

云南红豆杉

Taxus wallichiana Zu.
红豆杉科 Taxaceae

一、形态特征

按 199 年英文版中国植物志 (Flora of China) 修订, 云南红豆杉 (又名须弥红豆杉、喜马拉雅红豆杉、紫金杉) 包括云南红豆杉 (原变种) *Taxus wallichiana* Zu var. *wallichiana* 及红豆杉 (变种) *T. wallichiana* Zu. var. *chinensis* Floria 和南方红豆杉 (变种) *T. wallichiana* Zu. var. *mairei* L.K.Fu & Nan L.。

常绿高大乔木或为小乔木、灌木。所风最大者, 高 40m, 胸径 2m, 树皮灰紫色, 幼树时光滑后, 逐渐裂成鳞状薄片状脱落。一年生枝绿色后, 变为紫红色。具光泽。冬芽黄色, 芽鳞窄, 先端渐尖, 脱落或部分宿存于新枝基部。叶线形, 通常呈镰状, 持地薄软, 叶绿外卷, 排成整齐的二列, 长 2.5~4.7cm, 宽 2~3mm, 上面深绿色或绿色, 有光泽, 中脉两侧各有一条淡黄色气孔带, 中脉带及气孔带上密生均匀的微小角质乳头状突起, 但叶下面仍呈现为较浅的绿色, 通常雌雄异株, 也发现个别雌雄同株者。雄球花球形, 具短梗, 淡褐黄色至黄色, 长 5~6mm, 径约 3mm, 密生小枝两侧叶腋, 雄蕊 6~14, 盾状, 每枝雄蕊有 5 (4~9) 个花药。雌球花近球形, 无梗, 径 5~6mm, 珠托圆盘形, 稀疏单生小枝背面叶腋。有时密生, 形成丰盛结果枝。种子坚果状, 卵圆形、长 5mm, 径 4mm, 顶端有小尖头, 种脐椭圆形。种子成长近熟时, 出现膜状假种皮包被种子下半部, 假种皮逐渐肉质化, 初为乳白色, 后至粉红色, 成熟时假种皮呈鲜红色肉质杯状。

红豆杉 ()、南方红豆杉 () 两变种与云南红豆杉原变种的主要形态区别的共同点为:

1. 叶质地稍厚, 边缘不卷曲或只微卷;
2. 二年里小枝保持为绿色, 三年生时灰绿褐色, 而不变为紫红色。这些枝的颜色干后消失, 均变为褐色。

红豆杉与南方红豆杉的形态区别点为:

1. 红豆杉叶较短、条形, 较直或微呈镰状, 通常长 1.5~2.2cm, 宽 2~3mm。叶下面中脉带上密生均匀而微小角质乳头状突起点, 其色泽常与气孔带相同。种子多呈卵圆形。
2. 南方红豆杉叶较宽长、披针状条形或条形, 常呈弯镰状, 通常长 2~4.5cm, 宽 3~5mm。叶下面中脉带的色泽与气孔带不同, 中脉带上局部有成片或零星的角质乳头状突起点, 稀无突起点。种子微压扁, 呈倒卵圆形, 稀柱状矩圆形。

二、分布与生长特性

1. 分布特性

红豆杉科植物起源古老, 出现在中生代上白垩纪, 在上始新世到中渐新世分布在现俄罗斯北岭沙克斯坦—北乌拉尔高加索一带; 我国在始新世和渐新世地层中发现有红豆杉的花粉, 表明该科植物处北温带植物亚系, 即欧、亚、美洲温带地区。后来, 在几次冰川期的地质和气候变迁中, 欧洲、美洲的红豆杉几乎绝迹。现代欧洲仅保存一种浆果红豆杉 (*Taxus baccata*), 美洲也保存 1 种太平洋红豆杉 (T.)

我国却保存有 5 种红豆杉植物, 云南省有 3 种红豆杉, 即 1. 云南红豆杉 (*T. yunnanensis*), 2. 南方红豆杉 (*T. mairei*), 3. 西藏红豆杉 (*T. wallichiana*)。

云南红豆杉主产云南; 四川西南部, 西藏东部以及不丹、缅甸等国也有分布。

在云南省云南红豆杉分布于滇西、滇西北以及滇中地区, 生长在海拔高度 1700~3500m 的地带。云南红豆杉在云南省分布状况如表 2-1。

表 2-1 云南红豆杉分布状况

地点	海拔高度 /m	生长地的地形、坡向、坡度	分布的森林类型用分布状况					
			森林类型	分布状况				

从表 2-1 看出，云南红豆杉在云南，分布在北纬 24° 04′（新平，哀牢山南段）至北纬 28° 03′（高黎贡山北段）；东经 98° 29′（腾冲，高黎贡山西坡）至东经 101° 58′（新平）的区域，其垂直分布范围为海拔高度 1700m（腾冲荣华街狗头坡）至 3200m（丽江河源；云杉坪；兰坪 104 林场）。按中国树木志记载云南红豆杉最高分布地的海拔高度为 3500m。其水平分布区跨越 4 个纬度带，3.5 个经度带。而垂直分布范围的海拔高度相差 1500（1800）m。

在云南随海拔高度的升高，而呈现出明显的气候带性变化。云南红豆杉的云南分布区实际跨越了中亚热带，北亚热带，暖湿带直至寒温带等 5 个气候带，分布区的年平均气温 5.4℃~14.8℃，最低月（1 月）平均气温 -3.8℃~-7.5℃，绝对最低温 -4.2℃~-25.4℃，≥10℃年积温 3000~2187℃，年降水量 319.9~1463mm，年蒸发量 1577~2004mm。年平均相对湿度 63%~79%。年日照时数 1384~2517h。表明云南红豆杉适应的气候区域较广，既适应温暖气候，又能耐低温。特别是对光照的适应能力更强。在高山暗针叶林内，云南红豆杉林木处于第 II 林层或为下木，但仍能生长发育，仅高生长受到抑制。如在海拔高度 3200m 的亚高山暗针叶林 1 株（雌株）古老的云南红豆杉，其树龄 900 年，树高仅 12m，胸径 1.3m；而在海拔高度 1700m 针阔叶混交林中生长有 1 株古云南红豆杉，树龄 600 年，树高 40m，胸径 2m，超出第 I 林层，处于全光照状况，至今仍满树繁花（雄株）。由此说明云南红豆杉，既能忍受荫蔽，又具喜光习性。

在云南红豆杉分布区，随海拔高度的变化，其土壤类型也产生相应的变化。在海拔高度 1700~2000m 地带，云南红豆杉主要生长在山地红壤，沟谷冲积土上；在海拔高度 2500m 左右，主要生长于森林棕壤上，少数生长在半沼泽化土壤边缘；在海拔高度 2800~3200m 的地带，主要生长在棕壤，灰棕壤、高山沟谷冲积土、溪流两侧冲积土上；少数生长在石灰岩石砾土上。大多数云南红豆杉生长地的土壤都较深厚湿润肥沃。但也有生长在干燥贫瘠土壤上的云南红豆杉。如生长在兰坪县海拔高度 2800m 石门坎的云南红豆杉和生长于祥云县海拔高度 3100m 西沙果山的云南红豆杉，其生长地的土壤是干燥作嫁作嫁贫瘠的石灰岩石砾土。说明云南红豆杉既喜湿润肥沃土壤，也能忍受干燥作嫁贫瘠的土壤环境。其对土壤的适应能力也很强。栽培实践证明，在同一气候条件下相同苗龄、同一栽培时间栽培在深厚湿润土壤上的云南红豆杉林木的高径生长量比栽培在浅薄作嫁贫瘠土壤上的大 1 倍以上。但林木的发育期未受到明显影响，均同期开花结果。

云南红豆杉的人工栽培更扩大了它的自然分布的南线，达到北纬 23° 28′。在东经 104° 40′。海拔高度 1400m 的南亚热带。其在该气候带的季风、常绿阔叶林区的酸性（pH4.9）山地黄壤上，也能良好生长。

2. 林木的生长特性

(1) 生长进程

云南红豆杉林木的生命力强，寿命长。现存的一株云南红豆杉古树（雌树），900 年生尚能开花结果；另有一株（雄株）600 年生年年繁花满树。腾冲县城内生长有 1 株云南红豆杉，树高 29.5m，胸径 90.8cm，1990~1992 年调查时，连续三年丰产，1992 年产果量达 11kg 生命力仍旧旺盛。

根据栽培试验和对天然林木的调查，云南红豆杉林木 4 年生前生长缓慢。4 年生时林木的树高仅 0.31m，其年平均生长量为 0.08m；径 0.62cm，其年平均生长量 0.15cm。5 年生时林木

生长开始增快,此时树高为 0.73m,年平均生长量 0.14m;连年生长量为 0.42m;直径 1.26cm,年平均生长量 0.25cm,连年生长量 0.64cm。6年生时林木树高为 1.28m,年平均生长量 0.21m;连年生长量为 0.55m;直径 2.13cm,年平均生长量 0.35cm,连年生长量 0.87cm。29年生林木的平均树高为 5.1m,年平均生长量 0.18m。直径(胸径) 6.9cm,年平均生长量 0.58cm,树高、直径生长量都明显降低,进入缓慢生长期。

在城市环境下,孤立生长的 600年生云南红豆杉林木其树高达 40m,年平均生长量为 0.067m;胸径为 2m,年平均生长量 0.33cm;但在高山暗针叶林林下生长的 900年生云南红豆杉林木树高仅 12m,年平均生长量为 0.013m;胸径 1.3m,年平均胸径生长量 0.014cm。按此计算云南红豆杉林木约 80年生才能达到工艺成熟,即树高 20m,胸径约 30cm,可供用材。

(2) 生长节律

云南红豆杉林木在一年之风的生长,呈现随季节变换的生长节律。

地点	一季度生长量		二季度生长量		三季度生长量		四季度生长量		全年生长量	
	树高 /cm	直径 /mm								
昆明	0.0	0.0	11.0	1.2	3.0	1.1	1.0	0.1	15.0	2.4
西畴	14.0	1.2	18.0	2.8	9.0	2.5	2.0	0.3	43.0	7.1

