

# 陕北黄土高原油松人工林林分结构及个体生长

曹旭平<sup>1</sup>, 王 梅<sup>2</sup>, 周建云<sup>2</sup>, 张文辉<sup>2\*</sup>

(1 延安市黄龙山林业局, 陕西 黄龙 715700; 2 西北农林科技大学 西部环境与生态教育部重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**为了阐明陕北黄土高原不同县人工油松同龄纯林林分结构特点,为陕北黄土高原油松人工林经营管理提供依据。通过样地调查,对陕北黄土高原神木、绥德、吴起、延川、黄龙、宜川等 8 个县油松人工林的林分结构和林木个体生长及其影响因素进行了对比研究。结果表明,黄龙和宜川两县的直径和树高分布遵从于正态分布。由北向南,平均胸径、平均树高、平均冠幅和平均冠高逐渐增加;黄龙和宜川两地油松人工林林下有 1~10 年生的幼苗(树),数量丰富,生长正常;年均降水量和 1 月平均最低气温对油松人工林的生长影响显著,纬度和无霜期影响次之;黄龙和宜川两县人工油松林可以自我更新,个体生长发育正常,是人工栽培适宜地区;两县以北年均降水量小于 550 mm 的地区,油松人工林天然更新不良,今后人工林培育需要谨慎选择生境。

**关键词:**油松;人工林;林分结构;生长

**中图分类号:** S758.53      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-7461(2010)05-0155-05

## Individual Growth and Stand Structure of *Pinus tabulaeformis* Plantation in Loess Plateau of Northern Shaanxi

CAO Xu-ping<sup>1</sup>, WANG Mei<sup>2</sup>, ZHOU Jian-yun<sup>2</sup>, ZHANG Wen-hui<sup>2\*</sup>

(1. Forest Bureau of Huanglongshan in Yan'an City, Huanglong, Shaanxi 715700, China;

2. Key Laboratory of Environment and Ecology in Western China, Ministry of Education,

Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The characteristics of stand structure of *Pinus tabulaeformis* plantations in different counties in Loess Plateau of Northern Shaanxi were probed to provide some scientific basis for reasonable management by field investigation. The distribution of diameter obeyed described normal distribution function in Huanglong and Yichuan. The distribution of height obeyed described normal distribution function in Wuqi, Yanchuan, Huanglong and Yichuan. Average DBH, height, crown width and crown height gradually increased from north to south. Annual precipitation and average temperature in January had the most influential effect on growth, while latitude and frostless period took the second place. Plantations in Huanglong and Yichuan grew better than in the other places.

**Key words:** *Pinus tabulaeformis*; plantation; stand structure; growth

林木个体的生长标志着林地生产力的高低及经营措施的效果。林木的生长除了受内部因素的调控,还受环境条件温度、光照、水分和养分的影响。人工林造林后林木个体直径结构、树高结构会发生分化会出现规律性分化。进入结实期之后,种子落地形成幼苗群体,这是种群持续发育主要指标。研究不同地区人工林纯林林分直径结构、树高结构和

幼苗数量及其生长,是评价适地适树主要内容,也是预测不同径阶林木株数,为森林抚育间伐、设计间伐方案、评估林分经济效益、生态效益提供依据<sup>[1]</sup>。油松(*Pinus tabulaeformis*)是黄土高原主要的水土保持树种之一。由于其耐干旱、耐贫瘠、适应性强,人工林生长好,面积大,在陕北黄土高原地区生态环境建设中有着重要的作用。以水土保持为主要目标的

收稿日期:2010-07-13 修回日期:2010-07-26

基金项目:中国科学院西部行动计划(KZCX2-XB2-05);国家“十一五”科技支撑课题(2006BAD09B03)。

作者简介:曹旭平,男,高级工程师,主要从事森林生态和森林经营管理方面的研究。

\* 通讯作者:张文辉,男,教授,博导,主要从事植物生态和生物多样性保护研究。E-mail:zwhckh@163.com

油松人工林,由造林后的直径结构、种子落地形成的幼苗数量和生长状况是评价人工林是否更新的主要指标。只有在幼苗数量丰富,生长发育正常,才能够实现人工林天然化发育。目前,对油松生长发育的研究多集中在对某一个区域内油松生长的研究<sup>[2-3]</sup>,未见到沿环境梯度对油松人工林林分结构和林下幼苗生长发育比较的研究,而这是油松林经营管理和效益评价的基础。本研究对陕西黄土高原温带半湿润气候、半干旱气候和干旱气候 3 个区域 8 个县相似生境条件下的人工油松同龄纯林进行林分结构(直径结构、树高结构)和林下幼苗个体生长及其影响因素进行了对比研究,阐明不同地区油松林结构分化特点,以及林下幼苗油松生长状况,为陕北黄土

