinba Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(2):107-111. (in Chinese)

[10] 李志刚,于卫平,李健. 我国油茶研究与产业化现状综述[J]. 农业科技通讯,2011(6):8-11.

[11] 张宏达. 中国植物志:第 49(3)卷[J]. 北京:科学出版社, 1998:13-14.

[12] 陈焕镛. 海南植物志:第 1 卷[M]. 北京:科学出版社,1964: 495-501.

[13] 吴德邻. 海南及广东沿海岛屿植物名录[M]. 北京:科学出版社,1994:54-55.

[14] 吴德邻,胡启明,李泽贤,等. 海南岛野生油脂植物种质资源考察[M]//华南热带作物科学研究院. 海南岛作物(植物)种质资源考察文集. 北京:农业出版社,1992:1-12,228-232.

[15] 王兴胜,黄丽云,陈良秋,等. 海南省五指山油茶品种结构研究初报[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2010(8):1-4.

WANG X S, HUANG L Y, CHEN L Q, *et al.* The investigation to the variety resources of oil tea plant in Wuzhishan of Hainan [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences,2010(8):1-4. (in Chinese)

[16] 何方,何柏. 油茶栽培分布与立地分类的研究[J]. 林业科学, 2002,38(5):64-72.

HE F, HE B. Cultural distribution and site classification for *Camellin oleifera* [J]. Sci. Silv. Sin. ,2002,38(5):64-72. (in Chinese)

[17] 李艳,陈良秋,杨伟波,等. 海南省五指山地区油茶林调查研究[J]. 江西农业学报,2010,22(11):53-55.

LI Y, CHEN L Q, YANG W B, *et al.* Investigation on *Camellia oleifera* in Wuzhishan region of Hainan Province [J]. Acta Agri. Jiangxi,2010,22(11):53-55. (in Chinese)

[18] 杨伟波,陈良秋,王兴胜,等. 海南省中部地区发展油茶的生态适应性分析[J]. 江西农业学报,2010,22(5):93-95.

[19] 杨伟波,付登强,陈良秋,等. 海南地区引种试种亚热带油茶优良品种初报[J]. 江西农业学报,2012,24(4):63-65.