注:本表数据 1990~1992年观测值的平均值。

栽培在昆明、西畴不同生态环境的云南红豆杉林木,虽然生长量有较大差别,但是其年生长节律基本一致。林木的树高、直径的生长高峰期都出现在二季度;不同的是,在昆明种植的云南红豆杉林木,其一季度生长量为 0,二、三季度的生长量占全年生长量的 90%以上;而种植在西畴的云南红豆杉林木全年无生长停止期,其二、三季度的生长量占全年生长量的 80%(无表 2-2)。因为西畴的气温,降水都高于昆明,反映了云南红豆杉在温暖湿润环境条件下,林木无生长停止期(或称休眠期)。

(3) 主干与侧枝的生长关系

栽培在昆明、西畴不同生态环境的云南红豆杉林木主干与侧枝的年生长关系如表 2-3。

表 2-3 栽培的昆明、西畴两地的云南红豆杉林木主干与侧枝的年生长状况

地点	主干 生长量	侧枝生长量					侧枝 生长量
		东枝	南枝	西枝	北枝	平均	
昆明	15.0	9.9	8.2	8.6	9.7	9.1	1.65
西畴	43.0	28.1	27.5	25.7	31.8	28.3	1.52

注:为 1990~1992年的观测平均值。

云南红豆杉林木在昆明、西畴两种植地,其主干与侧枝的年生长量有较大差异,但主干与侧枝年生长量的比值分别为 1.52 和 1.65 倍,相差仅 0.15。表现出云南红豆杉林木主干的生长优势不太明显。而侧枝生长较旺盛,故能形成广圆形的树冠。人工种植的云南红豆杉林木与自然分布的云南红豆杉林木其树冠相似。

云南红豆杉林木还有会产生多头分生现象,其多头分生率占 15%左右。多头分生的云南红豆杉林木一般分生 2~3 个主干,也有分生 5 个主干的;还有少数植株分生主干上行分生,即在分生的主干上,又均匀地分生出 3~4 个第二级主干,直立向上生长,而非侧枝。人工栽培与自然生长的云南红豆杉林木均有多头分生的植株。这对于林木的用材出材量均有不利影响。但是有利于药用树皮和枝叶的增多,因为云南红豆杉药用成份多含于树皮。所以,在人工栽培时,应根据利用目的选用多干类型或单一主干类型。

(4) 根系生长习性

云南红豆杉幼苗期,主根比较明显。当年生苗,苗高 cm,地径 cm,主根长 10cm,粗 0.2~0.3cm,

一级侧根 2~3 条，长 5~8cm，粗约 0.1cm，须根较少，有 5~6 条，长 2~4cm。1.5 年生苗高 68cm，地径 0.7cm，高径比 1%，主根长 53cm，粗 0.41cm，一级侧根 15 条，粗 0.08~0.21cm，长 11.5~22.4cm；二级侧根 20 条，粗 0.06~0.07cm，长 6.5~17.2cm；须根有 130 条。由于云南红豆杉苗木根系发达，故定植容易成活。苗木定植后对新环境适应能力强，生长较快。

云南红豆杉大树，主根、侧根都较发达，根际直径 80cm 的大树，主根粗 40~60cm，根际直径 80cm 的大树，主根粗 40~60cm，长 2~3m；侧根粗 20~30cm，长 1.5~4m，在土层 2~5m 处斜向延伸；而在土层 0.7m 深左右，很少生长须根。一个伐桩连根挖掘（粗根）生约 2~3t。

(5) 萌发习性

云南红豆杉的栽培试验表明，10 年生幼龄期林木砍伐后，其伐桩就具有萌发能力。伐除林木主干，保留 5~10cm 高的伐桩，当年有 90% 的伐桩萌发新条。伐桩萌生条最少 3 株，最多 20 株；1 年生萌生条高 5~22cm，多数生长旺盛。野外调查发现，具有 156 个年轮的云南红豆杉伐桩上，也有一株萌生条；在海拔高度 3200m 处，自然衰老侧伏横卧的云南红豆杉树干上也会出现萌生条。说明云南红豆杉具有较强的萌发能力，其萌发能力，可从幼龄期保持到 160 年或更长的年龄。

2 物候期

不同海拔高度带生长的云南红豆杉其林木的物候期有所差异（见表 2-4）。

地点	海拔高度 /m	展叶抽梢期	现蕾期	花期	果实成熟期	项芽形成期	备注
西畴	1400	3 月上旬~4 月中旬				10 月下旬~11 月中旬	人工栽培
腾冲	1860		♂ 7~8 月 ♀	10 月~2 月 3 月上旬~4 月下旬	10 月~11 月		天然分布
昆明	1970	4 月上旬~4 月下旬	♂ 6 月上旬~6 月中旬 ♀ 9 月上旬~2 月上旬	10 月中旬~1 月中旬		11 月中旬~11 月中旬	人工栽培
丽江河源	2900	4 月上旬~4 月上旬		♀ 11 月~1 月	10 月~11 月		天然分布
兰坪	3200	/		♂ 3 月中旬~4 月上旬 ♀ 3 月下旬~4 月上旬	11 月~12 月		天然分布

在西畴海拔高度 1400m 的种植地，云南红豆杉林木的展叶抽梢较早，3 月 10 日以后开始展叶抽梢，在昆明种植的云南红豆杉林木 4 月 7 日以后展叶抽梢。与腾冲自然分布地（海拔高度 1860m）云南红豆杉林木的展叶抽梢期、花期、果成熟期相近；而在丽江海拔高度 2900m 的云南红豆杉天然分布地，其林木的展叶抽梢期、花期、果成熟期较之推迟 10~15 天；在兰坪，海拔高度 3200m 天然生长的云南红豆杉林木，其展叶抽梢期推迟 10~15 天，果成熟期推迟 1 个月。由此看出云南红豆杉林木的物候期有随生长地海拔高度升高而推迟的趋势。海拔高度升高，气温相应下降，物候期主要随温度而变化。

3 发育特性

据 1990~1992 年对栽培在昆明的云南红豆杉植株的观察，10 年生的雄株已开花，其花期为 1990 年 10 月~1991 年 1 月。11 年生的雌株于 1991 年 9 月形成花蕾，当年 12 月至次年 2 月开花，至 12 年生的 1992 年 10 月~11 月果实发育成熟。以后连续开花结果。说明云南红豆杉林木的发育成熟年龄是 10~12 年；雄株比雌株早成熟 1~2 年，花期也早 1~2 个月。自然分布的云南红豆杉林木，300 年生的雌株尚处于盛果期；600 多年生的雄株，仍繁花满树；而 900 年生的古树，则开花稀少，逐步进入发育衰退期。说明云南红豆杉林木从 10 年生到 900 年生都有生殖繁育能力。

4.繁衍更新能力

云南红豆杉具有很强的繁衍更新能力。表现为林木的结实年龄期长，且植株的结实能力强，其包涵了雄株的传粉能力强，雌株的授粉能力亦强的特性，而导致高的产果量。云南红豆杉林木从10~12年生开始开花结果，直到900年生仍能开花结实。在此几百年的时间里，能产生大量种子。但是云南红豆杉是雌雄异株植物。据调查，在自然分布状况下，其种群中都是雄株多于雌株，有充足的授粉树，只是结实树的数量较少，而减弱了该树种的更新能力。云南红豆杉花粉靠风力传播。在天然分布状态下，云南红豆杉林木呈单株散生或群状生长，在由其他树种组成占优势的林分内，其传粉、授粉都受到一定障碍，特别是在郁闭度较大的林分内，湿度大，风小对其的传粉与授粉均为不利；加之该树种的雄花花期一般都早于雌花花期，且少数植株有花粉不遇的情况。虽有这些不利因素存在，但是云南红豆杉林木终究克服了这些障碍而能授粉结实。腾冲县城内的1株，200年生的云南红豆杉雌株，1990~1992年调查，连续3年结实，这株孤立的雌株距离最近的云南红豆杉雄株在城外2km处，与较远的1株云南红豆杉雄株相距约4km，但仍能授粉结果，种子亦具有发芽力，足见云南红豆杉的传粉，授粉能力很强，结实能力也强。

云南红豆杉更新能力还表现在其种子具有独特的传粉途径与传播能力上。云南红豆杉的种子由一层红色肉质外种皮包裹。为鸟鼠和其他动物乃至人类所喜食。在取食的过程上，不自觉地搬运、传播了云南红豆杉种子；而大多数的云南红豆杉种子，则靠其自然脱落至地面（坡地）而下滑滚动；或在斜坡地须雨水，以沟谷、溪流的水分传播。所以云南红豆杉林木多沿沟谷、斜坡台地、溪流畔生长。

此外，种子的萌发能力也影响其的更新能力。云南红豆杉种子有一层硬壳，吸水困难，其种子的休眠期长达1~2年，故种子的发芽力可保持2年左右。云南红豆杉的种子在自然状态下，红过2年时间，必然有较多的损耗，但也为其等待适当的萌芽条件赢得了时间。其种子发芽率在40%左右，能为其繁衍更新，萌生相当数量的幼苗。

表 2-5 不同森林类型的云南红豆杉天然更新效果

地点	标地面积/m ²	海拔高度/m	森林类型	天然更新的云南红豆杉幼苗、幼树株数						云南红豆杉天然更新效果评价
				不同高度幼苗株数				平均每m ² 株数	折合每公顷株数	
				50cm以内	50~100cm	101cm以上	合计			
腾冲	15	1860	云南榧、高山栲、山茶杜鹃灌丛	0	2	3	5	0.33	3300	幼树较多，更新较好
兰坪	1000	2800	苔藓杜鹃阔叶混交林	6	5	4	15	0.15	1500	幼苗、幼树都较少
兰坪	100	3100	苔藓箭竹怒江冷杉林	0	0	0	0	0	0	无幼苗对更新很差
丽江	12	2800	箭竹杜鹃苍山冷杉林	13	0	0	13	1.0	10.000	仅有幼苗更新差
丽江	10	2800	大白杜鹃云南铁杉林	3	0	0	3	0.3	3000	仅有少量幼苗更新差
丽江	36	3000	大白杜鹃云南铁杉冷杉林	10	8	6	24	0.66	6600	幼苗、幼树多更新良好

