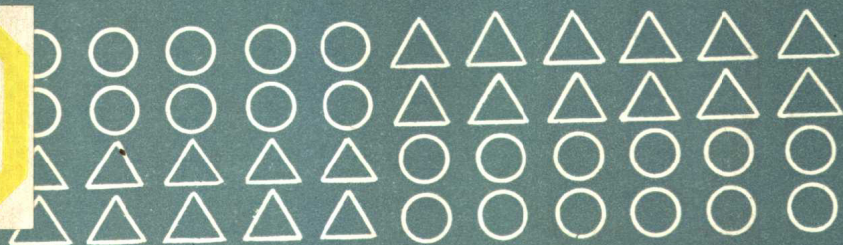


# 混交林营造原理及技术

俞新妥 主编



中国林业出版社

# 混交林营造原理及技术

俞新妥 主编

中国林业出版社

# **混交林营造原理及技术**

**俞新妥 主编**

**中国林业出版社出版(北京西城区刘海胡同7号)**  
**新华书店北京发行所发行 北京通县印刷厂印刷**

**787×1092毫米32开本 6.5印张 133千字**

**1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷**

**印数1—5,400册 定价: 2.00元**

**ISBN 7-5038-0229-5/S.0158**

## 前 言

为了更好地发挥森林的多功能效益，提高林分的抗逆性和稳定性，提倡多造混交林是当前国内外人工造林的共同趋势；但系统论述营造混交林的理论和生产技术的书籍极少。

有鉴于此，我们近年来在试验实践的基础上，注意收集积累国内外有关资料，酝酿编写成书，以及为林业生产科研单位营造研究混交林提供有益资料并供林业院校师生参考。

本书首先介绍了混交林的概念、发展历史及其特点和作用；营造混交林的基本原理——生物学基础和生理生态学基础。强调了正确处理混交树种的种间关系、树木与生态环境的关系，这是营造混交林的理论基础和成功的关键。

其次根据树种的生物学特性及对生境的要求，分类列举出不同的造林树种；并根据适地适树原则，分别地区列举了主要立地条件和主要造林树种。为各地选择混交树种提供参考。

同时在初步总结国内已有混交林实践的基础上，介绍了混交林树种的组成、混交类型、混交比例以及造林的方式、方法和抚育管理技术。

考虑到当前许多单位在开展混交林的试验研究中，不少由于缺乏正确的研究、试验方法、从而影响到试验效果和经验总结，因此，本书专列混交林研究法一章，根据现代统计

学原理，介绍了有关混交林研究的途径、研究方法、试验设计原则以及试验结果的统计分析等。

由于国内营造混交林的实践时间不太长，目前尚缺乏系统资料，加上我们水平所限，本书只是作为提倡营造混交林的一种尝试，谬误不当之处，希望得到同行的批评指正，以便今后逐步修订，以臻完善。

在编写过程中得到南方混交林科研协作组、各省、自治区林业科学研究所、林业院校协作组等的支持和鼓励、提供宝贵资料，在此表示衷心感谢！

本书由俞新妥主编。其中第一、二、四、五、六、七章由俞新妥编写；第三章由林祥钦、俞新妥编写；第八章由林思祖编写。福建林学院杉木研究室何智英、叶再春、钟安良、何忠民、王小琄等同志给予支持帮助，一并致谢。

编 者

1987年12月

# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 第一章 营造混交林的意义和作用.....      | (1)  |
| 第一节 概述.....               | (1)  |
| 第二节 混交林的特点和作用.....        | (5)  |
| 第二章 混交林的生物学基础.....        | (19) |
| 第一节 混交林树种间关系的实质.....      | (19) |
| 第二节 树种间相互作用的表现形式.....     | (21) |
| 第三节 树种间相互关系的评价.....       | (25) |
| 第四节 树种间关系的发展和变化.....      | (30) |
| 第三章 混交林的生理生态学基础.....      | (33) |
| 第一节 光照条件与林木生长的适应.....     | (33) |
| 第二节 温度与林木生长及其适应.....      | (39) |
| 第三节 树木对水分的需要及其适应.....     | (44) |
| 第四节 土壤与林木生长及其适应.....      | (52) |
| 第四章 混交林的树种选择.....         | (69) |
| 第一节 树种选择的原则及混交林的树种选择..... | (69) |
| 第二节 混交林的树种分类和混交树种的选择..... | (82) |
| 第三节 各地区主要立地条件及适宜造林树种..... | (84) |
| 第五章 混交林的树种组成和混交方法.....    | (90) |
| 第一节 混交类型.....             | (90) |
| 第二节 混交比例.....             | (93) |
| 第三节 混交方法.....             | (95) |

