

秃杉持续生长力的探讨

孙志刚¹, 陈强^{1*}, 苏俊武¹, 许彦红², 刘永刚¹, 王庆华¹, 刘云彩¹, 周筑¹, 孙宏¹

(1. 云南省林业科学院, 云南昆明 650201; 2. 西南林业大学, 云南昆明 650224)

摘要 [目的]探讨秃杉生长特点及其持续生长力,为我国大径级用材林培育树种选择及秃杉大径材培育提供科学参考。[方法]通过对秃杉自然分布区天然林及周边人工林的调查,从秃杉的长寿性、枝叶空间分布、根系连生、中幼林施肥效应、单株和林分生长力等方面探讨了其生长力。[结果]秃杉寿命达上千年,数百年生仍然生机勃勃,其主干圆满通直,侧枝细而柔软,下部枝条易向下倾斜生长,增大了光合作用面积,部分秃杉下部侧枝还能向树冠间的空隙处旋转生长,根系连生形成庞大的根系群体结构和菌根,保障了秃杉的生长力,10余年生以后不施肥树高和胸径年平均生长量仍可达0.82 m和1.95 cm,年龄在24~50年的优良木,平均树高和胸径年均生长量达0.71 m和1.72 cm,100年生以内平均胸径年均生长量仍然可达1 cm以上,人工林的蓄积量在21~30年达443.56 m³/hm²,51~60年达1 231.43 m³/hm²。[结论]秃杉的速生时间达50~100年,是一个速生阶段持续性特别长的树种,是培育大径材的理想树种。

关键词 秃杉;大径材;持续生长力;空间分布;连生根系

中图分类号 S718.45 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)05-0116-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.05.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

A Discussion on Continuous Growth Ability of *Taiwania flousiana*

SUN Zhi-gang, CHEN Qiang, SU Jun-wu et al (Yunnan Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract [Objective] To learn about the growth characteristics and continuous growth ability of *Taiwania flousiana* in order to provide scientific reference for the selection of large-size timber tree species and the cultivation of large-size timber plantations of *T. flousiana* in China. [Method] Based on the investigation of natural forest and surrounding plantation in the natural distribution area of *T. flousiana*, the growth ability of *T. flousiana* was discussed from the aspects of longevity, spatial distribution of branches and leaves, root morphology and distribution, fertilization effect of young and middle-aged forests, individual plant and stand growth ability. [Result] *T. flousiana* is famous as a longevous tree species which is full of vitality even attaining an age of over hundreds years. Trunk thick and straight; lateral branch slender and soft; lower branches tending to grow obliquely downward except a few of them grow spirally up into crown gap and a huge structure of roots system formed from roots united and roots mycorrhization keep *T. flousiana* a continuous growth ability, the mean annual growth of tree height and DBH can reach 0.82 m and 1.95 cm at age of more than ten years without fertilization any more and 0.71 m and 1.72 cm of the selected trees with age between 24 to 50 years. Moreover, the mean annual growth of DBH can achieve more than 1 cm, the stand volume of its plantation achieved 443.56 m³/hm² between age from 21 to 30 and 1 231.43 m³/hm² between age from 51 to 60. [Conclusion] The fast-growing time of volume of *T. flousiana* appeared between age from 50 to 100. *T. flousiana* is one of the longer fast-growing time tree species, it is an ideal tree species for large diameter timber cultivation.

