

研 究 报 告

第 号

广州白云山馬尾松播种造林技术分析

付教授 徐燕千

讲 师 朱光斌

毕业生 丘金兴

張广臻

吳文御

广东林学院

1960年8月 广州

广州白云山馬尾松播种造林技术分析

(廣東林学院)

付教授 徐燕千 講師 朱光斌

畢業生 丘金兴 張广琰 吳文御

前 言

馬尾松 (*Pinus massoniana*) 为我国南方主要用材树种之一, 木材含脂, 耐腐耐湿, 为良好的水工用材。多用于枕木、桩柱、建筑、造纸; 尚可采割松脂, 提取松香和松节油, 除供医药及工业用外, 并为重要的出口物资。自从1958年对馬尾松綜合利用研究取得显著的成就后, 馬尾松在国民經济上更有其重大的意义。

馬尾松在我国的分佈范围很广, 北从秦岭南坡和河南的伏牛山北坡、桐柏山、大别山起, 西从四川的青衣江流域起, 南至江苏、浙江、福建、广东、广西的沿海地区及台湾等12省区, 都有分佈。

馬尾松生长迅速, 有广泛的适应性, 耐寒、耐霜、耐风, 在干燥瘠薄的石灰土上, 亦能生长, 因而成为我国南方著名的荒山造林的先鋒树种。

广东各地群众, 多采用播种造林以綠化荒山, 但效果不一, 其中以广州白云山林場最为成功, 获得国内外造林学家的一致好評, 前北京林学院苏联造林专家 A. B. 普奥布拉仁斯基付教授, 曾給予“播种造林成功的典范”的高度评价。

白云山的馬尾松造林工作, 曾在我院前身中山大学农学院森林系主持下, 和1951年与广州市建設局共同經營, 我們历年在此进行教学实习和生产实习, 积累了一定的資料, 尤以1958年我們在华南农学院林学系时期, 将科学研究与生产实习、毕业設計結合起来, 教师学生共同搞科学研究, 指导丘金兴、張广琰和越南留学生吳文御三位同学的毕业設計, 系統地对白云山的馬尾松播种造林技术, 进行調查研究, 总结分析, 因此, 为了今后发展馬尾松造林, 我們認為有责任将材料整理出来, 以供参考。

在1958年調查时共設置29个500平方米 (25×20 米) 的标准地, 每标准地有植株100株以上。每一調查項目和每一造林年度都設置3个以上的标准地。标准地内进行每木調查, 分別測量树高、直径、树冠投影和适当挖刨根系。对标准地并作了海拔高、坡度、坡向、植被和土壤調查。內业統計用数学平均法。

在工作过程中, 我們經常得到生产单位罗俊泉同志的协助, 并提供很多有价值的历史資料。本文参考和应用了我們的1955年毕业生梁淑群同志在北京林学院造林研究班1957年所作的毕业設計①。在这里, 特向他們表示深切的謝意。

白云山的馬尾松播种造林是非常成功的, 但我們对它的总结分析, 由于业务水平所限, 錯漏在所难免, 誠懇地希望讀者指正。

①1956年的調查材料引用于梁淑群同志的毕业設計。

一 白云山的自然概况

白云山位于广州北郊，东至广从（广州至从化）公路，南邻小北、越秀山，西接广花（广州至花县）公路，北达磨刀坑，南北长约9公里，东西宽约4.5公里，面积3,000余公顷。地理位置（按广州座标）为东经 $113^{\circ}15'32''$ ，北纬 $23^{\circ}0'23''$ ，属亚热带地区。

全部属低山及丘陵地，坡度为 $5-50^{\circ}$ ，但大部分为 $25-35^{\circ}$ 。境内以摩星岭最高，达414米；其他如龙虎髯、白云顶、牛牯头、五雷岭诸峰，均在250米以上。

白云山为广州市郊的著名风景区，现已成为广州市园林化的组成部分。

（一）气候

白云山位于低纬地区，气候类型属于亚热带季风区，气温高，雨量多，湿度大。年中几乎无霜，植物可整年生长，有利于林业的发展。

白云山未有设立台站记录，如以广州市气象台记录资料：气候温和，年平均温度达 21.7°C （1913—1937年）。月平均温度以7、8月最高，达 23.2°C ；1月最低，为 13.6°C 。绝对最高温度达 38.7°C ，在1953年8月12日出现；绝对最低温度出现在1951年1月及1955年2月，均仅为 0°C ；曾结霜冰，喜温植物多受冻害，但这为百数十年所罕见。虽然此地属亚热带地区，但年中有寒潮入侵，气温急剧下降，以致出现轻霜；据1912年—1955年记录，霜期很短，平均初霜日为31/12，平均终霜日为21/1，仅22天。

本区雨量丰富，年雨量达1638毫米，年雨日平均152.7天，占全年总天数的41.9%，是可满足植物生长的需要，但分布不均匀，有较明显的雨季和旱季。4—9月降雨集中，为年降雨量的80.2%，每月降雨量均在100毫米以上，雨日亦占全年的63.4%；此时降雨多以暴雨形式出现；如1955年6月6日，日降雨量达284.9毫米。从10月至翌年3月，雨量显著减少，每月均不足100毫米；但2、3月则因海洋气团登陆，降雨量回升，多微雨，一般可超过50毫米而不足100毫米。年中常因春夏气旋频率和夏秋台风频率的减少，必形成一段时期的春旱（一般为4月）和秋旱（一般为9月）。

蒸发大，年蒸发量1554.4毫米。7月最大，为183.5毫米；2月最小，为73.7毫米。由10月至翌年2月，每月的蒸发量均超过降雨量，因而在这一段时间里，水分的收支是不平衡的；其中尤以12月最甚，蒸发量（108.7毫米）相当于降雨量（25.1毫米）的4倍。