高原油松人工林经营管理提供依据。

## 1 研究区概况

陕北黄土高原位于黄土高原的中部(34°45′~39°40′N、107°28′~111°15′E),地处中纬度内陆,具有大陆季风气候特点。由南向北,年降水量逐渐减少且时空分布不均,多集中在 7、8、9 月,干季较长;冬春季节多大风,冬干、春旱现象比较明显。气候依次为暖温带半湿润气候、半干旱气候和干旱气候。植被依次为森林区、森林草原区和干草原、沙化草原区。这些区域都有大面积人工油松林,研究选在环境梯度变化明显 8 个县作为研究区域(表 1)。

表 1 研究地区 8 个县主要环境因子

Table 1 Main environmental condition in study sites

环境因子	神木	绥德	吴起	延川	志丹	延长	宜川	黄龙
X1	38°63′	37°36′	36°70′	36°66′	36°63′	36°36′	36°03′	35°48′
X2	110°27′	110°30′	108°09′	110°13′	108°40′	110°17′	110°11′	109°11′
X3	8.5	8.7	7.8	10.6	7.8	10.4	9.9	8.6
X4	440.8	486.1	483.4	490.5	524.5	565.7	577.2	602.7
X5	2 111.2	1 557	1 597.8	886.2	1 656	995.6	1 542.9	1 500.0
X6	3 391.9	3 499.2	2 817.8	3 863.0	2 871.0	3 532.2	3 429.0	2 912.3
X7	169	164	145	186	140	184	185	176
X8	2 876.0	2 615.1	2 400.0	2 558.5	2 313.0	2 504.6	2 435.6	2 369.8
X9	-9.9	-7.5	-7.8	-5.9	-7.9	-5.4	-5.4	-5.7

注:环境因子:X1 纬度;X2 经度;X3 年均温度(℃);X4 年均降水量(mm);X5 年均蒸发量(mm);X6 ≥10℃年积温;X7 无霜期(d);X8 年均日照时数(h);X9 1 月平均气温(℃)气象数据来源于各县 1995—2000 年各县《农业区划》;群落特征数据来源于各县调查的样地平均值。

## 2 材料与方法

### 2.1 样地选择

通过查阅资料和现场踏查等方式,在全面了解油松人工林资源分布的基础上,将造林措施、林分年龄、造林密度、立地条件、管理措施等基本一致的油松人工林作为研究对象。采用典型选样法,沿环境梯度(主要是纬度和年降水量)选择了神木、绥德、吴起、延川、志丹、延长、宜川和黄龙 8 个县,选择阴坡(方位角 0~45°和 315~360°之间)生境,坡度 25°,土类为深厚的黄绵土。1983—1985 年营造的人工油松林,林地立地条件、造林措施、发育历史清楚,管理有可比性。

### 2.2 样地调查

林地选定后,在 2007 年 9 月—2008 年 9 月,开展林分和样地调查,当年造林整地方式均为台阶地基础上的穴状整地,2~3 年生容器幼苗植苗造林,株行距为 2.0~2.2 m×2.2~2.5 m。造林后 1~2 a 内对当年死亡植株进行补植,3 a 后成活率均达到 95 %以上。造林后 2~3 a 内进行过除草抚育,过后再无其他管理措施。

在不同地区(各县)油松人工林内,各设置 20 m×20 m 样地 5 块。调查内容:①生境:包括坡向、坡度、坡位、整地方式、抚育措施;②群落学特征:记录

每株乔木(油松)树高、胸径、冠幅、冠高。③幼苗(树)调查:仔细寻找每一株油松幼苗(树),并记录树高、基径、冠幅、苗龄(通过轮生枝确定)。

### 2.3 正态分布拟合

选择正态分布函数对各地区油松人工林的直径和树高分布进行了拟合及检验,正态分布的概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

式中  $x$  为林分直径实测值; $\mu$  为林分算术平均直径; $\sigma$  为林分直径的标准差。

$\mu$  和  $\sigma$  为正态分布 2 个参数的估计值,正态分布参数估计采用矩法进行估计,即分别由林分的算

术平均值  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  和林分直径标准差  $\sigma =$