Key words *Taiwania flousiana*; Large-size timber; Continuous growth ability; Spacial distribution; United roots

秃杉 (*Taiwania flousiana*) 为杉科台湾杉属常绿高大乔木,系第三纪珍稀孑遗植物,国家Ⅱ级保护树种。秃杉是我国南方山区营造用材林的优良树种,适应性强,寿命长,病虫害少,生长迅速,材质好,产材量高,木材花纹美观,具有清香味,耐腐蚀性能强,是家具、室内装潢和建筑的上等用材。国内外对秃杉的生物学生态学特性、引种和种源试验、种苗繁育和人工林培育等开展了大量的研究^[1-10],对秃杉的持续生长力进行探讨,研究其高速生长的可持续性,可为秃杉大径材的培育提供理论依据,并指导秃杉大径材的科学培育。

1 调查地点与方法

1.1 调查地点 秃杉长寿性和单株生长力的调查范围为秃杉自然分布区的天然林及周边的人工林,调查地为云南西部的高黎贡山自然保护区、贵州东南部的雷公山自然保护区、湖北西南部的星斗山自然保护区、重庆酉阳毛坝及周边的天然林和人工林,具体地点为云南腾冲、龙陵、昌宁、梁河、盈江、贡山、福贡、泸水、凤庆、临沧、维西、河北利川、重庆酉阳、

贵州雷山、剑河、台江等地。

秃杉枝叶空间分布和林分生长力的调查地为云南腾冲,腾冲位于高黎贡山西麓,属西南季风湿润气候,具有明显的低纬度山地季风气候特点,年平均气温14.7℃,≥10℃年积温4 647℃,年降水量1 465 mm。

1.2 调查方法

1.2.1 长寿性调查。2011年10月—2012年12月,在秃杉自然分布区的天然林及周边的人工林中,对百年以上的秃杉进行调查,测定年龄、树高、胸径和冠幅,汇总出年龄在300年生以上的秃杉。

1.2.2 枝叶空间分布观测。2012年3月,在腾冲县曲石镇13年生的秃杉林中,随机抽取30株秃杉,调查其树高、胸径、冠幅和最下面3个侧枝的枝下高、枝长、枝顶芽高和枝最低处高,计算树冠侧面积。

1.2.3 单株生长力调查。2011年10月—2012年12月,在秃杉自然分布区的天然林及周边的人工林中,选择187株生长健壮、无病虫害、干形圆满通直的优良木,测定树龄、树高、胸径、冠幅和枝下高,计算树高和胸径年平均生长量。

1.2.4 林分生长力调查。2011年4月—2012年5月,采用典型样地调查法,在腾冲设置调查样地62块,对样地内的所有秃杉进行每木检尺,测定年龄、密度、树高、胸径和冠幅,计

基金项目 国家林业公益性行业科研专项(201104053);林业科技推广示范项目(云[2017]TG10)。

作者简介 孙志刚(1966—),男,重庆人,工程师,从事森林资源培育技术研究。*通信作者,研究员,从事森林资源培育和林木遗传育种等研究。

收稿日期 2018-09-12

算单位面积蓄积量,年平均树高、胸径和蓄积生长量。

2 调查结果与分析

2.1 秃杉的长寿性 秃杉为著名的长寿树种,我国现存 300 年以上的古大秃杉见表 1。在滇西和黔东南各地常见上百年的大树,甚至还有上千年的古树,年龄最大的在腾冲县小西乡大罗绮坪观音寺,树龄达 2 250 年。上千年以上的还有贡山县独龙乡后山林的 1 株为 1 100 年,福贡县麻甲底村公所阿底马底巴瓦主山的 1 株为 1 000 年,福贡县马吉米村公所嘎瞎村基夺洛河的 1 株为 1 000 年。

2.2 秃杉枝叶的空间分布 秃杉茎干粗壮而直,分枝少而细,始终保持顶端生长的优势,即使是孤立木也是如此,树势圆满通直,具有高光合效能的速生树种特性^[1]。秃杉的侧枝较细而柔软,下部的枝条易向下倾斜生长(图 1),而枝梢的趋光性又使枝头从枝长的约 2/3 处转而向上生长,对 30 株 13 年生秃杉的树冠调查表明,平均树高 7.3 m,平均胸径 15.6 cm,平均枝下高 1.76 m,最下面 1 个侧枝最低处比枝基部平均低 33.5 cm,最大的低 95.0 cm,但一般枝顶部仍然平均低于基部 15.2 cm,最大的低 58.0 cm,树冠侧面积平均为 34.88 m²,与下部枝条平展的树木如云南松、华山松相比较,平均增加侧面积 0.88 m²,最大的增加侧面积 6.02 m²,树冠表面积的增加提高了秃杉的光合作用能力,这是秃杉生长量大的原因之一。