湿度高，年相对湿度为77.9%，尚属湿润，对植物生长较为有利，但1、2、11、12诸月，则比年相对湿度为低。

本区属东北信风带，但因受季风的影响很大，因此10月至翌年3月，多偏北风，4—5月多东风。全年平均风速1.8米/秒，但每年6—10月为台风季节，最大风速可达36米/秒（风力为12级），为害甚大。

（二）土壤①

白云山山麓，由东北走向西南，倾斜度下部平缓，上部较为陡峻。成土母岩有石英岩、頁岩、流纹花岗岩和块状花岗岩等（图1）。其中分布最广的为流纹花岗岩，大部分已深受风化作用，露头岩石不多。其次为石英岩、頁岩，主要分布于山的中上部，由于这种岩石抵抗风化作用力强，故坚硬的露头岩石特多。再次为块状花岗岩，分布于山的西南端基部，风化极透彻，风化层甚厚，甚少见露头岩石。

由上述母岩形成的土类，主要为红壤和黄壤，而以前者分布面积最广，后者仅小面积零星见于个别地区。一般土层不厚，多在1米以内，

①土壤部分由梁加祥教授供给资料。



（图1）白云山成土母岩分布略图

屬着土层至中等土层；其中位于山腰以上的較薄，山腰以下的較厚。虽有茂密的馬尾松生长，殘落物質为量亦多，但因高溫多雨的环境条件，微生物易于繁殖，分解作用强烈，故殘落层积累不多，有机質含量少。以紅壤來說，表土厚度不一，在坡直陡峻和植被缺乏的地方，仅为几厘米；地势平緩和植被調查較好的地方，表土厚度有达13厘米；顏色微灰黃、灰棕，屬壤土类，所含砂粒多为幼砂，表土較下层干燥，粒状結構，疏松多孔，植物根系分佈較多，pH4.5—5.0。心土微灰棕至紅棕，壤土或砂壤土，块状結構，較紧实，个别的粘性大，这和上层粘粒下洗有关，植物根系分佈少，pH5.0—5.5。底土棕或黃棕色，屬礫土。

黄壤主要分佈在土壤湿度較大，山坡平緩和石英岩母質的地方，表土层厚約10厘米，暗灰黑色，壤土，呈团粒状，疏松，植物根系多，pH4.5，有机質层較厚，为明显。心土微灰黃色，壤土，小块状結構，較紧实，粘性大，植物根系少，pH4.5。底土黃或棕黃色，多石砾。

根据几年来土壤分析結果，白云山的土壤是有机質缺乏，肥力不高。表層土壤含氮2.5p.p.m.、磷0.5p.p.m.、鉀10p.p.m.，下层則分別為0p.p.m.、1.2p.p.m.和10p.p.m.。

由此可見，本区的土壤条件并不算好，土层不很厚，地面殘落物积聚少，有机質含量低，土壤肥力不高，且較干燥，但因馬尾松对土壤条件的要求不很严格，仍可維持它的正常生长。

(三) 植物

白云山的植物比較单纯，乔木树种主要为馬尾松 (*Pinus massoniana*)、大叶桉 (*Eucalyptus robusta*)、檸檬桉 (*Eucalyptus citricolor*)、窿緣桉 (*Eucalyptus exserta*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、木荷 (*Schima superba*)、石櫟 (*Lithocarpus glabra*) 等几种，但以馬尾松为最多，主要有馬尾松—灌木群丛 (*Pinus massoniana—Suffrutescent Association*)、馬尾松—铁芒箕群丛 (*Pinus massoniana—Dicranopteris linearis Association*)、馬尾松—禾本科草类群丛 (*Pinus massoniana—Gramineae Association*)、馬尾松—崗松十鱗龍草群丛 (*Pinus massoniana—Breckia frutescens + Eriachne pallescens Association*) 等。

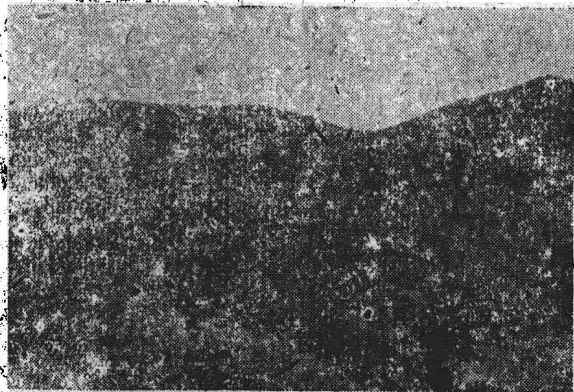
自然植被則以崗松 (*Breckia frutescens*)、鱗龍草 (*Eriachne pallescens*)、鐵芒箕 (*Dicranopteris linearis*) 等为主，按其自然植被的垂直分佈，可分作以下几个类型。

二、白云山造林历史

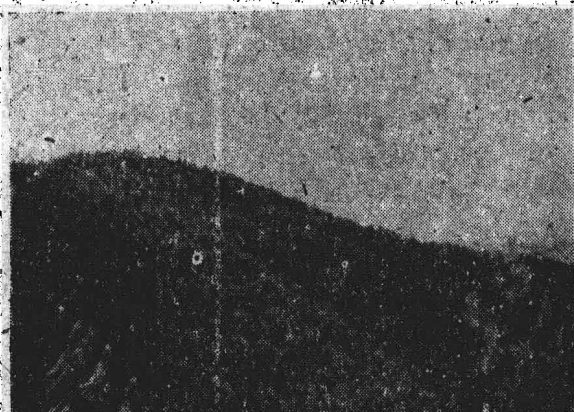
白云山的造林事业，是有較悠久的历史，1927年我院前身中山大学农学院农林系已在该地設立“白云山模範林場”，供农学实习之用。該場过去以馬尾松播种造林为主，成績甚好，于1935年已全場成林，面积約为1,500公頃。由于林木蒼翠，风景宜人，早已成为广州市郊著名的遊覽区。

1938年广州淪陷，白云山的林木全被砍尽。抗战胜利后，由中山大学农学院林学系恢复林場，但每年仅在五雷岭南坡、牛牯头、牛岭等地进行小規模的馬尾松造林，共計造林面积約100公頃。