$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$  进行估计。

假设林分直径分布遵从正态分布,则统计量  $\chi^2 = \sum(\text{实际值} - \text{理论值})^2 / \text{理论值}$  遵从  $\chi^2$  分布。根据假设条件,使用了 2 个统计量( $\mu, \sigma$ ),所以其自由度  $f = m - 2 - 1$ ,按  $\alpha = 0.05$  查出  $\chi_{0.05}^2$  值。如果  $\chi_{0.05}^2 > \chi^2$ ,表明该样地的直径分布遵从于近似正态分布,否则,则不遵从。

3 结果与分析

3.1 油松人工林建群种直径结构

以不同地区油松人工林 40 块样地的每木检尺数据为基础,对不同地区的油松人工林的直径结构进行研究。将各地区的 5 块样地的油松人工林的直径数据合并,以 2 cm 为 1 个径阶合并,最小径级为 2 cm,最大径级为 16 cm,径级数为 5~7 个。将不同地区油松人工林的各径阶株数的分布状况做出直方图(图 1)。从图 1 中可明显看出,不同地区间油松人工林的林分直径分布曲线的变化规律不同,神木、绥德、宜川、延长、宜川和黄龙地区的油松人工林直径结构规律呈现为以林分平均直径为峰点,中等大小的林木株数占多数、向两端径阶的林木株数逐渐减少的单峰左右近似对称的山状曲线,说明在同一生境条件下,林木个体分化。越向南,水分条件越好,林木个体高度达到 5 cm 以上个体数量越多。宜川和黄龙县的油松人工林平均直径 8 cm 为中线,其他县多以 6 cm 为中线,且分化严重。

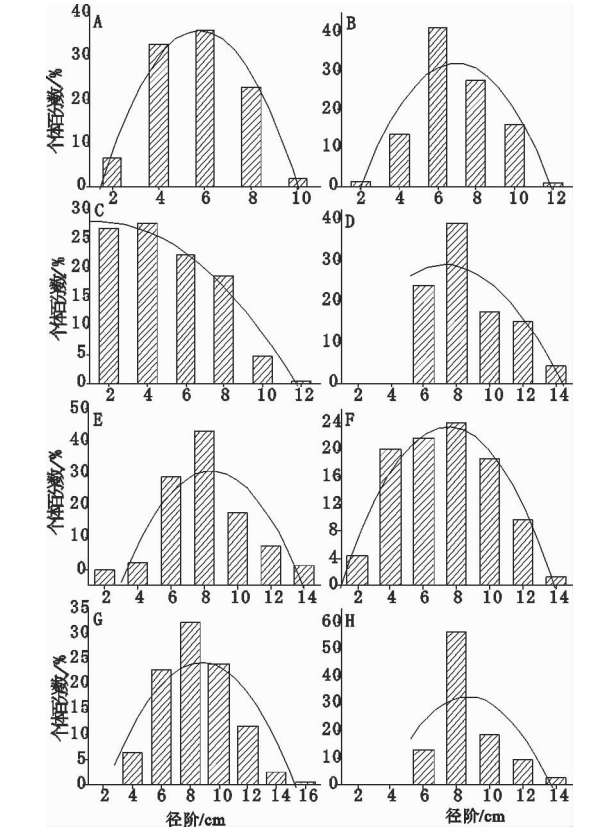


图 1 不同县油松人工林直径分布

Fig. 1 Distribution of diameter of *P. tabulaeformis* plantation in different counties

A 神木; B 绥德; C 吴起; D 延川; E 志丹; F 延长; G 宜川; H 黄龙

直径分布拟合:从表 2 中可看出,仅宜川和黄龙县的油松人工林直径分布遵从于正态分布。这 2 个县的油松人工林生境条件优越,也正是油松的天然分布区,说明这 2 个地区是适合栽植油松人工林。

表 2 不同县油松人工林直径正态分布拟合及检验

Table 2 Test of the normal distribution of diameter of *P. tabulaeformis* plantation in different counties