注：植物名称附后：山茶(*Camellia reticulata*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、云南榧 *torreya yunnanensis*、高山栲(*Castanopsis delavayi*)、苍山冷杉(*Abies delavayi*)、怒江冷杉(*Abies nukiangensis*)、云南铁杉(*Tsuga dumosa*)、箭竹(*Sinarundinaria nitida*)、大白杜鹃(*Rhododendron decorum*)。

表 2-5 所示的调查结果表明,云南红豆杉的天然更新效果,与其所处森林类型有密切关系。在苔藓箭竹冷杉林中,云南红豆杉天然更新效果很差。在调查所设的标准地内没有发现云南红豆杉幼苗、幼树,在地被物以箭竹为主,间有一些杜鹃的冷杉林中,有较多的红豆杉幼苗,但无幼树,幼苗的继续成长受到了严重抑制,更新效果也较差;而地被物以杜鹃为主的猴杉、冷杉林中以及地被物以杜鹃为主的针阔叶混交林中,甚至在杜鹃、山茶花灌丛,这些森林类型中,所散生的云南红豆杉的更新效果都较好,成长的幼树较多。云南红豆杉虽然荫蔽,但在密闭的箭竹冷杉林下,过分荫蔽的环境,不能满足云南红豆杉更新苗生长所需的光照条件,同时密集的箭竹不阻碍了云南红豆杉种子着地萌发,甚至过于荫蔽潮湿还会使云南红豆杉的种子产生霉变。所以在箭竹为主要地被物的林分内,云南红豆杉很难有较好的更新效果。

三、经济生态价值

1.经济价值评价

云南红豆杉的经济价值表现在其林木具有多种用途上,现分述如下。

①药用价值 近些年国内外对红豆杉属植物进行了内含药用物质的检测,发现其植物体内含有紫杉醇等能有效治疗癌症的物质。云南省林业科学院 1992 年与北京药物研究所合作,对云南红豆杉林木的树皮、枝叶进行了药用成份的检测,发现云南红豆杉林木的树皮,主要含有紫杉醇 (Taxol), 10-去酰紫杉醇, 10-去乙酰基巴卡亭 III (baccatin III), 三尖杉宁碱 (Cephalomannine), 10-去乙酰三尖杉碱等抗癌药物成分。含量达 0.02%以上,高于其他几种红豆杉。云南红豆杉林木的枝叶也含上述 5 种药用成份,只是总的含量较树皮为低为 0.01%,而且主要是巴卡亭 (baccatin)。

因云南红豆杉林木的枝叶、树皮中的紫杉醇等 5 种治疗癌症的物质含量较高,而呈现出该树种高价值的药用价值。

②食用及油用价值 云南红豆杉种子的肉质红色外种皮,含蛋白质 5.16%;总糖 62%,还原糖 58%。还含有多种维生素,其维生素 C 的含量达 12.7mg/g;而 18 种氨基酸的含量为 45.83mg/g。营养丰富,甜糯可口,民间常采集食用。有开发利用价值。

此外,种子含脂肪 29.9%,并含蛋白质 7.33%,总糖 3.5%。可榨油供工业用;而具有没用价值。

③材用价值 云南红豆杉的木材紫红色,纹理均匀,结构细致,有光泽,硬度大,坚实硬重,韧性强,耐腐耐磨,干燥后少挠裂,不变形,为建筑、装修、雕刻、工艺品,高档家具珍贵用材,亦具有较高的材用价值。

④庭园绿化价值 云南红豆杉树形美观,四季常绿,秋季果熟如鲜红宝石挂满枝头,很观赏价值,加之该树种生命力强,寿命长,无严重病虫害,适应性强,是庭园、园林、风景名胜地区绿化美化的优良树种,而具有较高庭园绿化价值。

2.生态价值评价

云南红豆杉适应性强,适生范围广。其林木主干挺拔,枝叶密集,根系粗壮庞大,有较强的覆被大树,保持水土,截留降水,涵养水源的作用。在雨季,其密具枝叶的树冠,会截留一部分降水通过蒸发返回大气,而一部分降水沿主干、根系渗入土层,减少了地表径流,降低土壤冲刷,使部分降水成分地下水,起到降水的再分配作用,使山溪在旱季仍有涓涓泉水,缓解了旱情,其树干坚韧,抗风力较强,可以减小风速,减轻风灾。通过其植株的光合作用吸收 CO₂,释放出 O₂,而调节大气中的 CO₂和 O₂含量。云南红豆杉能耐-25℃低温,能庇护林下植物生长。减轻其冻害;其林木的种子,肉质外种皮为鸟类和其他动物提供食粮,而树体为野生动物提供了栖息场所。

四、良种选育技术

1.育种目标与良种培育策略

云南红豆杉是多用途树种，主要用于药物原料、珍贵用材及用作绿化树种三个方面。其良种培育目标各不相同。本书仅以药用原料利用加以叙述。

(1) 育种目标

以药用原料利用为目的的云南红豆杉良种选育，总的目标是林木枝叶药用原料成分的高含量与林木生物量的高产量两个部分。

①近年来云南红豆杉林木所含的药用成分已从紫杉醇 (Taxol) 单一一种扩大到多种的紫杉烷类，或称为紫杉醇类似物。其包括紫杉醇外，主要还有 10-DAB(10-去乙酰基巴卡亭III)、巴卡亭III (BaccatinIII)、三尖杉宁碱 (Cephalomanine)、10-DAET(7-表-10-去乙酰基紫杉醇)、7-差向紫杉醇 (7-*epi*-Taxol)、7-木糖紫杉醇 (7-Xylosyl-Taxol) 等，它们有的半合成紫杉醇和多烯紫杉醇 (Docetaxel) 的原料，有的本身就具有抗癌活性，已被当前紫杉醇药物制造业所利用，且这些物质在云南红豆杉林木枝叶中的含量也较高。因此，应该把林木枝叶中的紫杉烷类物质的高含量订为云南红豆杉的药用育种目标。

②云南红豆杉植株是否速生及其所表现出的林木生物量的高低，也直接影响云南红豆杉人工药用原料林的紫杉醇药物产量。其林木的生物量以 g/株或 g/hm²·a 计算。由于林木的生物量与生长量密切相关，故可通过建立生长量与生物量的相关系数及回归方程，从易测的生长量指标 (树高、地径) 来推算云南红豆杉林木的生物量。

(2) 良种培育的手段与策略

①由于云南红豆杉的紫杉烷类物质含量在个体间、林分间，不同种源间差异很大。其林木枝叶的 6 种紫杉烷类物质含量的合计值已测到的最大值为 3.45g/kg，而测到的最小值 (仅为 0.03g/kg) 相关达 115 倍。因此，选择高含量的植株、林分、种源，应是当前云南红豆杉良种培育的主要手段。

②云南红豆杉无性繁殖不难，现已可以作大规模的扦插育苗繁殖。经测定从云南红豆杉的天然林木到其第一批扦插苗无性系的广义遗传力为 0.81。第一批扦插苗优树的现实遗传力为 0.78。而云南红豆杉实生繁殖也无特殊障碍。用实生苗栽培的云南红豆杉林木为 7 年生与扦插苗 7 年生均可达结实始期。其实生繁殖的林木结实量已完全可满足育种需要。因此，可以通过实生繁殖手段培育云南红豆杉的良种。再通过无性繁殖，实行先进的云南红豆杉良种的无性系造林，此举，可称主云南红豆杉的有性创造无性利用的选育种策略。为实施云南红豆杉的这一选育种策略，从开始就要注意对云南红豆杉原始林 (群体) 的保护，并着手其优良种源优良林分以及优良个体的各级选择，规划云南红豆杉各级选择成果的繁育基地，以形成云南红豆杉可持续发展的良种培育体系。

2. 优良种源选择

经对云南省的云南红豆杉天然分布区的普遍采样检测，认为云南红豆杉林木枝叶的紫杉烷含量与生长地的海拔高度的相关性最为明显。在云南全省范围内云南红豆杉林木生长地的海拔高度愈低，其枝叶的紫极烷类物质含量愈高，其相关系数为-0.9851。而云南的森林类型与海拔高度也密切相关，所以云南红豆杉林木枝叶的紫杉烷含量与其生长地的森林类型的相关性也特别显著。经评选云南省的云南红豆杉林木枝叶紫杉烷物质高含量以及高林木生物量的种源区主要分布在 8 个区域，故可依据云南红豆杉林木群体，所处的海拔高度或森林类型进行种源区划，而依据各种源云南红豆杉林木枝叶的紫杉烷类物质含量的高低，以及林木生物量的高低，评选出云南红豆杉的优良种源。其代表地点及评价摘要列入表 4-1。

表 4-1 云南省的云南红豆杉天然林优良种源区一览表

序号	区域及森林植被类型	海拔高度/m	代表地点	评语摘要
1.	滇西南常绿阔叶林区 (临沧地区)	2600~2850	永德牛头山，银厂双江马鞍山，云县幸福，风庆落党	

3. 优良林分选择

以用云南红豆杉天然林木繁育的第一代扦插苗枝叶紫杉烷产量（紫杉烷含量×生物量）作为云南红豆杉优良林分的主要选择指标。大于平均值加一个标准差（ $\geq x+s$ ；产量 $\geq 2.018\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ）为一级优良林分；大于平均值而小于平均值加一个标准差的（ $\geq x+s$ ；产量 $0.911\sim 2.017\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ）为二级优良林分。经检测在云南省内评选出云南红豆杉一级优良林分 10 个，二级优良林分 7 个。其概况列如表 4-2。

表 4-2 云南省的云南红豆杉紫杉烷高产量优良林分

级别	地点	海拔高度/m	森林类型	枝叶紫杉烷	
				扦插苗产量 /kg · km ⁻² · a ⁻¹	天然林木含量 /gkg ⁻¹
一级	永德牛头山	2850	木果石栎、杜鹃林	4.224	0.462