自1949年广州解放后，由于党和政府的重視，才展开大規模的造林工作；1951年林場与广州市建設局合作經營，至1953年已基本綠化。現造林面积达2,394公頃，以馬尾松播种造林所佔的比重最大，达88.9% (照片1、2)。



(照片1) 1952年播种造林的馬尾松人工林(6年生)



(照片2) 1953年播种造林的馬尾松人工林(5年生)

現白云山除了造林綠化以外，并栽培果树，兴建水庫，將建設成为广州市第一个风光美丽的遊覽区，并以丰富的产品供应广州市民的需要。

三 白云山馬尾松播种造林的农业技术

(一) 种子事业

广州市郊缺乏大量的馬尾松母树，因而白云山历年造林所用的种子，均由外地調运。产区省内为乐昌、韶关、广宁、怀集，省外为湖南、湖北、广西等地。

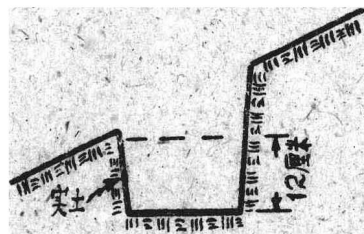
种子来源在1949—50年在乐昌、韶关購来，1951年起为广西江各寨，1952年大部分种子从广西、湖南購进，1953—54年则由广东省林业厅調撥(种子多系湖南、湖北、广西調来)。由于种子产地不一，因而来源不詳。

种子的实验室发芽率一般为84%。

(二) 整地

白云山为低山及丘陵区，坡度大部分为25—35°，全部用人工、鋤头进行块状整地。

整地的規格有两种，一为长24厘米、寬12厘米、深12厘米，一为长12厘米、寬6厘米、深6厘米，



密播法（简称穴法）和小穴浅锄稀播法（简称小穴法）。

在整地后，填回碎土，将填土平整后，工人随即用右手大母指与食指拈取种子（工人经过训练，所拈取种子为10—12粒左右），成行的播在块状地上，即用锄头拨些碎土覆盖。

覆土厚度约为0.5厘米，播种后除覆土外，未加任何覆盖物。

自播种后至郁闭前，都没有进行幼林抚育。

四 造林技术分析

白云山马尾松播种造林之所以获得成功，是由于能根据当地的森林植物条件，掌握自然规律和造林树种的生态学特性，创造出的一套较为完整的造林技术措施。

（一）播种造林时期

马尾松的播种造林能否掌握有利的气候条件，及时进行，对于造林的成败，实有决定性的意义。

播种造林时期，首先决定于气候和土壤是否具备了种子发芽和幼苗生长的必要条件，亦即是温度和水分能否满足种子发芽和幼苗生长的需要；其次为外界环境的其他因子，是否能保证幼苗的顺利出土和幼苗正常生长，如有无鸟兽为害或其他的不良影响等。

白云山的马尾松播种造林在1—3月进行，而绝大部分则在2月，从广州气候条件来看，2月的月平均气温为14.7°C（平均最高18.5°C，平均最低11.4°C），降雨量68.5毫米，蒸发量73.7毫米，相对湿度77.9%，这对马尾松种子的发芽以及幼苗出土后的成活，都较为有利。

表 1 广州市12—3月温度、降雨量、蒸发量、相对湿度记录表

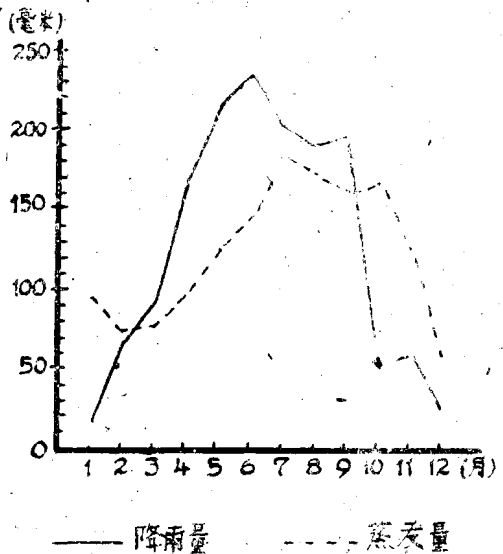
月 份	平均温度 (°C)	降雨量 (毫米)	蒸发量 (毫米)	相对湿度 (%)
1 2	14.9	25.1	108.2	66.6
1	14.2	27.9	96.6	70.6
2	14.7	68.5	73.7	77.9
3	17.6	92.8	76.3	83.2

广州地区马尾松播种造林，种子的发芽以及幼苗的成活，关键在于土壤水分是否能满足种子发芽和幼苗生长的需要；而温度条件，一般均能保证。

从表1可以看到，12—3月间每月的平均温度为14.2—17.6°C，这都能满足马尾松种子发芽对热量的要求。但在这段时间里，每月的降雨量、蒸发量、和相对湿度都有很大的差别，因而影响造林的成活率。

广州属于高温多雨的亚热带气候，但雨量分佈不均匀，有较明显的干旱季节，这对于人工造林有不良的影响。从10月开始，降雨量急剧下降至50.2毫米，而蒸发量却高达169毫米，形成了水分收支不平衡，这种现象一直延续到翌年2月；林地逐渐干燥，尤以受影响较大的10厘米内的土层更甚，在林地干燥、土壤水分不足的情况下，是不适宜播种造林的。

12—1月，除了水分条件不能保证种子的发芽和幼苗顺利生长以外，还经常有寒潮南下，气温骤然下降，而出现霜冻现象。这时即使种子在某种特



（图3）广州各月降雨量蒸发量分佈曲线图

殊情況下獲得發芽所需要的水分條件，但幼芽出土後，遇上寒潮，可能受凍害而致死。

此外，12—1月間，鳥害、鼠害亦較嚴重。根據白雲山林場歷年經驗，認為此時鳥類鼠類並沒有因氣溫稍降而停止活動，反而因昆蟲或其他食料較少而增加對馬尾松種子的為害，這樣亦影響造林成活率。