表 1 我国现存 300 年以上的古老大秃杉

Table 1 Ancient *T. flousiana* over 300 years in existence in China

省份 Province	小地名 Small place name	年龄 Age a	树高 Tree height m	胸径 DBH cm	备注 Rem- arks
云南 Yunnan	腾冲县小西乡大罗绮坪观音寺	2 250	22	284	A
	腾冲县和顺乡魁阁	510	22	130	A
	腾冲县和顺乡魁阁	510	19	94	A
	维西县白济汛乡熊巴洛	350	35	210	A
	贡山县茨开乡其期村其期河东	400	32	300	A
	贡山县丙中洛乡尼瓦洛	900	40	230	A
	贡山县独龙乡后山林	1 100	56	210	A
	福贡县麻甲底村公所阿底 马底巴瓦主山	1 000	60	280	A
	福贡县马吉米村公所嘎瞎村 基夺洛河	1 000	50	250	A
	福贡县匹河乡互娃村	470	45	205	
	福贡县匹河乡互娃村	450	47	211	
	福贡县匹河乡互娃村	470	40	137	
	福贡县匹河乡互娃村	330	37	148	
	临沧县博尚镇完全小学	300	32	175	A
贵州 Guizhou	雷山县方祥乡格头村	500	39	72	
	剑河县太拥乡白道村	300	41	178	

注:A 为数据引自参考文献[1]

Note: A is data cited from reference[1]



图 1 腾冲秃杉枝叶下垂现象

Fig. 1 Dropping of branches and leaves of *T. flousiana* in Tengchong

部分秃杉下部侧枝还能向树冠间的空隙处旋转生长(图 2),其侧枝顶点与基部之间垂直面的夹角一般在 60°以上,最大可达 90°,这样可以获得更多的光照,增强树木的光合能力,从而提高林木的生长量。

2.3 秃杉根系的连生 陶国祥^[1]研究了 1~50 年生秃杉根系:系半深根性树种,属疏散型根系。1 年生幼苗主根长 20~34 cm,侧根 5~7 条;造林 3~5 年内,主根开始退化为 3~4 个垂直根系,侧根 8~19 条,根长 40~71 cm,根幅 49~190 cm,根系密集于 10~40 cm 的土层中;6~8 年垂直根系趋于稳定并

开始退化,根长超过 80 cm,侧根超过 20 条,根系密集在 10~45 cm 的土层中;9 年以后,垂直根系与侧根,或垂直根系之间,或侧根之间开始连生,一般 3~4 处(图 3),形成庞大的根系群体结构,能从土壤中吸收充足的水分和养分供给植株生活生长,此时树高、胸径连年生长量出现最高峰,材积增加很快,持续至 50 年以后;20 年以后垂直根系生长衰退,侧根发达,密集在 30~50 cm 的土层深度,垂直根系细根分布于 60~80 cm 的土体中,构成根群网,短根常与土壤中的真菌共生,形成菌根,白色菌丝体在 30~50 cm 的土体中和短根上都有