注：木果石栎（*Lithocarpus xylocarpa*）、杜鹃（*Rhododendron spp.*）、倒卵叶石栎（*Lithocarpus pachyphlloides*）、水青树（*Tetracentran sinense*）、铁杉（*Tsuga dumosa*）、黄果冷杉（*Abies ernestii*）、油麦吊云杉（*Picea brachytyla*）、高山栎（*Quercus rehderiana*）、高山三尖杉（*Cephalotaxus fortunei var. alpina*）、云南粗榧（*Torreya yunnanensis*）、多变石栎（*Lithocarpus variolosus*）、润楠（*Machilus spp.*）、木莲（*Manglietia spp.*）、云南山茶（*Camellia pitardii var. yunnanica*）、槭树（*Acer sp.*）。

方差分析表明，各林分的云南红豆杉林木枝叶紫杉烷含量在林分间的差异达到极显著水平，而林分内单株间的差异不显著，这说明云南红豆杉优良林分选择的增益会很显著。对紫杉烷高含高产的云南红豆杉优良林分的利用，一是群体采种或采枝（扦插育苗用）；二是在优良林分中再选择紫杉烷的高含产的云南红豆杉优树，可以大大提高选择的效率。

4. 优良林木个体选择

优良林木个体选择妈为优树选择。良种遗传材料的获得取终是要落实到个体植株的。因此，云南红豆杉良种选择的最高目标，就是选出紫杉烷产最高的优树，或称精英树。

经过天然林木的个体选择、其个体的第一代扦插苗选择、以及人工林木的个体选择，已经选出了一批紫杉烷高产量的云南红豆杉优树。

在天然林木中其选出云南红豆杉优树 31 株，其林木枝叶的紫杉烷含量为 $1.658\sim 0.341\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，其扦插苗（2.1~2.9 年里）的枝叶紫杉烷产量 $4.224\sim 1.100 \text{g} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

在人工林木中其选出云南红豆杉格优树 17 株，其林木枝叶的紫杉烷含量为 $3.448\sim 0.889\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在扦插苗苗圃中其选出云南红豆杉优树 16 株，其枝叶的紫杉烷含量为 $1.653\sim 0.440\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。年均产生物量 $2556\sim 1024\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

5. 良种基地的营建

云南红豆杉是世界级珍稀濒危树种，也是我国一级保护植物。从良种选育的视角，应该尽量地保护好其基础的原始群体，保持其遗传资源的多样性。云南红豆杉天然林实际都分布在一个个孤立的地段，彼此地域隔绝，其林木的紫杉烷含量差异很大。因此，应该提倡广泛地保护好云南红豆杉的天然林。在此基础上还应做好如下一些良种基地的建设工作。

（1）建立云南红豆杉优良种源、优良林分的种源基地。在对评选出的云南红豆杉优良种源，以及优良林分实施保护的基础上，将其改建为优良种源。优良林分的种源基地，而用于生产性采种。对优良种源地或林分中云南红豆杉植株数量偏少的，应以当地种源繁殖的苗木在林间扩种。

（2）建立云南红豆杉优树汇集区，将经紫杉烷含量检测或子代测定评选出的云南红豆杉优树实生苗或扦插苗无性系集中种植在优树汇集区中，可以为云南红豆杉良种选育的研究提供材料。特别是通过同环境种植，可以从木枝叶的紫杉烷含量及其生物量中比较出各云南红豆杉优树紫杉烷产量的遗传性状差异。

（3）建立云南红豆杉采穗圃。为了大批量繁殖云南红豆杉优树无性性，需要的其优树为材料建立云南红豆杉采穗圃，以为云南红豆杉优树无性系苗木的生产提供穗条。

采穗田圃可以苗圃式密集种植,这种方式除采集枯枝及灌生枝做穗外,这可利用侧生枝生产一部分种子。

(4) 建立云南红豆杉种子园,经过子代鉴定评选出高紫杉烷疽的云南红豆杉优树,利用其种子或枝条培育出实生苗及无性系扦插苗,就可用来重建云南红豆杉种子园。目前,红豆杉的嫁接已成功,但嫁接较扦插费工费时,多不采用。其种子园的营建技术与其他树种相同。

五、采种育苗技术

1. 实生苗的繁育

(1) 种子的采收与处理

①结实特性 种植在亚热带地区的云南红豆杉实生树7年生开始结实,用扦插苗栽植而成的云南红豆杉林木4年生开始结实,均雌雄异株,仅个别雌雄同株。

由于云南红豆杉的分布区广阔,其种子成熟期在7月至12月不等,且一株树、一枝果穗上的果实也先后成熟不一,前后时间相差很长。在海拔低、气温高,气候偏干地区生长的云南红豆杉林木结实就较早。而生长在高海拔、气温低,气候湿润地带的云南红豆杉林木结实就较晚。从历年观察和采种经验得知,在云南红豆杉生产区,9~10月是其林木的果熟集中期。云南红豆杉种子长满尺寸后,种壳硬化;先时假种皮膜状,薄而无肉质,包裹种子下半部,颜色也与种子同为绿色。以后逐渐增厚成肉质多汁的杯状,颜色先为乳白色,渐变为粉红色,最后呈鲜红色且饱满多汁。此时标志种子已充分成熟。假种皮的这一成型生长过程可达两个月左右,且一树之上,一枝之上,前后不一,也表现出云南红豆杉种子成熟程度的前后不一。

②种实的成熟度与发芽率的关系。云南红豆杉种子有深度休眠特性,要经两冬夏、一年多的湿砂层积贮藏催芽才能萌发。但在两冬一夏的湿沙层积贮藏催芽的过程中,又有不少种子陆续发芽。为此进行了云南红豆杉不同成熟度种子的场圃发芽率试验。将云南红豆杉种子分为充分成熟(假种皮鲜红色饱满多汁、种子浅褐色、具光泽,易与苞片分离)、未充分成熟(假种皮肉质白色至粉红色,种子光泽度较低,不易与苞片分离)和不成熟(种皮硬化,假种皮尚呈膜质,苞片在搓洗中也不易脱落)3种,经一冬湿沙贮存,翌年早春播种。充分成熟的种子场圃发芽率达82.1%;未充分成熟的种子,净水浮选空粒率22.6%,场圃发芽率约8%;不成熟的种子,浮水空粒率达55.7%,场圃发芽率不足2%。这一试验结果表明,由于云南红豆杉种子的成熟期很不一致,而采种的标准是见硬粒种子就采,因此,云南红豆杉商业性种子是3类成熟度具有的混杂种子。虽经二冬一夏的湿砂层积贮藏催芽是可以提高其种子的发芽率,但发芽率在各批种子间差异很大。各批云南红豆杉种子发芽率的高低,实际上取决于各批成熟度高的种子所占比例的高低。

③种实的调制与贮存催芽 采摘到的新鲜云南红豆杉种子,可自然堆放3~5天,让其假种皮发酵腐烂,然后充分揉搓,使假种皮分离,再以清水冲洗,漂除杂质,滤出纯净种子。若加入粗糙的锯木、粗糠稻壳、芭蕉叶撕成的细条混合揉搓,可加快其过程。种子洗净后,须在阴凉处晾干表面水分,切忌暴晒和经高温干燥。在种子表面干燥后及时砂藏保湿,转入贮藏和催芽过程。

云南红豆杉种子贮藏的原则是必须要保持贮藏环境的湿润,不能干燥。一般均以湿砂层积的方法在室温下进行贮藏。以洗净的河沙与种子呈2:1的比例拌匀摊薄(厚20~30cm)堆放,河沙湿度保护在以手捏可以成团,但不出水为适度。贮藏期间,每隔10~15天翻动一次,并根据天气、湿度,适当补水。贮藏期室温最好保护在15℃以下。至于变温及低温的应用,尚无定论。补水时可同时加入适量的多菌灵、硫酸铜等杀菌剂,以防真菌和细菌在湿砂中蔓延。一般要经“两冬一夏”一年多的贮藏,即采种当年一冬,翌年全年,第3年春才筛出种子以水冲洗,漂除空粒浮种后播种。云南红豆杉种子发芽率的高低,受多种因素制约。一是种子本身的质量、成熟度,二是贮藏及管理措施。其种子发芽率高可达70%以上,低在5%以下。云南红豆杉的商业性种子经此贮藏催芽后,其种子的场圃发芽率一般为30%~40%。

少量的云南红豆杉种子，也可以麻袋、花盆为容器进行湿砂贮存催芽，效果也是同样的。

④种子的检验指标

I 纯净度

种子纯净度计算方法为：纯净度=纯净种子重量/总重量×100%

云南红豆杉的种纯净度常因假种皮未洗净，或掺杂有苞片、针叶、小枝等杂物而降低。优良的种批，其种子的纯净度应达 90%以上。

II 优良度

种子优良度测定方法：是以感官鉴定种子中的子叶、胚、胚乳等器官是否健康而作的抽样统计。

计算方法为：优良度=优良种子粒数/受检种子数×100%

云南红豆杉的种子因早采等原因，以往种子优良度一般只能达到 40%~60%。而作为好的种子，应要求优良度达 90%以上。

III 千粒重

云南红豆杉鲜果千粒重 480g 左右，鲜果出种率 36.2%，经晾干后的商品种子千粒重 40~100g，平均按 55g 计。每公斤种子约 1.8 万粒。

IV 种子尺寸

云南红豆杉种子一般长 5mm，径 4mm。

V 发芽率

包括室内发芽率与场圃发芽率。云南红豆杉种子发芽率的测定根据检测目的，可在采摘后的鲜种期、完成贮藏催芽后待时或贮藏期中进行。前已述说过云南红豆杉种子发芽率出现的各种差异情况。根据作者的实践经验，正常的云南红豆杉场圃发芽率一般为 20%~60%。

(2) 实生苗培育技术

①苗圃地选择与土壤消毒

根据云南红豆杉的育苗要求，其实生苗苗圃，最好选择在平坦及交通方便的地方。若为坡地应整成台地。苗圃地的土壤心肥沃的轻壤质土壤为佳。并有充足的灌溉条件。切忌在粘重土壤和渍水地上圃。