2月中、下旬蒸發量下降而降雨量和相對濕度均回升。雖然月降雨量僅為68.5毫米，但蒸發量則為73.7毫米，兩者甚為接近；相對濕度則達77.9%。降雨量雖不很多，但為連綿微雨，較長期地使種子所在的1—2厘米厚的表層土壤保持濕潤，保證了種子發芽所需的水分。加以氣溫回升，霜期已過，這都有利於種子的發芽，並使幼芽出土後，既不會遭受霜凍、高溫、烈日的為害，而水分又能保持幼苗生長的需要，因而獲得高度的成活率。

3月下旬已有暴雨，雨滴對土壤強大的沖擊力，使土粒從原位分離破裂，這些細小的土粒，隨着地表逕流而流失，若此時播種造林，這些流失的土粒就可能掩沒下坡的播種點，或會使種子的覆土過厚而影響發芽，或使剛出土的幼芽被埋而死。另一方面，這些濺開的細小土粒，沉澱下來，就會阻塞土壤的空隙，阻礙了水分的滲透。從廣州的降雨規律來看，3月下旬以後至4月間，雖然雨量多，但以暴雨形式出現，而經常或會因氣旋頻率減弱，出現春旱，如土壤孔隙受阻塞而影響了雨水的滲透作用，如又不能及時松土，勢必在春旱期間，增加了干旱對幼苗的危害。根據我們過去對馬尾松播種造林的成活調查，發現很多播種點上的幼苗，由於未能渡過春旱關而枯死，這樣大大地影響了造林的成活率。

5、6月高溫、烈日，又有暴雨，這樣就要求根系扎得較深，而有一定程度木質化的幼苗，才能戰勝這些惡劣條件。4、5月播種的幼嫩苗木，往往不能經受環境的考驗而死亡。

白雲山的馬尾松播種造林，曾在12月至5月分別進行，而絕大部分都是在2月中、下旬造林的，根據該場歷年觀察結果，以2月造林的成活率最高，1月、3月的次之，12月及4月的最低。現將1949年2月及5月不同播種造林時期林分情況調查結果表列于下：

表2 不同造林時期林分情況調查表

調查項目	播種造林時期		備註
	1949年2月	1949年5月	
郁閉度	0.7以上	0.3以下	1.大穴深鋤密播法。 2.北坡。 3.石礫土。
保存率(%)	82.9	9.5	
每公頃株數(株)	7480	460	

從表2可以看出由於不同造林時期所營造的人工林的成活有很大差別，所以我們認為白雲山的造林時期絕大部分在2月中、下旬進行，是能利用氣候上的有利條件，因而獲得高度的成活率和良好的效果。

(三) 大穴深鋤密播法與小穴淺鋤稀播法造林技術分析

白雲山的馬尾松播種造林技術，主要表現在大穴深鋤密播（以下簡稱大穴法）和小穴淺鋤稀播（以下簡稱小穴法）兩種不同的具體措施上，根據調查結果，採用大穴法造林都獲得很高的成活率和生長指標。

由於白雲山絕大部分地區都採用大穴法造林，而小穴法的造林面積不多，因而僅能選擇1953年所營造的幼林進行調查。

1. 幼林生長的差異：

1953年所營造的幼林，過去沒有進行系統的成活調查，故對於大穴法和小穴法的造林成活率，因未能掌握確實數字而無法比較，現只能以保存率來說明。

表3

大穴法与小穴法的幼林保存率比较表

調 查 时 期	不同造林方法的保存率 (%)		备 註
	大 穴 法	小 穴 法	
1956年 11 月	95	71	1. 1953年 2 月播种造林。
1958年 6 月	78	54	2. 北坡。



(照片 3) 大穴法(上部)与小穴法(下部)的林分的对比

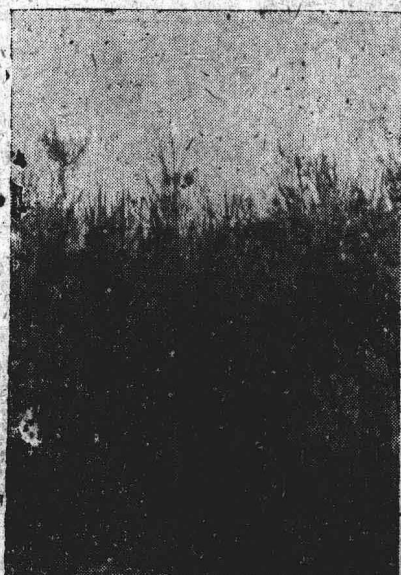
根据1956年11月调查的结果，小穴法的保存率比大穴法高24%。若以大穴法的保存率为100%，则同年小穴法为124%，小穴法分别为大穴法的74.7%和69.2%。从照片3里，也可以看到极为明显的对比。

再从幼林的生长指标来看，也可以看到两种显著不同的结果，现表列如下：

表4

大穴法与小穴法的幼林生长比较表

調 查 时 期	造林方法	生长指标		树 冠 投 影			郁 閉 度	备 註
		平均高(米)	平均直径(厘米)	縱 行(米)	横 行(米)	投影面积(平方米)		
1956年 11 月	大穴法	2.40	3.7	1.27	1.39	0.16	0.6	1. 平均直径1958年调查的为根颈直径；1958年为胸高直径。
	小穴法	0.86	2.2	0.75	0.74	0.04	0.2	
1958年 6 月	大穴法	1.54	1.5	0.52	0.65	0.12		2. 1953年 2 月播种造林。 3. 北坡。
	小穴法	4.50	3.6	1.90	2.10	3.13	1.0	
	大穴法	2.70	1.9	1.40	1.40	1.54	0.5	
	小穴法	1.30	1.7	0.50	0.70	1.59		