图2 腾冲秃杉侧枝旋转生长现象

Fig.2 Rotating growth of lateral branches of *T. flousiana* in Tengchong

分布,并且短根还被菌根套所包围,菌根的发育对秃杉生长有利,它能扩大根系吸收营养和水分的能力,此时材积连年生长量可达到最高峰,但不急剧下降,可延迟到40年。

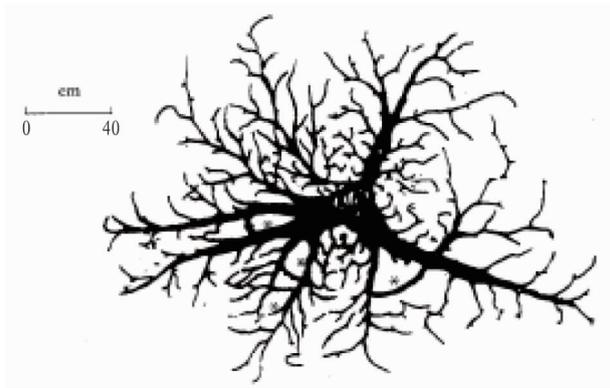


图3 龙陵后山44年生秃杉水平根系分布^[1](* 为根系连生处)
Fig.3 Distribution of horizontal root system of 44-year-old *T. flousiana* in Houshan, Longling^[1](* is the root attachment department)

2.4 秃杉的生长力

2.4.1 中幼林施肥效应。苏俊武等^[11]对腾冲11年生秃杉进行了4年的连续施肥试验,4年累计施用尿素2700g/株或复合肥2900g/株或尿素2600g/株、磷酸二氢钾280g/株、微量元素(锌、锰、硼、铜)400g/株,各施肥试验组的树高年净生长量为0.72~0.98m,平均为0.85m,对照的树高年净生长量为0.70~0.94m,平均为0.82m;各施肥试验组的胸径年净生长量为1.94~2.07cm,平均为1.99cm,对照的胸径年净生长量为1.87~2.02cm,平均为1.95cm,各施肥试验组的材积年净生长量为498~698cm³,平均为576cm³,对照的材积年净生长量为456~678cm³,平均为558cm³,试验与对照在树高、胸径和材积的生长量上差异均不显著,说明秃杉生长到一定阶段,人工施肥对秃杉生长的促进作用已经不大,因其根系开始连生扩展,构成特殊的根群结构,从林地土壤中吸收营养物质和水分满足了生长需要,秃杉生长到8~10年以后林分已郁闭,林地中枯枝落叶不断增多,成为林地有机物质的主要来源,能维持和提高土壤

肥力,保障秃杉持续稳定生长。

2.4.2 单株生长力。187株秃杉优良木生长情况见表2、3,其年龄为24~467年,平均年龄、树高和胸径分别为76.5年、30.3m和79.9cm,树高和胸径年平均生长量分别为0.40m和1.04cm。树高一般在30~40m,胸径则随着年龄的增加而增大,树高和胸径的年平均生长量随着树龄的增加而减少,但在100年生以内,其胸径年平均生长量可达1cm以上,表现出极强的持续生长能力。在24~50年,树高和胸径年平均生长量分别为0.71m和1.72cm,年均生长量最大的是盈17,24年生,树高和胸径年平均生长量分别达0.96m和2.78cm;在51~100年,树高和胸径年平均生长量分别为0.43m和1.09cm,年均生长量最大的是腾中12,51年生,树高和胸径年平均生长量分别达0.63m和1.72cm。

表2 不同年龄阶段秃杉单株生长量

Table 2 Individual plant growth of *T. flousiana* at different age stages

年龄阶段 Age stage//a	样本数 Sample size//株	年龄 Age a	树高 Tree height//m		胸径 DBH//cm	
			均值 Mean	年平均生长 Average annual growth	均值 Mean	年平均生长 Average annual growth
24~467	187	76.5	30.3	0.40	79.9	1.04
24~50	89	39.5	27.9	0.71	67.8	1.72
51~100	71	73.7	31.4	0.43	80.1	1.09
101~200	22	163.9	34.0	0.21	108.1	0.66
201~500	5	390.2	41.2	0.11	168.1	0.43