县名	$\mu$	$\sigma$	$(D)\chi^2$	$(D)\chi^2_{0.05}$
神木	5.64	1.69	6.44	5.99
绥德	6.24	1.62	84.15	7.82
吴起	5.26	2.40	34.18	7.82
延川	8.96	2.26	23.76	5.99
志丹	7.77	1.96	19.79	7.82
延长	7.31	2.78	9.67	9.49
宜川	8.55	2.52	2.93	9.49 *
黄龙	8.89	1.80	5.85	5.99 *

注: \* 表示通过检验

3.2 油松人工林建群种树高结构

以不同地区油松人工林 40 块样地的每木检尺数据为基础,对不同地区的油松人工林的树高结构进行研究。将各地区的 5 块样地的油松人工林的树高数据合并,以 1 m 为 1 个树高级归并,最小树高级为 1 m,最大树高级为 12 m,树高级数为 5~7 个。将不同地区油松人工林的树高分布状况做出反映树高级与分布株数关系的直方图(图 2)。从图 2 中可以看出,不同地区间油松人工林林木株数按树高级的分布曲线与直径分布的变化规律相似,呈现出以林分平均高为峰点,中间树高级分布的林木株数占

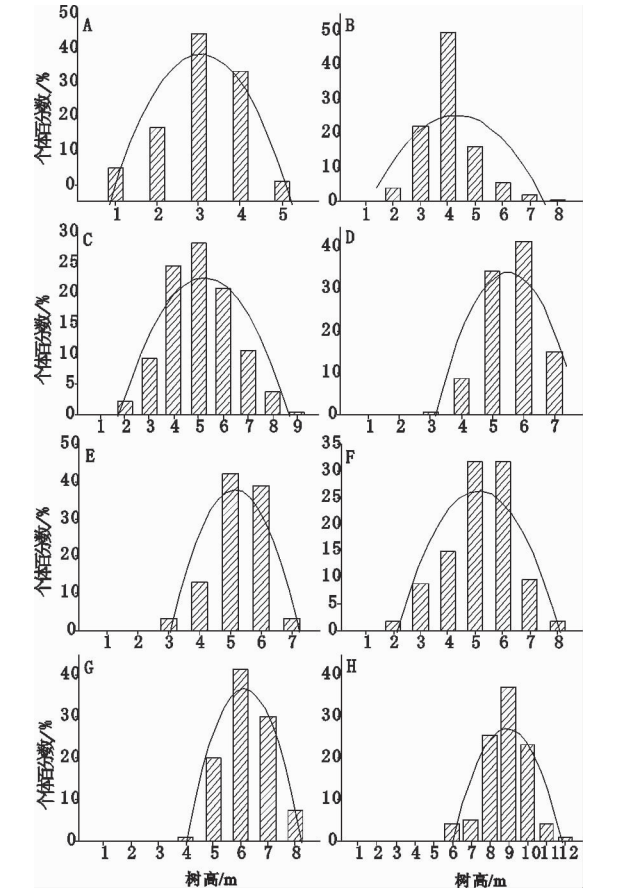


图 2 不同县油松人工林树高分布

Fig. 2 Distribution of height of *P. tabulaeformis* plantation in different counties

A 神木; B 绥德; C 吴起; D 延川; E 志丹; F 延长; G 宜川; H 黄龙

多数、较小树高级和较大树高级分布的林木株数较少的非对称的山状曲线。越向南水分条件越好,林木个体高度达到 5 m 以上个体数量越多。宜川和黄龙县的油松人工林个体高度均值达到 6~9 m。

表 3 不同县油松人工林林分树高正态分布拟合及检验

Table 3 Test of the normal distribution of height of <i>P. tabulaeformis</i> plantation in different counties				
县名	$\mu$	$\sigma$	$(D)\chi^2$	$(D)\chi^2_{0.05}$
神木	3.01	0.77	19.23	5.99
绥德	4.20	0.94	47.04	9.49
吴起	4.86	1.46	15.01	11.07
延川	5.60	0.84	10.83	5.99
志丹	5.33	0.51	19.03	5.99
延长	5.11	1.21	10.08	9.49
宜川	6.26	0.79	5.06	7.82 *
黄龙	8.85	1.11	8.72	9.49 *