此处，在选择云南红豆杉实生苗苗圃地时，还应深入了解预用苗圃地的前作及以往病虫害发生的情况。尽量避免用虫害多、容易发生猝倒病的农耕熟地，特别是前作为茄科作物的耕地作圃地。若用生荒地筑圃，可采取深挖土壤。晒垡子，火烧炼地等措施，可避免药剂对土壤消毒。而在农耕熟地，老苗圃地等易发苗木猝倒病及多虫害的地方设圃，就必须采取药剂处理土壤的消毒措施。圃地土壤消毒用的药剂主要有以下几种，可选择使用。

I 辛硫磷杀虫剂。用 50%辛硫磷颗粒剂，每公顷 30~40kg ($2\sim 2.5\text{kg}\cdot\text{亩}^{-1}$) 拌入土壤进行消毒。亦可用辛硫磷杀虫剂的乳剂拌种，用量为每公斤种子 3g，既可对种子消毒，播种后，也可对土壤进行消毒。

II 苏化 911 (基硫化砷)。用量：30%苏化 911 粉剂 $2\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ，与细土先混匀做成药土，播种前撒于沟底，厚 1m，种子可直接播于药土上，然后仍用药土覆盖种子，并加覆净土。因该药剂对人畜有害，操作工人要戴手套，并防止人畜接触药剂药土。

III 五氧硝基苯混合剂：以 3:1 比例混合五氧硝基苯和代森锌 (或苏化 911、敌克松等)，用量 $4\sim 6\text{g}\cdot\text{亩}^{-2}$ ，与细土混拌成药土，用法同前。

IV 福尔马林 (甲醛溶液)。用量： $50\text{mL}\cdot\text{m}^{-2}$ ，加水 6~12L，在播种前 10~15 天喷洒于播种床土壤内，用薄膜覆盖，播种前 5 日掀开，待药味全部散失后再行播种。

V 神农丹 (滴天威)。驱避及杀虫剂，能防治蚂蚁、白蚁，效果较好。同时与细土拌合，撒于苗床周围。撒后 3 个月内对水源会有一定程度污染，使用 3 个月以后，药剂能完全分解。因此，施用时要考虑避开人畜水源。

其他可用的土壤消毒剂还有高锰酸钾 0.02%水溶液，硫酸亚铁（黑矾）3%水溶液，用量 $1\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ，或制成药土，用量 $1500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ （ $100\text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ）以及硫酸铜（“铜大师”）等药剂。

②播种期与播种方法

云南红豆杉实生苗育苗播种期有 3 种选择。

春播。1~3 月为云南红豆杉育苗常用的播种期。这时天气晴朗，气温逐渐升高，土壤含水量少，易于耕作。经过湿砂贮藏催芽的种子，春天也开始萌动。最好是在砂藏种子“吐白”（开始发芽）率达 10%以上时播种。

秋冬播。经一年砂藏的种子，在秋冬季播种，一般在翌年春季发芽出土，发芽较早。

随采随播。种子采后一周内播种，也可获得较高的发芽率。

播种方法可分条播与撒播两种。

条播是在整理好的苗床上开浅沟，将云南红豆杉种子播于沟底，然后覆土。沟深 3cm，沟距 10cm，覆土厚度 1~1.5cm。覆土后再盖以松针、薄草，浇透水。

撒播是将云南红豆杉的种子撒于整理好的苗床面上，以木板加以镇压，然后再覆土 1cm 厚，松针覆后浇透水。

气候偏干时，播种苗床可再以塑料膜覆盖，以起到保湿增温的作用。

已经吐白的云南红豆杉种子播种后，2~3 天内就会开始发芽生根，一周后便有苗出土，催芽好的，能在 20~30 天基本出齐。催芽不好的，则会拖延很长时间。

③各种实生苗类型的培育技术

I 裸根苗。播种苗苗床培育，或经移植于地床作二次培育，挖苗出圃，即为裸根苗。云南红豆杉裸根苗二次培育移植株行距为 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 时，每亩产苗 5 万株，对于培育 1.5 年生苗龄的云南红豆杉裸根苗是适宜的。若培育 2 年生苗，则需将移植的株行距加大至 $15\text{cm}\times 15\text{cm}$ 。此密度每亩可产 2 年生云南红豆杉裸根苗 2 万株。

云南红豆杉裸根苗培育的田间水肥管理，同常规苗圃，只是半年生前需对苗床施行遮荫，可用 70%~90%的遮光网遮盖苗床，半年后逐步增加光照时间，至苗木满 1 年生时可撤去遮光网。出圃前 3 个月应停肥减水，进行炼苗。优良的云南红豆杉 1.5 年生裸根苗苗高 30~40cm，根系发达。2 年生裸根苗的苗高 50~60cm。出圃时，将合格的云南红豆杉裸根苗每 100 株束成一捆，用湿草蓆包住根部，不受日晒风吹，及时运往造林地。

II 容器苗。云南红豆杉的容器苗一般分两段培育。第一段在苗床上密播种子培育小苗。当苗床上云南红豆杉小苗高达 3~4cm 时，移植入容器内进行第二段的容器苗培育。近年来，培育云南红豆杉容器苗用的容器多为塑料袋及硬质容器盘两种。薄膜袋多用直径 8cm，高 12cm 的规格以培育 1.5 年生的云南红豆杉容器苗。硬质容器的规格多用口径 $4\text{cm}\times 4\text{cm}$ ，深 8cm 的锥体，再配以育苗复合基质，多在温室大棚中采用，成本较高，而育苗效果与薄膜袋相差并不显著。可根据各地育苗条件选择使用。

云南红豆杉薄膜袋容器育苗的田间管理要注意 3 点：一是添足土，二是多施肥，三是早除草。以避免容器小产生的各种缺点。移植入袋培育初期仍用遮光网覆盖容器苗苗床，半年生后逐步增加光照。出圃前也应提早除网炼苗。

2. 扦插苗的繁育

(1) 扦插季节 在云南的气候条件下，全年都可进行云南红豆杉的扦插育苗，而一般以春播较好。春节以前将圃地设施准备好，节后则开始采条扦插，直至云南红豆杉林木枝条发芽抽梢前结束。这一季节进行云南红豆杉扦插育苗有三大好处：一是此时云南红豆杉林木一年生枝的完全木质化，可以充分作插穗利用；二是扦插以后气温便逐渐升高，有利插穗生根。当年扦插苗的生长量高，至冬季有雪害时可掀棚避压；三是时处早凉季节，有利于苗地耕作及野外采穗运输等作业。

(2) 插穗的选取 选作采穗的云南红豆杉林木（母株）的年龄越小越好。从年幼者采到的

穗条再生力强，不易老化。穗条宜选 1~3 年生的顶生枝、萌生枝。侧生枝扦插后易生成偏冠苗，尽量不同。所采穗条直径 3mm 以上，具 3 分枝羽叶者为 1 级插穗；径 2.5mm，具 2 分枝羽叶者为 2 级插穗；径 2.0~2.5mm，单羽叶枝条为 3 级插穗（见图 5-1）。采集的穗条最好按级分捆，分级扦插，易于管理，其成苗率亦可提高，成苗也整齐。

（3）插穗的预处理 云南红豆杉扦插苗用的插穗应剪成长 10~20cm，保留穗条上部枝叶，下部 1/2 的叶子及小枝可用手摘除。50 枝束为一捆，以方便作防霉及浸蘸激素，防霉药剂有多菌灵，50%可性粉剂，500 倍水溶液；

百菌清（四氯间苯二腈），75%可湿性粉剂，600~1000 倍水溶液；

土壤散（五氯硝基苯），75%可湿性粉剂，200~500 倍水溶液；

甲基托布津，又名甲基硫菌灵，50%可性粉剂，1000~2000 倍水溶液；

代森锌，80%可湿性粉剂，500~800 倍水溶液。

以上 5 种药剂，均为广谱杀菌剂。兑好药液后，将束成小捆的云南红豆杉插穗下部 10cm 浸入药液浸泡 30 秒后甩干，可继续进行下一步的浸泡激素处理。

并非云南红豆杉的插穗都必须采取生根激素浸蘸激素处理的措施。但经生根激素蘸处理后能使插穗早生根、多生根，益处还是肯定的。云南红豆杉插穗浸泡处理用的生根激素常用的为中国林科院研制的 ABT 生根粉，以 ABT2 号为适用。ABT2 号用于易生根植物，价格低于 ABT1 号及其他号。云南红豆杉插穗用的 ABT2 号生根粉的浓度及浸蘸时间配合为：

50mg/L 1 夜~1 天；

100~200mg/L 1~2 小时；

500~1000mg/L 速蘸 3~5 秒；

作云南红豆杉插穗浸蘸激素处理时需用相应的容器及方法。少量扦插及的穗条或是田间作业用的大批量穗条，可用速蘸法。其 ABT2 号生根粉浸蘸液的配制方法为先将 1g ABT2 号生根粉溶于 10mL 酒精中，以不见白色粉末为准，然后加入清水：加水 1kg 后则其浓度为 1000mg/L；加水 2kg，则浓度为 500mg/L。每克 ABT2 号生根粉可处理云南红豆杉插穗 3000 条。

其他常用于处理云南红豆杉插穗的生长激素尚有吲哚乙酸（IAA），吲哚丁酸（IBA）和奈乙酸（NAA）等，也有较好的效果。

（4）扦插基质与插床的准备

云南红豆杉的插穗在砂、土壤、珍珠岩 3 种基质及其混合物基质中均可顺利生根。但以土壤作扦插基质为好，且便利。土壤作基质以轻砂壤质的棕壤、黄壤、红壤，并富含腐殖质的森林土为好。

云南红豆杉扦插育苗用的土壤插床，筑为高 15cm 的高床，宽 0.8~1.0m，长度不超过 6m。较为方便手工操作管理。床间步道要考虑塑料拱棚的压边宽度，一般需留 0.5m。大温棚及温室内的插床视棚宽而定，总的目的是要既能保湿，也利排水，方便温湿度调控及管理操作。