表3 不同年龄阶段秃杉单株最大生长量

Table 3 Maximum individual growth of *T. flousiana* at different age stages

年龄阶段 Age stage//a	优树编号 Superior tree No.	年龄 Age a	树高 Tree height//m		胸径 DBH//cm	
			均值 Mean	年平均生长 Average annual growth	均值 Mean	年平均生长 Average annual growth
24~50	盈17	24.0	23.0	0.96	66.6	2.78
51~100	腾中12	51.0	32.0	0.63	87.6	1.72
101~200	福5	118.0	37.0	0.31	105.4	0.89
201~500	福7	240.0	37.0	0.15	138.5	0.58

2.4.3 林分生长力。腾冲62块样地调查结果见表4、5,由表可见,秃杉具有很高的生长量,样地平均年龄、密度、树高、

胸径和蓄积量分别为 19.9 年、1 476 株/hm²、12.0 m、21.0 cm 和 284.05 m³/hm², 树高、胸径和蓄积年平均生长量分别为 0.60 m、1.06 cm 和 14.27 m³/hm²。树高年均生长随着年龄的增长而逐渐减少, 胸径在 6~20 年生生长较快, 年均生长量为 1.23 cm, 21~60 年年均生长量在 0.9 cm 以上, 单位面积蓄积量在 20 年生后提高较大, 21~30 年达 443.56 m³/hm², 51~60 年达 1 231.43 m³/hm²。在调查样地中, 蓄积量最大的是 5 号

样地, 58 年生, 密度 1 025 株/hm², 平均树高、胸径和蓄积量分别为 35.0 m、58.9 cm 和 2 196.00 m³/hm², 树高、胸径和蓄积年平均生长量分别为 0.60 m、1.02 cm 和 37.86 m³/hm²; 蓄积量其次的是 29 号样地, 25 年生, 密度 1 150 株/hm², 平均树高、胸径和蓄积量分别为 19.4 m、34.3 cm 和 767.75 m³/hm², 树高、胸径和蓄积年平均生长量分别为 0.78 m、1.37 cm 和 30.71 m³/hm²。

表 4 不同秃杉年龄阶段样地的生长量

Table 4 Growth of samples at different age stages of *T. flousiana*

年龄阶段 Age stage a	样本数 Sample size/块	年龄 Age a	密度 Density 株/hm ²	树高 Tree height//m		胸径 DBH//cm		蓄积量 Stock volume//m ³ /hm ²	
				均值 Mean	年平均生长 Average annual growth	均值 Mean	年平均生长 Average annual growth	均值 Mean	年平均生长 Average annual growth
6~58	62	19.9	1 476	12.0	0.60	21.0	1.06	284.05	14.27
6~10	9	7.8	1 923	5.1	0.65	9.6	1.23	31.17	4.00
11~20	28	12.8	1 689	8.7	0.68	15.7	1.23	129.90	10.15
21~30	12	25.9	1 278	16.0	0.62	25.5	0.98	443.56	17.13
31~40	11	32.3	1 024	17.5	0.54	30.6	0.95	466.48	14.44
51~60	3	56.0	642	28.4	0.51	51.5	0.92	1 231.43	21.99

表 5 不同秃杉年龄阶段样地的最大生长量

Table 5 Maximum growth of samples at different age stages of *T. flousiana*

年龄阶段 Age stage a	样地号 Plot No.	年龄 Age a	密度 Density 株/hm ²	树高 Tree height//m		胸径 DBH//cm		蓄积量 Stock volume//m ³ /hm ²	
				均值 Mean	年平均生长 Average annual growth	均值 Mean	年平均生长 Average annual growth	均值 Mean	年平均生长 Average annual growth
6~10	20	9.0	1 975	5.3	0.59	11.8	1.31	45.25	5.03
11~20	24	13.0	2 225	10.8	0.83	19.1	1.47	312.50	24.04
21~30	29	25.0	1 150	19.4	0.78	34.3	1.37	767.75	30.71
31~40	7	31.0	1 900	18.0	0.58	27.7	0.89	787.50	25.40
51~60	5	58.0	1 025	35.0	0.60	58.9	1.02	2 196.00	37.86