注: \* 表示通过检验

表 4 不同县同龄油松人工林林木生长指标差异

Table 4 Growth factors of <i>P. tabulaeformis</i> plantation in different counties									
县名		神木	绥德	吴起	延川	志丹	延长	宜川	黄龙
树龄/a		25	25	24	28	26	24	25	27
胸径 /cm	平均	5.6±1.69 c	6.3±1.62 bc	5.3±2.40 c	9.0±2.26 a	7.8±1.96 ab	7.3±2.78 ab	8.5±2.52 a	8.9±1.8 a
	最大	8.3	10.7	11.5	14.6	13.2	14.5	15.0	14.8
	最小	2.9	1.9	0.3	5.1	4.1	1.9	3.2	5.2
树高 /m	平均	3.0±0.77 d	4.2±0.94 cd	4.9±1.46 bc	5.6±0.84 bc	5.3±0.51 bc	5.1±1.21 bc	6.3±0.79 b	8.8±1.11 a
	最大	4.4	8.1	8.5	7.2	7.3	8.7	7.6	11.8
	最小	1.2	2.0	1.0	3.4	2.7	1.8	3.1	5.6
冠幅 /m	平均	2.0±0.64 b	3.0±0.77 a	1.3±0.61 a	3.1±0.62 a	3.3±1.65 a	3.3±0.85 a	3.5±0.77 a	3.7±1.09 a
	最大	3.2	4.5	4.2	4.7	4.5	4.6	4.7	4.2
	最小	0.5	1.1	1.1	2.3	1.1	1.0	0.9	1.1
冠高 /m	平均	2.1±0.68 c	3.2±1.29 b	3.0±1.32 bc	3.7±0.76 b	3.2±1.16 b	3.1±1.01 bc	2.8±0.98 bc	5.8±2.41 a
	最大	3.4	6.6	6.7	5.6	7.0	7.6	5.1	9.4
	最小	0.5	0.4	0.6	1.7	0.9	0.5	0.8	3.0

注: 经过单因素方差分析,字母不同表示地区间有显著差异( $P<0.05$ )。

对油松人工种群幼苗(树)进行了调查(表 5)。从表 5 中可以看出,神木、吴起和绥德地区的油松林,在天然条件下,没有发现幼苗(树)。志丹油松人工林林内只有 1、2 年生幼苗,但过后会自然死亡,不能渡过定居期;延川、延长样地内没有发现幼苗,仅在林缘处发现极个别 3—5 年生幼苗。在黄龙、宜川,林下幼苗幼树较丰富,最大更新年龄为 10,渡过

树高分布拟合:从表 3 中可以得出,宜川和黄龙县的油松人工林树高分布遵从于近似正态分布。

3.3 油松人工林林木生长、更新及其与环境因子的关系

3.3.1 不同区域油松人工林林木生长和更新状况

由于受到不同环境因子的影响,陕北黄土高原的各县油松生长状况是不同的。对 8 个县油松生长状况的调查显示,由北向南,平均胸径、平均树高、平均冠幅和平均冠高逐渐增加,北部地区(神木、绥德和吴起)较小,中部(延川、志丹和延长)和南部地区(宜川和黄龙)较大(表 4)。方差分析表明,不同县之间油松人工林各生长指标均有显著差异( $P<0.05$ )。

表 5 不同县油松人工林幼苗(树)更新

Table 5 Natural regeneration of <i>P. tabulaeformis</i> in different counties										
县名	幼苗幼树密度/(株·hm <sup>-2</sup> )									
	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	7 年	8 年	9 年	10 年
神木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
绥德	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
吴起	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
延川	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
志丹	2 600	1 800	0	0	0	0	0	0	0	0
延长	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宜川	2 700	1 400	2 600	3 200	2 300	700	0	400	0	200
黄龙	2 800	1 200	1 100	1 000	800	400	950	400	0	270

表 6  宜川和黄龙地区油松人工林幼苗(树)生长情况  
Table 6  Growth of seedling and sapling in Yichuan and Huanglong /cm

	指标	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	7 年	8 年	9 年	10 年
宜川	树高	6	9	12	20	26	31		65		78
	冠幅	3	4	7	12	13	20		29		38
	基径	0.1	0.15	0.2	0.4	0.45	0.6		0.8		1.1
黄龙	树高	5	5	7	13	20	27	37	48		67
	冠幅	4	5	10	13	18	25	28	30		40
	基径	0.1	0.15	0.2	0.3	0.3	0.4	0.8	0.9		1.1