|     |                                 |       |
|-----|---------------------------------|-------|
| 第四节 | 混交时间·····                       | (99)  |
| 第五节 | 各地区混交林实例·····                   | (100) |
| 第六章 | 混交林的造林技术·····                   | (104) |
| 第一节 | 造林地选择·····                      | (104) |
| 第二节 | 造林方式·····                       | (106) |
| 第三节 | 造林地整地·····                      | (111) |
| 第四节 | 造林方法·····                       | (120) |
| 第七章 | 混交林的抚育管理·····                   | (131) |
| 第一节 | 幼林的抚育管理·····                    | (131) |
| 第二节 | 混交林的抚育间伐·····                   | (144) |
| 第八章 | 混交林的研究方法·····                   | (154) |
| 第一节 | 混交林研究方法的意义和任务·····              | (154) |
| 第二节 | 混交林研究的途径·····                   | (155) |
| 第三节 | 混交林研究的抽样方法·····                 | (157) |
| 第四节 | 混交林的分析方法·····                   | (159) |
| 第五节 | 混交林试验设计及分析·····                 | (178) |
| 附录  | 中国主要造林树种的元素化学成分(占干物质%)<br>····· | (187) |
|     | 主要造林树种拉丁名、中名对照表·····            | (190) |
|     | 主要参考文献·····                     | (196) |

# 第一章

## 营造混交林的意义和作用

### 第一节 概 述

我国人工造林历史悠久，大约在公元前几世纪就有人工用材林、特种经济林和果木林的经营，如《尚书禹贡》篇（公元前3世纪）有“衮州、豫州贡漆、青州贡松、徐州贡桐、扬州贡篠（小竹）簠（大竹）柚、荊州贡枬（香椿）”的记载；《史记》的“货殖传”（公元前2—1世纪）有大规模经营用材林、经济林收益情况的记载：如“山居千樟之材，安邑千树枣，燕秦千树栗，蜀汉、江陵千树橘……此其人皆与千户侯等”。这些记载不仅看出当时的造林规模，也可略窥当时造林的技术水平。

我国的林业发展，一般是先从天然林的利用和破坏开始，进而加以保护、限制，然后逐渐进入人工林的经营和保护。由于我国疆域辽阔，地区之间政治、经济和文化发展的不平衡性，森林的经营利用、破坏情况也不相同。发达的地区，由于建设和生活的需要，开始感到木材和林产品不足，于是开始了人工造林。早期的人工林，多从营造单纯林开始，这可能是因为单纯林的经营技术比较简单、培育措施容

易，木材产品规格较为一致的缘故。

随着人类生产规模的扩大，木材产品市场的出现以及造林、育林技术的提高，人们认识到针叶树种作为用材林有着较多的优点，如树形整齐、冠幅较小、干形通直圆满、木材产量较高等；于是一些材质优良的树种如松类、柏类、杉木、柳杉、云杉及落叶松等开始大量营造并世代相传。其中我国南方山区的杉木林是比较典型的例子。

由于杉木在经营上的许多优点，如材性好、用途广、速生高产、繁殖容易、木材易加工、运输方便等，深为群众喜爱，南方山区栽培十分普遍。但也由于它本身固有的缺陷，如自肥能力较差，加上栽培技术上的局限（如炼山、全垦等），同一地点连续多代栽杉后，引起了生产力的下降。据福建建瓯调查研究：在杉木采伐迹地上再造杉木，产量逐代递减，二代杉木林产量要比上代降低40%以上。如建瓯县溪东伐木场一块常绿阔叶林迹地，第一代杉木林于1957年采伐，每亩出材量 $13.5\text{m}^3$ 。第二代继续栽杉，至1977年（与第一代采伐时林分年龄相同）时主伐，每亩出材量仅 $7.3\text{m}^3$ ，比上代降低46%。