（5）扦插苗圃的设施 云南红豆杉扦插育苗用的苗圃主要设施有：

①温棚。小拱棚，高 0.5m，半圆形或屋脊形。以竹片、木材搭架，用 4 照厚薄塑料膜覆盖成棚。大拱棚同蔬菜大棚，高 2m，要求两端设门，长度不超过 20m，以利通风降温。为防雨季暴雨，要建好棚间排水沟。各种温室也可用作红豆杉扦插育苗。

②遮光网。一般选用遮光度 70%~90%的黑色网，在气候偏热地区，遮光网搭设于拱棚上方 1m 以上；在气候偏冷地区，遮光网可覆于拱棚面上，以利保暖。

③喷雾设备。人工喷雾器或喷雾机。喷雾以增加棚内空气的湿度或为棚内降温。

④灌溉与排水设施。对云南红豆杉扦插育苗特别重要。因为轻微的干旱和涝渍可能造成育苗的全面失败。

（6）扦插方法

①株行距与密度。云南红豆杉扦插育苗常用的株行距为4cm×5cm至5cm×10cm。每亩实用面积按75%计为500m²，则扦插密度为500~200枝·m⁻²，或25~10万·亩⁻¹。

②扦插操作。经预处理后的云南红豆杉插穗可立即扦插。采取直立行状扦插，有利扦插苗的直立生长。扦插时用手拈捏住插穗的中部直插入土一半（5~10cm），插完一行，用扦插板压实土壤。扦插板为木尺状，划有株距。

扦插时应将插穗作分级安排。同级插穗安排于一床。这样便于管理，可减少出现落后苗，提高成活率。

扦插完一床后，立即浇透水，促使土壤充分湿润沉降与插穗皮部密切接触。

拱棚与遮光网搭设，可在全部扦插完毕后进行。小拱棚四周应用土壤压实、压严使之不透气。注意拱棚薄膜不能接触插穗枝叶，凡接触的，阳光直射必然日灼。

（7）生根期的管理 云南红豆杉穗条扦插后两个月开始生根。一般以插后3个月为其插穗的生根期。超过3个月，则视为生根过慢。

①温度控制：气温在10℃以下云南红豆杉的插穗不能萌动生根，其最佳生根温度是25~30℃。在劫财红豆杉扦插育苗实践中，扦插棚内曾出现过36℃2小时及42℃的短时温度，未造成扦插苗死亡。但长时间的高温（30℃以上）会出现扦插苗“叶褪色”现象，其生理机制尚不清楚，但不会造成扦插失败。

在气候冷凉的地区进行云南红豆杉扦插育苗时，要对其苗床施行增温保湿措施。方法较多，困难较少，如搭建北方式厚土墙，南倾盖膜的温棚；拱棚上要盖黑色遮光网、草蓆、草排；夜盖昼晒等办法。

在热区或夏季炎热的地区进行云南红豆杉扦插育苗时，扦插棚内温度过高则是很棘手的问题，必须做好降温准备。其扦插降温可采取如下措施。可因地因时选用：

增加遮荫度；

打开大棚两端门及天窗通风；

棚面冷水喷雾；

棚内冷水喷雾。

如上述措施尚不能降温时，只有将盖膜掀开。以云南各地气候而言，气温极少达33℃以上，掀膜之后，保持遮光，亦可保障扦插苗的安全。

②湿度控制：云南红豆杉扦插育苗的环境湿度愈高愈好，以棚内水汽饱和最为理想。水汽饱和和以拱棚薄膜内面有凝结的水珠为征象。只要每日早晚有水珠凝结于拱膜上，就不必给插条浇水。在温凉气候区，密封的扦插棚内插床浇透水后，1~2个月不用浇水。

扦插育苗期间，若拱棚出现破裂，应及时修补更换，一为保温，二为防雨入棚过湿成涝。

③防腐。插穗枝皮腐烂是导致云南红豆杉扦插育苗失败的直接原因，土壤透水、透气不良，导致细菌感染，都会促使插穗烂皮的发生。

选用适宜的扦插土壤及必要的土壤清毒是云南红豆杉插穗防腐的必须措施。此外，在扦插育苗期间，要做好扦插环境的温湿度控制工作；使用生根激素处理插穗，促进插穗的早日生根，对防止插穗枝皮腐烂也有重要作用。

插穗发生料皮，要及早采取措施挽救，一是用高锰酸钾（0.02%）水溶液，硫酸铜（铜大师）溶液等浇灌插床；或翻床取出发生料皮的插穗剪除，下端料皮部重插，但此举费工费力，只能在少量扦插育苗时采用。二是要改善扦插育苗环境，如采取排涝降湿，疏松插床土壤，透光晒土等措施。

④防霉。扦插棚内环境阴湿，是霉菌生长的良好环境。在云南红豆杉插穗生根期的2~3个月一般情况下霉菌并不危及苗木，只是在扦插过密，插穗生根期延长的情况下霉菌多发，会导致穗条落叶，影响生根。解决的办法是防止扦插过密；棚内过于湿润有霉菌发生时可掀膜

日晒 2~3 小时数次，尚不能控制时可在插穗行间撒少量生石灰粉，或喷撒多菌灵，百菌清等药物。配方同枝条消毒所用。

⑤除草。扦插拱棚内高温高湿的环境，使杂草生长既多又快。若等其生长而拔，会带动插穗，影响生根。大量的杂草还会加剧棚内的阴湿度，造成通气不育，也是造成插穗烂皮、长霉的一个诱因。所以在云南红豆杉扦插育苗期间，要勤除草、早除草，保持棚内有较为开敞的环境。

(8) 生根后的管理

①生根成苗率调查。云南红豆杉扦插育苗的生根成苗率调查，一般以扦插后 3 个月为标准时间进行插穗的生根统计。调查最好采取机械抽样方法取在选定的几个扦插床中抽取中间的一行插穗，翻床掘起，观测插穗是否生根、生根的多少和根长。据此进行插穗生根成活率统计。若扦插育苗 3 个月，插穗生根率低或根生长不良，要找出原因，有针对性地解决。

②遮荫与炼苗。云南红豆杉插穗生根后，插床是否继续遮荫，要根据扦插育苗地的气候而定。湿润多雨区可不再遮荫。而进行炼苗以增进扦插苗的生长，但在炎热少雨区就要继续遮荫，直至扦插苗出圃 3 个月的炼苗期时再逐渐去除遮荫。

③除草与施肥。依照一般苗圃管理，插穗生根后其插床以早除草勤除草为好。云南红豆杉是喜肥耐肥树种，扦插床施肥可明显促进其扦插苗的生长。沼气肥、农家肥及复合肥化肥都可用作其的追肥。

④病虫害防治。春插成活的云南红豆杉扦插苗，到夏季会有局部病虫害发生。主要是地下害虫，蛴螬 *Auloserica* spp. (金龟子幼虫，又名土蚕)、蝼蛄 *Grylotalpa orientalis* (又名土狗)、地老虎 *Agrotis ypsilon* (又名灰灰蚕) 等食根食叶危害。一般不专食云南红豆杉扦插苗，也不造成严重损害，可引入家禽啄食，或以黑光灯诱捕其成虫，以降低虫口密度。尽量不同药剂毒杀。

(9) 出圃与苗木分级。春插云南红豆杉扦插苗，第二年雨季可出圃定植，为 1 年生苗。苗高 $\geq 35\text{cm}$ ，地径 $\geq 0.3\text{cm}$ 的为一级苗，二级苗苗高 20~34cm，径 0.2~0.29cm；一、二级苗木为合格苗。

(10) 山地大批量扦插育苗的技术特点。山地大批量的云南红豆杉扦插育苗是针对云南山区特点及发展需要而试验研究成功的一项综合配套技术。主要有以下特点：

①温棚与遮光网为必备设施，但可就地取材，因地制宜建造。

②就近选用森林表土作扦插育苗基质，其质轻疏松，既有利于插穗生根，且肥力也高，还可避免育苗期病虫害的发生。

③插穗作速蘸生根粉处理，以适应山区的栽培条件。

④就近采穗、就近育苗；有分散，有集中，提高了穗条及扦插苗的质量，减少了损失。

⑤在滇西北及其他高山地区冬季常有雪灾。对云南红豆杉扦插育苗棚可能造成危害。经多次调整，这些地区的云南红豆杉扦插育苗可采取早春扦插，冬季除棚膜的防雪害方法。

(11) 穗条的幼化恢复技术。云南红豆杉同其他植物一样如经反复剪穗扦插育苗，就会出现扦插苗繁植株衰退，生长明显变缓的现象，称之为“老化”。云南红豆杉的扦插苗繁无性系植株的幼化恢复技术措施总结如下：

①选择中幼龄树为采穗母株。

②以树体的萌生枝为采穗枝。

③绿篱式种植促生萌条，采穗。

④修剪树体促萌采穗。

⑤环割干基促萌采穗。对要采穗的云南红豆杉林木树干基进行环割，以促使萌生新条。其萌生枝条相对年幼且数量比对照（不环割树）多 80%。

应该说明，只有用种子培育实生苗或组织培养成苗，才能彻底地使繁育后的植体幼化。所以，

云南红豆杉人工繁殖体老化问题可以采取扦插苗与实生苗交替结合的种植的方式来解决。

六、植苗造林技术

当前营造的云南红豆杉人工林主要是药用原料人工林，故云南红豆杉的植苗造林技术亦侧重于此。

1. 适宜种植的气候区及其造林地选择

云南红豆杉喜湿润，对温度适应范围很广，按其在云南省的种植区划以年干燥度 <1.0 ，春季干燥度 <2.0 ，年均气温 $>15^{\circ}\text{C}$ ，极端最高温 $<36^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量 $<1200\text{mm}$ ，为云南红豆杉的最适宜种植区；年干燥度 <1.5 ，春季干燥度 <3.0 ，年均气温 $>13^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量 $<1000\text{mm}$ ，为云南红豆杉的适宜种植区。

在云南红豆杉最适及适宜种植的气候区内，黄壤、红壤、棕壤及赤红壤分布地都可种植云南红豆杉。天然云南红豆杉林木多生长于浅薄土层区，但云南红豆杉人工林仍要求的土层厚度 50mm 以上的疏松、肥沃土壤上营造。其造林地的土壤忌粘重及渍水。有的地区夏季雨水集中，土壤上层会出现饱和含水层，植树穴中渍水，使云南红豆杉定植后不能成活，要特别注意避免。