2.3.2 油松人工林林木生长与环境因子的关系  
对不同县油松人工林生长各指标和环境因子进行 Pearson 相关性分析表明(表 7):平均胸径、树高和冠高与纬度具有显著或极显著的负相关性;胸径、树高和冠幅与年均降水量和最冷月平均气温有显著或极显著正相关关系;胸径和冠幅与无霜期具有显著或极显著正相关性;冠幅与经度、年均温度和年积温具有显著的相关性;树高与年日照时数有显著负相

关关系。造林后林木个体发育及幼苗更新,越向南越好实质是水分和温度问题,  
从表 7 中可以看出,年均降水量和 1 月平均最低气温与林木生长指标中的 3 个有显著或极显著的相关性,说明这 2 个环境因子对油松人工林的生长影响显著,纬度和无霜期与 2 个生长指标有相关性,这表明纬度和无霜期对油松人工林的生长也有一定的影响。

表 7  油松人工林林木个体生长指标与环境因子相关分析

Table 7  Correlation of growth and environmental factor of *P. tabulaeformis* plantation

指标	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
胸径	−0.519 *	0.310	0.435	0.580 *	−0.443	0.367	0.496 *	−0.209	0.605 * *
树高	−0.804 * *	−0.107	0.063	0.706 * *	−0.237	−0.127	0.271	−0.512 *	0.586 *
冠幅	−0.388	0.611 * *	0.630 * *	0.641 * *	−0.413	0.525 *	0.629 * *	0.026	0.643 * *
冠高	−0.524 *	−0.124	0.003	0.372	−0.254	−0.111	0.107	−0.327	0.335

注:X1 纬度,X2 经度,X3 年均温度(℃),X4 年均降水量(mm),X5 年均蒸发量(mm),X6 ≥10℃年积温(℃),X7 无霜期(d),X8 年  
均日照时数(h),X9 1 月平均气温(℃);\* 相关系数的显著性概率水平为 0.01,\* 相关系数的显著性概率水平为 0.05。

4 结论与讨论

林分直径结构由于受遗传特性、所处的具体立地条件和经营措施等因素的影响,各株树木之间在大小(直径、树高、树冠等)、干形等方面必然会产生某些差异<sup>[1]</sup>。一般认为,正常生长条件下的同龄纯林林分直径结构近似遵从正态分布规律,中等径阶的树木占多数,向两端逐渐减少。本研究涉及的 8 个县,越向南,水分条件越好,林木个体高度达到 5 m 以上,直径达到 5 cm 以上的个体数量越多。最南部黄龙和宜川 2 个县的油松人工林平均直径、高度达到最大,且分布遵从于正态分布,这 2 个地区生长环境条件优越,也正是油松的天然分布区,是油松人工林天然化培育的理想之地。  
由北向南,林木的各生长指标均逐渐增大,各生长指标以黄龙县和宜川县为最高。同时,林分树高对立地条件的反映最为敏感,立地条件越好,生长量越大,且在一定密度范围内,几乎不受林分密度因素的影响<sup>[4-5]</sup>。从各县油松人工林林木树高生长的情况来看,黄龙立地质量最好,适合油松的生长,宜川次之。并且黄龙和宜川两地林下有更新的幼苗幼

树,更说明黄龙和宜川 2 地的环境条件适合油松人工林的生长。  
气候是影响人工油松林的重要环境因子<sup>[6]</sup>。陕北黄土高原地区南北形成以水分丰欠为主的干旱梯度是油松生长主要的限制因子。纬度虽然不是直接的环境变量,但它们通常会影响光照和水热条件。而光、温、水等因子的变化间接的引起年蒸发量、≥10℃年积温、无霜期、年均日照时数和最冷月平均气温,并作用于油松个体。从分析结果来看,由北向南,各生长指标呈增加趋势,尤以环境条件较好的黄龙地区为最高。因此,水分和温度是影响油松人工林生长的主要因子。  
参考文献:  
[1] 孟宪宇. 测树学 [M]. 3 版. 北京: 中国林业出版社, 2006.  
MENG X Y. Forest Mensuration[M]. 3rd. Beijing: China Forestry Press, 2006. (in Chinese)  
[2] 陈光彩, 郝士成, 李怡, 等. 麻池背油松天然林林分生长结构的研究 [J]. 山西林业科技, 2004 (4):10-13.  
CHEN G C, HAO S C, LI Y, *et al.* Study on natural forest stand structure of *Pinus tabulaeformis* in Machibei [J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 2004 (4):10-13. (in Chinese)  
(下转第 231 页)

[J]. 西藏民族学院学报:哲学社会科学版,2009,30(2):39-44.