过去由于造林规模不大，且多小片经营，群众在天然阔叶林区采取轮作撂荒、通过植被演替自然恢复地力的办法，这样对于宏观的生态影响并不显著。

50年代以后虽然开始了大面积、集中连片栽杉，但加上原有森林（天然的和人工的）的过量采伐和破坏，以致森林植被覆盖下降，使山区生态环境恶化、加剧了林地的土壤流失、地力普遍下降。使历史上的杉木中心产区（生态适宜区）

逐渐缩小并向深山远山退缩，这种严重情况目前还在继续。

德国营造针叶树纯林的经验是世界造林史上的教训。从地理上看，德国属于海洋性温带阔叶林向大陆性温带阔叶林过渡地带。其气候、土壤条件均有利于各种林木生长。形成了橡树、山毛榉、松树、云杉和冷杉等树种构成的稳定高产的混交林。随着生产的发展，过分地把林地转变成为农地，并从14世纪开始就营造针叶林。18世纪资本主义发展，由于工业的需求，更加大量地砍伐天然阔叶林和针阔混交林，并营造了大面积的针叶树(云杉、松树)纯林。经过长期观察证明，这些针叶纯林不能维持地力，林下形成粗死地被物，酸性强、土壤结构遭到破坏、灰化作用强烈、地力衰退、林木生长下降、病虫害、森林火灾及风害严重。在近200—300年期间，云杉纯林第一代每公顷蓄积量达700—800m<sup>3</sup>；第二代降到400—500m<sup>3</sup>；第三代降到300m<sup>3</sup>。卡门兹林管区的沙地松林150年前原为Ⅱ地位级，由于连续两代营造纯林，现已下降到Ⅳ、Ⅴ地位级。这些大面积营造针叶纯林的不良后果值得引以为鉴。

以上国内外造林历史的经验教训，给人们一个启示：即提倡营造混交林是人工林发展的必然趋势！

另外，我们基于下面一些事实也说明提倡混交林的必要性。

1. 我国当前现实情况是：森林资源少、分布不均，森林覆盖率仅12%，天然林多集中于边远地区，大部分国土处于无林或少林状态。全国水土流失面积占国土总面积的六分之一，年平均土壤流失量达50亿吨以上，土地沙化现象严重，沙

漠和沙漠化土地占国土面积的15.5%，近1000万ha的农田和草场受到沙漠化的威胁。各地水、旱、洪、涝灾害频繁，整个生态环境的恶化情况仍在继续！

2. 我国现有人工林的情况是：针叶林多、阔叶林少；纯林多、混交林少。据林业部资源司1981年统计资料，全国人工林面积2781万ha(4.2亿亩)，其中针叶林占72.9%，阔叶林仅占27.1%。1949年后营造的人工用材林已成林面积1273.3万ha中，单纯林占91.0%，混交林仅占9%。这些情况无疑会引起病、虫、火灾等危害的加重及防护效益的降低。据南方各省森林病虫害普查结果，现有林中病虫为害面积达31.5%。

3. 近年来，世界人工造林一个重要趋势是在非生产地恢复森林，包括广大无林地、沙漠、沼泽地以及矿山等人为造成的荒废地。如非洲依靠人工造林促使土地稳定的措施正在撒哈拉沙漠进行着；许多国家有计划地在开矿迹地、采石场等荒废地上造林，使之恢复优美的自然景观，作为旅游胜地，也在进行。

4. 以防治公害、环境污染及发挥森林公益作用为目的的环境林、都市风景林、厂区绿化等的造林数量和规模都越来越大。国家规定城市规划、工厂基建必须把绿化建设列入基建项目。

上述种种情况说明人工造林趋势是向着多效益、多目标，经济、生态、社会效益兼顾的方向发展。而提倡营造混交林，正是和上述目标相一致的。这就是作者编撰本书的主要目的。

## 第二节 混交林的特点和作用

### 一、充分利用地力，提高单位面积产量

林冠合理分层是充分利用光能促进林分高产的一个重要条件，林冠分层不仅是森林群落的形态特征的指标，而且是生态结构的指标。不同树种所组成的混交林，由于对光照和水分条件要求不同，高生长速率也必然有差别。