其造林地的坡度可不限，以阴坡、沟谷、河岸台地为好。

2. 用苗标准

云南红豆杉的实生苗与扦插苗在繁殖与发展上各有优缺点。实生苗根系发育好，植苗造林后林木生长快，适应性强，现云南红豆杉药用原料林多采用实生苗造林。但用云南红豆杉良种繁育的实生苗建采穗圃，采其穗条培育扦插苗，密集种植或扦插后一次全株利用的方式进行原料生产，还是具有明显的经济优势。

实生苗中的容器定植成活率高，可远程运输是当前云南红豆杉人工林特别是药用原料人工林植苗造林的主要用苗。裸根苗具有经营成本低，易运输的优点，若苗圃地与造林地接近，也可以采用。可出圃定植的云南红豆杉实生苗，无论裸根苗或容器苗，均宜用1.5年生苗；容器苗合格苗规格为苗高 20cm 以上，地径 0.2cm 以上，裸根苗合格苗规格可提高至苗高 30cm 以上，地径 0.3cm 以上。

3. 造林方法

(1) 整地方式及种植密度 营造云南红豆杉药用原料人工林造林地的整地方式一般要求全面整地，消除地面杂草及灌木，全面翻耕土壤。坡地可开挖成台地。密集种植的可挖种植沟，规格宽 0.4m ，深 0.4m 至 $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ ，常规种植的则挖穴整地。种植云南红豆杉1.5年生高 30cm 的小苗，无论裸根苗或容器苗，都要求所挖的种植穴宽 $0.4\text{m}\times 0.4\text{m}$ ，深 $0.3\text{m}\times 0.4\text{m}$ 。并要求施基肥。

云南红豆杉人工林的种植密度，依不同种植模式而定。密集种植的株行距可密至 $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ ；山地常规造林常用的株行距为 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 至 $3\text{m}\times 3\text{m}$ ；行状混农造林的株行距可用 $1\text{m}\times 3\text{m}$ 。

(2) 造林时间 在云南红豆杉大部分地区，云南红豆杉的植苗造林时间都选在雨季。雨水湿透土层后即可开始，一般是6月上旬，7月底结束。容器苗可延至8月份，太晚则影响造林成活率及当年苗木的生长。

春季湿润多雨的地区也可采用冬春定植造林。低温湿润的天气，有利云南红豆杉定植苗的成活，特别适宜于云南红豆杉裸根苗的定植。

(3) 定植技术要点 开挖种植沟或种植穴时表土、心土要分别放置。定植前最好提前1个月回填塘（沟）土，称为“回塘”。回塘时，打碎土块，捡除草根，先回填表土，然后移入基肥，再填心土。应使回填的土堆高出塘（沟）面呈馒头状，不足之土，塘（沟）四周收集表土堆足。云南红豆杉容器苗可在多种天气条件下定植；而裸根苗则应选择阴雨天定植，并且要有保护苗木根部免受日晒风吹的装备。

定植云南红豆杉苗木时，若苗木较大，需两人进行，一人执苗、放苗，一人挖土、填土。挖开回塘土，舒展苗木的根系，有容器的除去容器，将苗木端正放入穴位正中，深度应估计好，填回土后，上提少许，以不窝根，然后，执苗者的双手握住苗茎，用双脚踏实土壤，踩实过程中，双手需握好并向上提粒苗木，不使随土下陷窝根。以后由执锄者，整理土壤，围成土埂，以利拦蓄雨水。

云南红豆杉定植苗根系的修剪，可在苗圃中进行。总的原则是剪短过长的根枝，使苗木的整个根系是“扫把形”，而不要呈“毛笔形”。这样事实上不易窝根，定植后亦易发新根，能促进植株生长。

山地造林利用自然降水，不灌溉。若是大田种植或有灌溉条件的云南红豆杉造林地，苗木定植后立即浇透水，使土壤充分沉降与苗木根系密切接触，称之为“定根水”。

(4) 成活率调查与补植。云南红豆杉植苗造林后 15 天至 30 天应进行成活率调查。对死亡的种植穴应及时补植。时间过迟则补植不易成活。

云南红豆杉的植苗造林成活率调查，应对其造林地进行全面的机械抽样调查。抽样样本应在 30 个点以上，每点 30 株。以避免出现片面性，以便准确地测算各地块的植苗造林成活率，以决定补植工作的进行。

(5) 保存率调查，在第二年春旱结束，雨季开始时，对云南红豆杉的植苗造林地，还应进行一次保存率的调查，以了解经过第一个旱季后的造林成果。由于云南红豆杉苗木生长不快，植苗造林后的第 1、2 年其缺塘尚可补植，以保证成长的林分有足够的密度。

4. 种植模式

云南红豆杉人工林的种植模式主要有 4 种。其整地方式、株行距配置各有不同。

(1) 茶园式密集种植 株行距 0.5m 或更上，单行或双行定植，间有 1~1.5m 宽步道以方便管理和采收。定植云南红豆杉苗木时先开挖茶园式定植沟，放入基肥，然后依次植入苗木。在经营过程中，对密植的云南红豆杉植株按茶园的修剪方式获取小枝叶。小枝叶收割后，也照茶园式对云南红豆杉植株进行整形、松土、施肥管理。这种种植模式适合云南红豆杉采穗圃营建，也可作为云南红豆杉的药用原料林经营而采收小枝叶。

(2) 常规种植。种植地筑成台地或坡地。依常规按 2m×2m、2m×3m 株行距植苗造林，可以培植成树体较高大的云南红豆杉人工林。

(3) 混农种植。与玉米、豆类农作混合种植。行间距混种时，云南红豆杉林木种植的株行距 1m×3m。也有以 3m×3m 株行距种植的。此种混农种植模式可培育树体较高大的云南红豆杉林木。

(4) 混阔叶树种植。以云南红豆杉为主，与旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*) 或喜树 (*Camptotheca acuminata*) 等阔叶树种混交造林。营造云南红豆杉与旱冬瓜、喜树等阔叶树种的混交林可以行间或双行混交。一般仍以 2m×2m 或 1m×2m、2m×3m 株行距进行配置。其林地的整地方式也随混交配置不同而不同。可因地制宜采取全垦，坡地筑台，沟状种植或穴状种植。为对云南红豆杉天然林作加密改造，亦可在其林下种植适宜的阔叶树种，逐步形成原生云南红豆杉林木与其他阔叶树的半人工混交林。

七、育林期的营林技术

1. 林地的管理

云南红豆杉具喜荫、喜湿，喜肥；忌旱、忌涝的特性。在其幼林期这些特性表现的特别突出。在有遮荫、灌溉条件的大田种植与不具遮荫、灌溉条件的山地种植状态下，云南红豆杉人工林幼林期所采取的管理措施差异很大。

大田种植的云南红豆杉人工林除特别湿润的气候区外，在苗木定植后的 1~2 年仍继续用遮光网遮盖林地，并定期对林地进行除草、施肥、其林木生长快而苗壮。

山地种植的云南红豆杉人工林无遮荫、灌溉条件时，应在雨季结束后进行林地除草及疏松表土的管理工作。并用铲除的草茎或农作物秸秆覆盖林木根茎处的土壤，以减少蒸发而尽量保蓄林地土壤的水分。如有遮荫作用的上层乔木及灌木，也应保留。在夏雨季林木生长的旺盛期应施追肥，以促进幼树生长。以山地条件而论，施用氮磷（NP）复合化肥比较实用，施用量每年一次，每株 100~200g。若为带状整地的台地，台（带）间的植被在幼林期也应保留，以尽量发挥其对幼树的遮荫作用。

幼林期以后，云南红豆杉植株长大，根系扩展之后，抗生加强，林分就可以按一般方式来管理，无须特殊的措施。

2. 修剪与整形

经营云南红豆杉药用原料人工林，亦采取修剪与整形的营林措施。其云南红豆杉人工林 3~4 年生时，可对生长较快的林木结合树体整形开始进行修剪。修剪所获枝条，合条件的可剪穗用于扦插育苗，其余则可用做制药原料。

整形修剪的目的是形成多头萌生枝的树冠，以多产枝叶，对于用扦插苗营造的云南红豆杉人工林特别重要。尤其是偏冠的植株，剪除侧生偏冠枝条，可以促进萌生枝，形成其顶生优势的植株。

对于采穗圃中的云南红豆杉林木来说，修剪可促进林木多发顶生分健强枝条，提高其的穗条的产量和质量。优良的云南红豆杉采穗树经修剪后可萌生 5~7 条顶生枝。经观测其林木的每个剪口平均可萌发 2.8 个萌生枝。

修剪方法分轻剪与重剪两种。对于冠形正常的林木可采取截顶及剪去下部冗枝的轻剪方法。对于偏冠的林木可在其主干偏弯处实行重剪截梢，一般高度留 0.2~0.3m，最好留 1~2 芽，以便早日恢复生长。云南红豆杉林分整体经过修剪整形后，会大为改观，林木生长及萌生枝数都会显著增长。

用实生苗营造的云南红豆杉药用原料人工林，其林木也应修剪。在林木适当的高度（20~30cm 高）截顶，保持低矮树形，一方面可多发顶生枝、萌生枝，增加枝叶原料产量，另一方面可方便采收小枝叶。

3. 病虫害控制

云南红豆杉为少病虫害树种，云南人工栽培已有数百年。在近 30 年大规模人工育苗营造的云南红豆杉人工林均未发生大面积严重的病虫害。

八、采枝与更新技术

1. 采枝技术

云南红豆杉林木小枝叶药用原料的采收一般从 3~4 年生开始。无论是用扦插或实生苗营造的云南红豆杉人工林，这时林木的树体已相当高大，枝叶已相当繁茂，可以开始剪枝收获。