3 结论

秃杉为著名的长寿树种, 寿命达上千年, 数百年生仍然生机勃勃, 现存最大的秃杉年龄达 2 250 年。秃杉主干圆通直, 侧枝细而柔软, 下部枝条易向下倾斜生长, 从而增加了树冠的表面积, 提高了秃杉的光合作用能力。部分秃杉下部侧枝还能向树冠间的空隙处旋转生长, 以获得更多的光照, 增强了树木的光合能力。秃杉系半深根性树种, 属疏散型根系, 主根退化为 3~4 条垂直根系, 侧根非常发达, 9 年以后, 垂直根系与侧根, 或垂直根系之间, 或侧根之间开始连生, 一般 3~4 处, 短根常与土壤中的真菌共生, 形成菌根, 其庞大的根系群体结构和菌根, 扩大了根系吸收营养和水分的能力。腾冲 11 年生秃杉连续 4 年的施肥试验表明, 秃杉生长到一定阶段, 人工施肥对秃杉生长的促进作用已经不大, 不施肥的树高和胸径年平均生长量仍可达 0.82 m 和 1.95 cm。秃杉分布区年龄在 24~50 年的优良木, 平均树高和胸径年均生长量达 0.71 m 和 1.72 cm, 100 年生以内平均胸径年均生长量仍然可达 1 cm 以上, 表现出极强的持续生长能力。腾冲秃杉人工林的蓄积量在 21~30 年达 443.56 m³/hm², 51~60 年达 1 231.43 m³/hm², 蓄积量最大的一块林分, 58 年生, 蓄积量达 2 196.00 m³/hm², 蓄积年平均生长量达 37.86 m³/hm²。

从秃杉的长寿性、枝叶的空间分布、根系连生并具菌根、

中幼林施肥效应、单株和林分生长力等综合分析, 秃杉的速生时间达 50~100 年, 是一个速生阶段持续性长的树种, 具有较强的持续生长力, 因此 10 年生后在秃杉大径材培育的经营管理上只需重点进行密度调控, 不需要施肥, 降低了经营管理强度, 在大径材培育需要较长周期下可以极大地节省经营成本, 提高培育效益。

参考文献

- [1] 陶国祥. 秃杉[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2001.
- [2] 陈强, 袁明, 刘云彩, 等. 秃杉的物种确立、天然林种群特征、保护、引种和种源选择研究[J]. 西部林业科学, 2012, 41(2): 1-16.
- [3] 李性苑, 李旭光, 李东平, 等. 贵州雷公山秃杉种群空间分布格局和分形特征研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(28): 12264-12266.
- [4] 陈绍林, 张志华, 廖于实, 等. 星斗山自然保护区秃杉原生种群生境现状及保护对策[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(11): 4624-4625.
- [5] 陈建新, 王明怀, 殷祚云, 等. 广东省秃杉引种栽培效果及栽培区划分研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 399-405.
- [6] 愈慈英. 舟山海岛秃杉引种试验[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(1): 26-32.
- [7] 全国秃杉种源试验协作组. 秃杉种源苗期变异与选择的研究[J]. 林业科技通讯, 1996(6): 9-13.
- [8] 李晓储, 黄利斌, 杨继明, 等. 秃杉种源苗期地理变异的研究[J]. 江苏林业科技, 1993(2): 1-8.
- [9] 段成波. 秃杉人工林的培育技术[J]. 西部林业科学, 2005, 34(2): 91-94.
- [10] 陈强, 苏俊武, 刘云彩, 等. 秃杉大径材培育技术[J]. 林业科技通讯, 2017(2): 15-18.
- [11] 苏俊武, 陈强, 刘云彩, 等. 秃杉中幼林施肥试验[J]. 福建林业科技, 2017, 44(4): 63-67.