(照片4) 大穴法营造的幼林

(照片5) 小穴法营造的幼林生长情况

表5是1958年调查的幼林生长情况

表5

坡向	坡度	造林措施	生长指标		树冠投影			郁闭度	备注
			平均高(米)	平均直径(厘米)	纵行(米)	横行(米)	投影面积平方米		
西	30°	大穴法	3.9	4.4	1.8	2.0	2.80	1.0	1. 1953年2月播种造林。 2. 1958年6月调查。
	28°	小穴法	1.3	2.0	1.4	1.3	1.43	0.4	
		比 对	2.6	2.4	0.4	0.7	1.37		
南	25°	大穴法	3.0	2.7	1.5	1.5	1.77	0.7	
	19°	小穴法	1.7	1.4	1.6	1.5	1.88	0.3	
		比 对	1.3	1.3	-0.1	0.0	-0.11		

我們所調查研究的标准地的立地条件基本上相同,但从表4、表5和照片4、5可以看到,由于采用两种不同的造林具体措施,而人工幼林的生长指标,都有明显的区别,这种差异,成为了人工幼林品质的反映。

就单从高生长来看,无论在1956年或1958年的调查,以及在北坡、南坡或西坡,用大穴法所营造的人工幼林,都超过用小穴法所营造的。1958年调查材料,前者的高生长比后者超过:在北坡为1.3米,西坡为2.6米,南坡为1.3米。以下是1956年调查的幼林高生长分级的材料:

表6

大穴法与小穴法的幼林高生长分級比率表

造林措施	高生长分級比率 (%)			备 註
	100 厘米以下	100—200厘米	200 厘米以上	
大 穴 法	1.71	15.44	82.85	1.1953年2月播种造林。
小 穴 法	66.45	33.55	—	2.1956年11月調查。

从表6可以看到在人工幼林的高生长分級上,高度在200厘米以上的,大穴法为82.85%,而小穴法则未能达到这一級;高度在100厘米以下的,小穴法为66.45%,而大穴法则仅为1.71%。

在直径生长方面,从1958年的調查材料来看,北坡、西坡和南坡,大穴法都比小穴法分別超过1.7厘米、2.4厘米和1.3厘米。

每一个播种点所保留的植株数量,大穴法在4—9株之間,平均为7株;小穴法则在1—2株之間,平均为1.5株。

2.造林技术分析:

白云山的馬尾松播种造林,在立地条件、造林时期、种子来源、种子品質和造林工人都相同的情况下,由于分別采用了大穴深鋤密播和小穴淺鋤稀播两种不同的具体措施,以致营造的人工幼林,在保存率、生长指标、高生长分級比率和每一个播种点保留植株数量等調查項目上,都反映出大穴法比小穴法优越,这也說明了白云山馬尾松播种造林,采取大穴深鋤密播的技术措施,是一个成功的經驗,保证了所营造的人工幼林生长稳定,发育良好,而达到了速生丰产的目的。

关于大穴深鋤密播,主要表现在整地質量和播种量两个具体措施上,由于适当的提高了整地質量和增加播种量,給种子从播到林地的第一天起,就創造了一个与小穴淺鋤稀播的不同的环境;前者在广州白云山的森林植物条件下,更能适合馬尾松种子的发芽,和幼苗、幼树的生长发育,因而就获得較高的保存率和較良好的生长指标。

大穴法的整地規格为长24厘米,寬12厘米,深12厘米;小穴法为长12厘米,寬6厘米,深6厘米;皆屬块状整地。

大穴法的整地面积为288平方厘米,而小穴法仅为72平方厘米,相当于大穴法的25%。在整地深度上,大穴法为12厘米,小穴法为6厘米,相当于大穴法的50%。众所周知,人工幼林的成活率和生长发育,很大程度决定于造林地的整地,因为通过整地,可以改善土壤的理化特性,提高保水和通气的能力,促进土壤微生物的活动,消灭杂草,这都有利于树木的生长。疏松土壤,可減輕土壤的机械阻力,为树木的根系旺盛发育,創造良好的条件。

白云山的土壤是比较貧瘠干燥,虽然馬尾松是能耐旱瘠土壤,但以在肥潤的林地上,生长較好,因此,在白云山的土壤条件,为了保证馬尾松能更好地生长发育,就必须通过人为力量,予以改造;其措施就是提高整地質量,改善水分养料的供应条件,使能进一步符合馬尾松的要求,因此,大穴法和小穴法比較,相对來說,前者比后者优越。

小穴法整地面积仅为72平方厘米(12×6厘米),这样杂草很容易侵入穴內,成为幼苗凶惡的敌人,爭夺水分养料,由于杂草有强大的根系和頑强的生命力,剛发芽出土的幼嫩松苗,根系纖弱,在与杂草爭夺水分养料的斗争中,居于劣势,造成大量的死亡或生长不良。

在整地深度上,小穴法仅为6厘米,这个整地深度,不能認為是合理的,因为在10厘米以下的土层的土壤含水量,比在6厘米內土层的約高达10—20%。这对幼苗能否把根扎得更深,順利地渡过秋冬的干旱,实屬一个关键問題。根据对1956年播种造林播种点檢查結果,死亡的植株的根系都是分佈在5—6厘米的土层以內。按照林場的記載,秋冬旱季,这个土层內的土壤是很干燥的,这說明了整地的深度不足,影响幼苗根系的生长发育,以致因水分供应不足而造成播种造林的成活率不高。而且,白云山的馬尾松,自播种后就沒有进行幼林撫育,在整地質量不高的情况下,这种缺乏撫育的幼林,它的生长发育,就更为落后,由于杂草对水分养料的爭夺,幼苗根系扎得不深,而只分佈在較干燥的

土层里，这在干旱季节的恶劣条件下，就形成了大量的死亡。虽然有部分幼苗保存下来，但它们由于受恶劣环境的影响较大，生长条件比大穴法较为恶劣，因而在生长指标上亦为落后。