ZHANG S C. An SWOT analysis on the development of Tibet’s eco-tourism influenced by Qinghai-Tibet Railroad[J]. Journal of Tibet Nationalities Institute:Philosophy and Social Sciences, 2009,30(2):39-44. (in Chinese)

[4] 杨主泉,王金叶,吴忠军. 彭祖坪自然保护区生态旅游的 SWOT 分析及开发构想[J]. 西北林学院学报,2007,22(4):176-179.

YANG Z Q, WANG J Y, WU Z J. SWOT analysis and the development countermeasures for ecotourism in Pengzuping Nature Reserve[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(4):176-179. (in Chinese)

[5] 徐正春,郭丽,周经纬. 广东自然保护区生态旅游 SWOT 分析及对策研究[J]. 中南林业调查规划,2005,25(4):29-32.

[6] 陈冬梅. 贵州省生态旅游发展的 SWOT 分析及对策[J]. 贵州财经学院学报,2007(6):108-112.

[7] 李书山,杨吉安,方锡红,等. 兴平沿渭农业生态旅游开发 SWOT 分析及开发构想[J]. 西北林学院学报 2009,24(2):201-204.

LI S S, YANG J A, FANG X H, *et al.* SWOT analysis and the development countermeasures for agriculture eco-tourism development along Weihe River in Xingping[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(2):201-204. (in Chinese)

[8] 谢楠,王金叶. 内蒙古白音敖包自然保护区生态旅游开发 SWOT 分析[J]. 西北林学院学报, 2007,22(4):171-175.

XIE N, WANG J Y. SWOT analysis of eco-tourism development in Baiyinaobao National Nature Resever in inner Mongolia[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(4):171-175. (in Chinese)

[9] 高阳,蒋明. 川西民族地区草原生态旅游发展实证研究——红原县月亮湾旅游区生态旅游发展前景分析[J]. 西南民族大学学报:人文社科版,2004,26(4):127-130.

[10] 刘务林. 西藏自然和生态[M]. 拉萨:西藏人民出版社,2007.

[11] 刘继生,孔强,陈娟. 中国自然保护区生态旅游开发研究刍议[J]. 人文地理,1997,12(4):20-24.

[12] 卢云亭. 王建军. 生态旅游学[M]. 北京:旅游教育出版社,2001.

[13] 汪海燕. 自然保护区的生态旅游规划及开发[J]. 科技创新导报,2008(15):124.

[14] 杨文凤,卓嘎,师学萍. 藏东南生态旅游资源的分类与旅游业可持续发展战略探讨[J]. 中国农学通报,2009,25(20):272-278.

[15] 潘裕生,邓侃. 西藏的魅力[M]. 拉萨:西藏人民出版社,2000:530-531.

[16] 张敏,方怀龙,龙章雄. 西藏林芝地区生态旅游产品开发[J]. 西藏科技,2004(12):14-19.

[17] 钟祥浩. 西藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J]. 山地学报,2006(2):129-132.

[18] 章奇志. 西藏生态旅游发展对策研究[D]. 天津:天津大学管理学院,2001:39-40.

[19] 刘丹丹. 内蒙古旅游产业发展研究[D]. 上海:上海社会科学院部门经济所,2004:27-28.

.....

(上接第 159 页)

[3] 侯琳,雷瑞德,刘建军,等. 黄龙山林区封育油松种群动态研究 [J]. 生态学杂志, 2005, 24(11):1263-1266.

HOU L, LEI R D, LIU J J, *et al.* Dynamic characteristics of hillsides-closed afforested *Pinus tabulaeformis* population in Huanglongshan forest zone [J]. Chinese Journal Ecology, 2005,24(11):1263-1266. (in Chinese).

[4] 沈国舫. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.

SHEN G F. Silviculture[M]. Beijing: China Forestry Press, 2001. (in Chinese)

[5] 孙时轩. 造林学 [M]. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1992.

[6] 沈海龙,李世文,胡祥一,等. 东北东部山地樟子松生长与气候因子的相关分析 [J]. 东北林业大学学报, 1995, 23(3): 33-39.

SHEN H L, LI S W, HU X Y, *et al.* Analysis on the relationship between climatic factors and the growth of Mongolian scots pine in eastern mountain area of northeast China [J]. Journal of Northeast Forestry University, 1995, 23(3): 33-39. (in Chinese)