（1）采收方式 云南红豆杉林木小枝叶药用原料的采收方式有 3 种。

①仅修剪小枝。

②截干采收。截干高度 10cm、15cm、20cm。

③整株掘根采收。在云南红豆杉扦插苗苗期及林木更新时，对其植株作整枝的采收利用。因云南红豆杉苗木（林木）的根系紫杉醇含量高，此采收方式有其突出的优点。

（2）采收季节 检测表明，云南红豆杉林木枝叶紫杉烷含量一年中是变动不定的。各种种植地气候不同，也有不同。大致的规律是在其林木生长的旺盛期，小枝叶紫杉烷的含量较高，而在林木生长缓慢期其小枝叶中的紫杉烷含量降低，至休眠期时，达最低值。故在其林木生长旺盛期的末段，即 9~10 月初采枝为宜。加工厂的常年生产与云南红豆杉枝叶板料采收时间应作相应配合，以期达到既高产又高效。

（3）采收标准。云南红豆杉小枝叶的药用原料成分紫杉烷，以树皮树叶内含量较高，而木质部中含量甚微。有资料记载，云南红豆杉木材中的紫杉烷含量只有树皮的百分之一。因此，

作为药用原料，所采收的云南红豆杉小枝叶的年龄应控制在3年生以内。有的工厂以其直径1cm以下为验收标准。根据也在于此。

对于采收到的云南红豆杉小枝叶有鲜枝粉碎及干枝粉碎两种原料加工方法。

若要贮存、运输，则需要将采收后的枝叶晾干。晾干过程不能有日光直射，温度需保持在45℃以下，高温会引起枝叶中药用成分的分解。还要求通风良好，不能堆放过厚，引起发酵。大规模的小枝叶晾干费时费力，又需大面积场房、场地的事情。实践中多分散到农户家进行，损失也比较大。所以应提倡尽量采用鲜枝粉碎加工的方法。为解决加工厂的常年生产与云南红豆杉小枝叶采收季节的矛盾问题。可考虑生产地实行鲜叶粉碎后干燥成粉末状装袋贮运的工艺。但还未经试验。

另有报道，以烘箱40~100℃和微波高火档立即干燥云南红豆杉鲜枝叶，可减少枝叶中紫杉烷的损失，其干燥后枝叶中的紫杉烷含量的自然风干者高0.42倍。也可以进一步通过试验后采用。

2.更新方法

云南红豆杉药用原料人工林的更新在更换种植品种及去除老化植株时实施。先掘根挖掘（大树可用多盘机摇曳）清除林地上的老云南红豆杉林木，再行更新种植。应全部用经过选择鉴定的云南红豆杉良种进行植苗造林更新。其种植技术见“六.植苗造林技术”部分。更新中要注意的两点是：

（1）要做好营林规划，将经营水平提到一个新的高度；

（2）要注意保持更新林分的生物多样性，主要是要保持云南红豆杉的遗传多样性。更新林分中的云南红豆杉优良无性系或优良种源应保持在10~50个。

九、产业化规模经营前景

1.红豆杉属植物提取物紫杉醇的药用价值及其用量预测

我国民间和中医中药对红豆杉属植物的利用具有悠久的历史。《本草纲目》中记载：可以治疗霍乱、伤寒、排毒。《中国药用植物志》、《中药大辞典》等书籍中记载：红豆杉植物体中含有大量鞣质。该类鞣质具有抑菌敛毒、消炎排毒作用，对上呼吸首炎症、胃炎、口腔溃疡、子宫肌腺症、糖尿病、淋病、类风湿等都有显著疗效。

现代红豆杉属植物药用价值研究始于20世纪50年代。以美国国立癌症研究所（NCI）为代表的研发机构，率先开展了从植物体中提取筛选抗癌活性物质的试验研究，经30多年的努力，从太平洋红豆杉（*Taxus brevifolia*）树皮中发现和分离提取到了紫杉醇（Taxol），并对其抗癌机理进行了深入研究，进而开展了其药物制剂的临床试验。美国食品与药物管理局（FDA）于1992年正式批准紫杉醇药物作为晚期卵巢癌、肺癌、子宫癌等的治疗药物上市。近年来，医药研究进一步发现，紫杉醇除具抗癌作用外，还可用于治疗多种慢性炎症性疾病。如风湿性关节炎，牛皮癣等。

随着全球环境的不断恶化，癌症患者不断增多。据世界卫生组织报告，近几十年来，全球癌症的发病率呈上升趋势。在1991年至2000年10年间，全球癌症发病率与死亡人数均增长22%，2000年全球新发癌症人数超过1000万，全球每年死于这些癌症的病人总数达630万以上。预计治疗这些癌症病人，每年约需紫杉醇1500~2500kg。预计至2020年，癌症患者将从目前的1000万人，递增至1500万人，以40%的患癌症人群适宜用紫杉醇药物治疗的需要量计算，至2020年，全球需耗用紫杉醇（99.9%）12000kg以上。

我国癌症高发区之一。据卫生部提供的数据表明，在20世纪70年代，我国癌症年发病人数为90万人，死亡人数70万人；20世纪90年代初，癌症发病人数增至160万，死亡人数达130万人；2000年，癌症发病人数为180~200万人。目前，我国癌症发病人数每年以5%的速度递增。预计至2020年癌症患者将增至380万人。以40%的癌症患者适宜紫杉醇药物治疗的需要量计算，我国每年需紫杉醇4000kg以上。目前紫杉醇药物原料的生产，还依赖

于从人工种植的红豆杉属植物枝叶中提取。为此，包括云南红豆杉在内的红豆杉属植物的产业化规模种植及其人工种植基地的建设，蕴藏着巨大的市场前景。

2. 产业化规划和发展重点

(1) 产业化规划

遵循自然规律和经济规律，共做跨越式发展云南医药产业的战略思想，应充分认识云南红豆杉作为国家一级保护植物的产业化规模经营的特殊性、必要性。坚持和执行国家有关法律、法规的前提下，以市场为导向，调整云南红豆杉的产业结构、整合企业、整合市场、搭建以其产业化规模种植为基础的完整的研发销售体系。以科技创新为支撑，建立云南红豆杉良种繁育和药物研发技术平台。以企业为主体，建立在政府引导监督下，公司建基地，基地连农户的运行机制。合理布局，建立云南红豆杉的产业化规模种植体系和加工体系，构建包括良种选育、苗木繁育、人工种植、原料药粗提加工、原料药精加工、药品制造等环节组成的云南红豆杉药物生产产业链。将其建成以服务于人民大众身体健康为基本任务的规范化、标准化、集约化、现代化的云南特种优势产业。

云南省委、省政府十分重视云南红豆杉产业的发展。2005年3月，按云南省政府的要求，云南省林业厅组织编制了《云南省红豆杉产业发展规划》（2006~2020年）。该规划立足于国内外红豆杉产业发展的经验和趋势，抓住国内外市场需求缺口较大的机遇，以市场为导向，以产业化为目标，以产业的发展有利于保护云南红豆杉天然资源，有利于农业产业结构的调整，有利于农民增收，有利于带动地方经济发展和企业增效为目的，提出了云南省的云南红豆杉产业化规模经营的发展思路、原则、目标，并提出了相应的区域布局、发展重点和实现目标所采取的措施。

在云南红豆杉的产业化规模种植体系建设过程中，首要的是进行科学合理的种植区划和区域布局。

应用模糊数原的距离贴适度及择近原则的方法进行云南省的云南红豆杉种植区划。其原理是运用云南省各测站的气象资料与云南红豆杉最适种植中心的主要气候因子进行比较，以贴适度作为衡量该地区接近最适中心的程度，以此综合规划出云南省的云南红豆杉种植的最适宜、适宜、次适宜和不适宜4个区。

云南红豆杉种植区划的研究，探讨了气象因子和云南红豆杉种植适宜性的关系。为作好云南红豆杉产业化规模种植规划布局工作，依据云南红豆杉的生态习性，以县主单位综合分析了其的土地资料、局部小气候环境的适宜性，交通、能源、信息等社会基础设施，各地的产业结构、区位优势以及当地政府和农户对发展这一产业的积极性，并以有利发挥优势，实现规模化、专业化、集约化为原则，经多方面调研与比较，确定了云南红豆杉产业化规模种植区域的布局分4个片区，即：滇西北片区，滇西南片区，滇东南片区，滇中片区。含16个县。

(2) 发展重点

(1) 种植体系 在云南红豆杉产业化建设中其人工种植体系建设是重中之重，也是产业能否可行，能否可持续发展的关键。云南红豆杉种植体系建设主要包括：优良品系（种）选育、苗木繁育、人工种植基地建设等工程内容。这些工程的建成，不仅保护了产业原料的供给和有利于云南红豆杉天然资源的保护，同时对农业产业结构调整，促进地方经济发展，农民增收起到了积极的推动作用。

(2) 加工体系 根据云南红豆杉药物生产过程和原料基地分布的特点，并综合有利原料储存，减少运输费用，降低生产成本，建厂规模效应等因素，云南红豆杉产业的加工体系建设内容由原料药粗提加工生产线、原料药精品加工生产线、药品生产等三个层次组成。加工体系是企业产生直接经济效益的系统工程，也是跨行业多部门管理的经营体系。

(3) 科技支撑体系 构建以企业为主体，以科研院所为依托，以云南红豆杉优良品系选育，新品种、新技术开发和技术集成与标准制定以及科研成果转化等主要内容为基本任务的研发

中心，形成技术服务和推广的平台。科技支撑体系的建设是云南红豆杉产业划新品牌、增强市场竞争、提升技术品位、提高效益和保障持续发展的基础。

3.产业发展的保障措施

为加速云南红豆杉产业化的进程，要有一整套保障措施：建立严格的原料生产管理和市场准入制度；建立原料运输厂的管理与准许制度，杜绝云南红豆杉天然林原料进入加工厂，以保障产业的合法性与持续性。各级人民政府及相关部门要制定优惠政策，支持与鼓励云南的云南红豆杉产业的快速发展。由于该产业的特殊性，应尽快研究制定云南红豆杉产业的专项管理条例，经营加工许可、市场准入和流通等制度，完善行业监管和执法等法规体系，合其企业的动作有章可循，有法可依，以利云南红豆杉产业的顺利发展。