用大穴深鋤密播法所营造的人工幼林，由于适当的增加了播种量，每播种点平均有7株植株，而一般在4—9株之间，这些植株成林后生长成为植生组。植生组植株之间，通常存在生理学上的互助现象，形成一个统一的有机体，相互间能更好地抵抗杂草，抵抗严寒，降低局部（小块播种点上）的土温，减少蒸发，保蓄水分，造成了对幼苗顺利度过成活阶段的有利的小环境，因而就具有较高的成活率；同时亦促进了幼林的生长发育，所以就获得较优良的生长指标。小穴深鋤密播法除了整地质量比不上大穴法外，而且播种量仅为大穴法的50%（5—6粒），由于种子本身发芽率的关系，成活的播种点只保留1—2株幼苗，这样就不可能形成植生组，因而就没有了植生组所能起的互相辅助的作用。

采用大穴法所营造的人工幼林，根据调查，在4年生即可郁闭，这由于成活率和保存率，以及数株一丛形成植生组，互相有利于抵抗干旱、高温、烈阳、暴雨、杂草等恶劣条件。植生组内选择性的良好的植株，通过自然选择的途径，生长更为优越，因而生长迅速，扩大树冠，提早郁闭，早日形成森林环境，反过来又促进了林分的生长发育；同时，亦可减少幼林抚育年限和费用，并可提早进行森林抚育采伐，通过人工选择，进一步促进林分的生长，从经济上来看，也可获得中间收益。

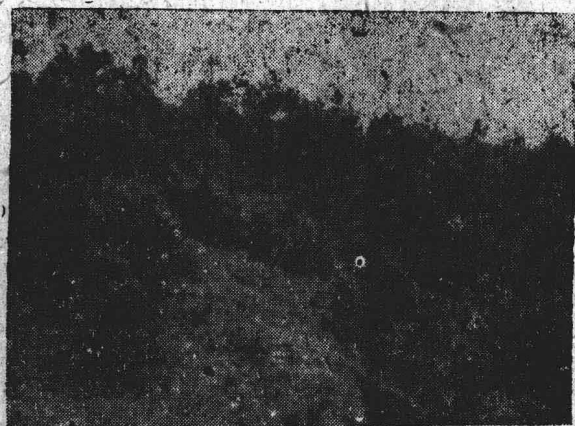
我们认为白云山马尾松大穴深鋤密播法播种造林，在当地森林植物条件下，这种技术措施是在掌握自然规律和树种生态学特性的基础上，结合经济条件而设计出来的正确措施，因而获得高度的保存率和良好的生长指标。有人认为是增加整地面积、整地深度和播种量是增加造林的投资，这种看法是不能完全同意的，我们并不否认从表面来看似乎是增加造林费用，但深入到本质来探讨，与小穴法比较，采用大穴法能营造生长良好和稳定的林分，保证了林木的速生丰产。由于成活高，可以避免重复造林的补植；并且由于林木生长迅速，提早郁闭，减少幼林抚育费用，和可以早日进行森林抚育采伐而获得经济收入。更主要的是林木的速生丰产，就可满足国家和地方对木材日益增长的需求，从而解决木材的供求矛盾。白云山为广州市郊的风景点，幼林生长迅速，可早日形成森林，既可保持自然，给劳动人民创造一个优美的休息游览场所，在改善人民生活条件和提高人民健康水平上，更有重大而积极意义。

（三）一年生播种苗栽植造林与大穴深鋤密播法播种造林技术分析：

白云山在1949—51年曾采用一年生播种苗栽植造林，但成活率低，生长不良，林分状况是不能令人满意的。



（照片6）1949年播种造林的马尾松人工林



【照片 7】 1959年一年生播种苗栽植造林的馬尾松人工林

幼林生长的差異:

我們調查在用一年生播种苗于1953年栽植造林的林分进行調查, 所得的結果是造林成活率很高, 未補植的, 其保存率北坡为25%, 东坡、南坡都为7.5%。

1953年用一年生苗栽植造林与1949年用大穴深鋤密播法播种造林的人工幼林, 同为9年生(1958年調查), 但生长指标則有很大的差異(表7)。

大穴法播种造林与一年生苗栽植造林的幼林生长指标比較表

造林措施	造林时期	每公頃保留播种(栽植)点数	每公頃保留植株数	生长指标		郁閉度	備註
				平均高(米)	平均直径(厘米)		
大穴法播种	1949	3620	4033	7.4	7.5	0.9	1. 1958年6月調查。 2. 9年生。 3. 经过撫育采伐。 4. 未經补植。 5. 立地条件相同。
一年生苗栽植	1953	520	700	5.0	4.6	0.4	
比				2.4	2.9		

上表是各調查3个立地条件基本相同的标准地的綜合材料, 因由于采用不同的造林措施, 林分的生长情况就有明显的区别。在平均高来看, 大穴法播种造林的为7.4米, 一年生苗栽植造林的为5米, 相差2.4米, 后者的高生长相当于前者的67.6%; 平均直径分别为7.5厘米和4.6厘米, 相差2.9厘米, 后者的直径生长相当于前者的61.3%。在高生长分級上, 高度在5米以上的, 大穴法播种造林的佔27.55%, 而一年生苗栽植造林的仅为6.3%(表8)。

表8

大穴法播种造林与一年生苗栽植造林的幼林高生长分級比率表

造林措施	造林时期	高 生 长 分 級 (%)			备 註
		3 米以下	3—5 米	5 米以上	
大穴法播种	1949	18.56	53.89	27.55	1956年11月調查。
一年生苗栽植	1950	23.43	70.27	6.30	

2. 造林技术分析:

白云山1949年馬尾松的大穴深鋤密播法播种造林和1950年一年生播种苗栽植造林,林地的立地条件基本相同,造林用的种子的产地和品質也完全相同,但由于不同的造林措施,人工幼林的生长,就表現了两种不同的状况。

馬尾松可以用播种造林,也可以用栽植造林,但要根据造林地的森林植物条件和經濟条件来加以选择。白云山馬尾松栽植造林所形成的幼林的生长指标落后于大穴法播种造林所形成的幼林,总结有以下几个原因:

栽植造林所用的苗木,不像播种造林那样自种子发芽开始,就适应造林地的环境条件,而它們在发芽以至栽植这一段时间,都是处于条件较优越的苗圃里,在栽植到造林地后,环境条件发生了較大的变化,水分和养料的供应都比苗圃差,因而就需要在一定時間內消耗一定数量的可塑性物質,来适应新的环境,在这个期間內,生长发育就受到一定的影响。有些遺傳性較差或生长緩弱、发育不良的苗木,則不能适应新的环境而至死亡。

播种造林的幼苗,在造林地上形成根系,而栽植造林的苗木,在起苗的时候,根系受到不同程度的机械损伤;在栽植时,又可能因操作技术上的粗心大意,造成根系的变形,又或填土不实等,都足以影响造林成活率的下降和幼林生长不良。

栽植造林受气候的影响与播种造林比較,相对的要大得多。土壤水分問題,是栽植造林能否成功的关键之一。广州的年降雨量虽多,但分佈不均匀,冬春常生旱象,这样就会影响春季造林的成活率。白云山馬尾松栽植造林时期是在2月上旬至4月上旬,这时虽是春季季节,但2、3月間多为微雨,只2—4厘米的上层土壤较为湿润,以下的土层仍屬干燥,栽下的苗木的根系,处于干燥的土层里,可能招致苗木因土壤水分不足而死亡。4月虽然雨量增加,但也可能出现一段春旱时期,这对于栽植造林是不利的。由于广州降雨不均匀的气候特点,馬尾松的栽植造林时期不易掌握,若时期不当,則使造林失败。广州气候温暖,馬尾松苗早抽芽,若用已抽新芽的苗木栽植造林,就不能像闊叶树种一样修剪枝叶,則这些幼嫩的新芽和枝叶,生理上需要蒸騰較多的水分,但起苗时根系受到較严重的损伤,栽植后不能立即恢复生理活动,形成了水分收支的不平衡,結果影响了成活和生长。同时,4月栽植造林后不久,即进入高温、烈日、暴雨的季节,这也不利于幼苗的成活和生长。根据广州气候条件,白云山馬尾松栽植造林,在2—3月气温虽然較低,未抽新芽,但雨量不足;4月雨量虽較充沛,但也有久晴不雨的春旱出現,且气温日高,馬尾松苗已抽新芽;这使造林时期較难掌握,故白云山馬尾松栽植造林获得成活率低,生长不良的結果。

白云山的土壤较貧瘠、干燥和紧实,而一般在10厘米处有石块侵入,采用一鋤法栽植造林,是不能保証整地的質量。一鋤法适宜在湿润、肥沃、疏松、結構良好的土壤或經整地的造林地上应用,而白云山的土壤条件恰恰相反,因此必須細緻整地,才能改善土壤的肥化特性,提高保水能力,减少土壤水分的蒸发,給苗木創造一个良好的生活环境,以培育稳定而生长量高的苗木,但白云山林場当时却没有根据造林地的土壤特点,采用了一鋤法,以致使栽植造林失败。

虽然采用双株栽植,但却不能像大穴法那样每一个播种点上有几株幼苗,成丛地生长,組成植生組。从这一点上則没有大穴法的幼苗的生活环境那么有利,加以造林后又不进行撫育,在与杂草、高湿、干旱、暴雨、烈日等的斗争过程中,大量的苗木便成为牺牲品。

由于栽植造林的死亡率高,林分便很稀疏,每一个保留下来的成活点,仅得1—2株苗木,不

能形成对生长极为有利的植生组，在这种情况下，幼林的生长必然缓慢。

大穴法播种造林有较长的造林时期，受气候的影响相对的要小。种子从发芽到一大片，~~造林地~~造林地的环境，并在这个环境里生长发育，有完整的根系，每一个植株都能与邻近的植株根系相连，~~这是~~这是栽植造林所不及的；因此，与栽植造林比较，就有较高的造林效率和经济效益。

（四）马尾松的根系连生

乔木树种的根系连生，在苏联研究得比较广泛，在我国则是一个比较新的课题。苏联已发现榆、欧洲赤松等十多种树种有根系连生现象，根据目前有关资料，我国亦发现油茶、杉木、山场等树种的根系连生。

1. 白云山马尾松的根系连生现象

在白云山采用大穴法营造的马尾松人工林，其根系连生情况，根据15个标准地挖取根系研究结果，大穴法播种造林的植生组内植株的根系，4年生时开始连生，但此时仅是机械地连生在一起，还没有真正的融合，到5年生时，即已由机械连生而融合在一起了。由此可以说明，马尾松的根系从机械连生而融合，大约需要一年的时间。我们所调查的6—9年生的人工幼林，植生组内的植株都发现根系连生（见照片8—12）。



（照片8） 1949年用大穴法营造的人工林（9年生）的根系连生



（照片9） 1950年用大穴法营造的人工林（8年生）的根系连生



(照片10) 1951年用大穴法营造的人工林(7年生)的根系连生



(照片11) 1952年用大穴法营造的人工林(6年生)的根系连生



(照片12) 1953年用大穴法营造的人工林(5年生)的根系连生



(照片13) 1953年用小穴法营造的人工林(5年生)根系没有连生

在1953年播种造林所营造的馬尾松人工林的标准地里，经过挖掘根系研究结果，大穴法的发现根系连生（照片12），小穴法的根条就没有连生（照片13）。

就目前所调查的5—9年生馬尾松人工林来看，绝大部分是在主根根颈以下至50厘米間的地方连生，而且絕大多數都是主根相互连生，只发现少数植株是侧根连生的；其中也发现有个别的侧根，在約10厘米深的土层处与另一植株的主根相互连生或纏結一起。

根系连生的植株，一般都在2株以上，有的是整个播种点內的植株的根，都相互连生成一束。如1952年用大穴法营造的馬尾松人工林的一个播种点，共有植株5株，它们的根都连生在一起（照片14）。

通过材料分析，发现馬尾松的侧根具有强烈的吸收根的作用，在土壤的深层中，这也说明适当增加侧根的数量，对于促进馬尾松人工林的生长，是有好处的。

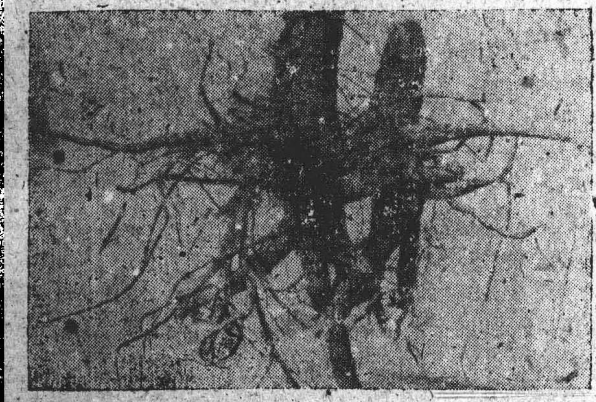
根系连生是馬尾松人工林的一个重要特征。在馬尾松人工幼林，根系连生在4年生便开始，5年生就能癒合，形成连生层的形成层和共同的年轮。

根系连生的过程，首先为根系間的相互接触，随着接触癒合，最后是癒合，这样，连生的植株就组成了统一的有机体。

影响根系连生的因子，首先为播种点上植株的数量。大穴法播种造林的每一个播种点，一般有一—9株，因植株数量多，植株間的距离縮小，根系容易接触，这样相互连生的可能性就大。同时，开始連



（照片14）1952年用大穴法营造的馬尾松人工林（6年生）播种点內5株植株的根系连生一起



生。其次为播种点的深度。大穴法营造的3年生馬尾松人工林的根系仍处在分枝連生阶段，而小穴法营造的3年生馬尾松人工林的根系已连生在一起了（照片12）。播种点的深度也影响根系连生，因为大穴法播种点栽2株苗木，由于苗木間的距离較大，栽植时苗木的根颈間的距离較大，栽植时苗木的根颈間的距离較大，这样也影响了根系的连生，或推迟了根系连生的时期推迟。根据1953年調查结果，小穴法营造的3年生馬尾松人工林的根系仍处在分枝連生阶段，而大穴法营造的3年生馬尾松人工林的根系已连生在一起了（照片12）。

播种点的深度也影响根系连生，因为大穴法播种点栽2株苗木，由于苗木間的距离較大，栽植时苗木的根颈間的距离較大，栽植时苗木的根颈間的距离較大，这样也影响了根系的连生，或推迟了根系连生的时期推迟。根据1953年調查结果，小穴法营造的3年生馬尾松人工林的根系仍处在分枝連生阶段，而大穴法营造的3年生馬尾松人工林的根系已连生在一起了（照片12）。

年龄对根系的连生也有影响，在幼龄幼林，植株間的距离較大，根系连生的可能性就小。随着年龄的增加，地上部分和根系的直径生长都加快，相应地縮減了互相間的距离，而至彼此接触，这样就逐步地从机械连生而达到癒合。

树木的生长发育最好，根系连生的开始时期就可能提早。由于生长发育好，在正常状况下根系的直径生长也同样加快，这样能使根系连生早日开始。

（照片15）1952年用大穴法营造的馬尾松人工林（9年生）植株的根系连生

1952年用大穴法营造的馬尾松人工林（9年生）植株的根系连生，在4年生时根系已开始机械连生了。年龄对根系的连生也有影响，在幼龄幼林，植株間的距离較大，根系连生的可能性就小。随着年龄的增加，地上部分和根系的直径生长都加快，相应地縮減了互相間的距离，而至彼此接触，这样就逐步地从机械连生而达到癒合。

树木的生长发育最好，根系连生的开始时期就可能提早。由于生长发育好，在正常状况下根系的直径生长也同样加快，这样能使根系连生早日开始。

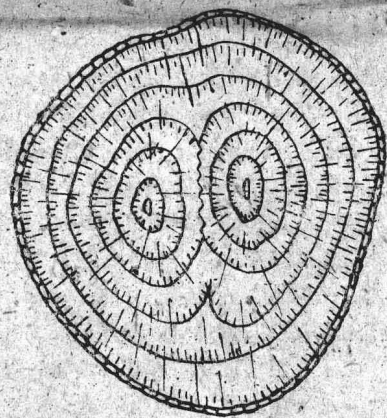
3. 馬尾松根系連生的相互作用:

植生組內植株的根系連生，可以說它們形成了一個統一的有機體，而其中的個別植株，僅為有機體中的一個組成部分，它們之間通過了根系的連生，就存在着生理學上的互助現象，這種有益的現象，會提高它們的生活力、抵抗力和生產力。

當植生組的植株連生在一起，而形成統一的有機體時，它們大致上是協調地發育，因為它們通過連生的地方，獲得可溶性營養物質。根據蘇聯學者弗·沙維羅等應用根外施肥法用放射性同位素示踪原子濃度均勻攪拌混合於營養液中，將一株植株的葉片浸入這些有放射性元素標記的營養液中，經過一定時間後，在該植株連生的另外6株的樹髓上發現具有同一放射性標記的元素。我們在進行根系連生部分的顯微切片研究時，發現連生癒合後，連生植株的根系的形成層已變成一個整體（照片16，圖4），完全有理由可以斷定，它們在生理學上也形成了相互溝通的輸導組織，相互交換可溶性營養物質，互通水分和養料。因此，蘇聯學者認為這是一個“有利的生物學現象”的說法，我們是完全贊同的。



(照片16) 1953年用大穴法營造的人工林(5年生)根系連生的顯微切片



(圖4) 1953年用大穴法營造的人工林(5年生)根系連生橫切面圖

由於根系連生是一個有利的生物學現象，它們之間可以互相交換可溶性物質，因此，促進了連生植株的生長發育，提高了林分的生產率。根據調查結果，我們發現凡是根系連生的植株，其中優勢木的生長指標，都超過同年的標準地內的優勢平均高和平均直徑（表9）。