喜光树种和耐荫树种混交时，喜光速生树种常居林冠上层，中等耐荫树种居中层，耐荫树种居下层，每一林层由生态特性相近的树种组成，不同树种适应于不同层次的环境条件，喜光树种占据上层，得到充分光照，生产效率提高，而耐荫树种一般在中等光照条件下就有较高的光合作用效能。因此混交林能有效地利用光能，提高林分生物产量的积累。

据南方14省区报道，在46种混交组合的混交林中，以松树为主的11种、以杉木为主的9种、以阔叶树为主的25种，其木材产量均比纯林高出20%以上，多的可达1—2倍。如广西马尾松和红栲混交林，28年生时每亩蓄积量：混交林、松纯林分别为 $26.15\text{m}^3$ 和 $15.54\text{m}^3$ ，混交林比纯林增加68.2%。窿缘桉与红木荷混交林的生长量，分别比这两树种的纯林增加77.6%和96.5%。

河北省西陵林业科学研究所林场，侧柏和油松混交林（8柏2松），19年生时蓄积量为 $49.00\text{m}^3$ ，而侧柏纯林为 $19.8\text{m}^3$ ，油松纯林为 $37.8\text{m}^3$ 。新疆天山落叶松与云杉，山杨与云杉混交；云杉的生长量比纯林快30—40%以上。一些

虽然同是喜光树种，只要混交得当也能增产，如宁夏的小叶杨与刺槐混交林，18年生蓄积量比小叶杨纯林多39.1%，箭杆杨与刺槐混交林，19年生的蓄积量比箭杆杨纯林多55.7%。这是由于杨树光补偿点高，而刺槐虽是阳性树种，但对光的可塑性较大，补偿点较低，能够有效地利用弱光的缘故。可见，在相同立地条件下不论针、阔叶树种混交，针叶树种与针叶树种混交，阴性树种与阳树种混交以至阳性树种与阳性树种混交一般都比纯林增产。但是也有人认为：混交林的树高、直径生长和单株材积与纯林相比，一般都有明显提高，而林分总蓄积量则比较复杂，要视伴生树种数量、成材情况及密度大小而定，伴生树种出材量大或密度较大，总蓄积量有增高趋势，反之有所降低，但由于混交林中林木生长稳定，单株材积大，一般可长成大材(表1)。

一些深根性树种与浅根性树种混交，可充分利用土壤中各层的营养物质，如马尾松与木荷混交林，由于马尾松根系深而广、木荷根系浅而窄(表2)；二者根系能互相协调，充分利用地力，林分生长稳定、生长量大。混交林16年生时比马尾松纯林直径总生长大81.3%，树高总生长大31.9%，材积总生长大81.2%。地上部分总生物量大69.9%。

我国许多单位调查研究发现混交林的单位面积总根重和细根量都比纯林大，广西林校调查马尾松红栲混交林，其根系总重量比纯林大40—90%(表3)。松杉混交林细根多集中于表土层( $A_1$ )，占细根总量的60%，而松纯林则多分布在 $A_2$ 和淀积层， $A_1$ 层细根量只占细根总量的27%。因此，混交林更能充分利用表土层的养分。北京林学院在北京西山试

表 1 混交林与纯林生长比较

| 树种组成   | 年龄 | 初植密度  | 郁闭度  | 平均高<br>(m) | 平均直径<br>(cm) | 平均总材积<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------|----|-------|------|------------|--------------|----------------------------|
| 落叶松+油松 | 17 |       |      | 5.79       | 7.5          |                            |
|        | 17 | 1×1.5 | 1.8  | 4.82       | 6.1          | 42.49                      |
| +色树    | 17 |       |      | 6.17       | 6.67         |                            |
|        | 17 | 1×1.5 | 0.6  | 4.72       | 5.46         | 38.44                      |
| 油松纯林   | 21 | 1×1.5 | 0.7  | 8.23       | 19.97        |                            |
| 油松+色树  | 24 |       |      | 3.25       | 3.57         | 74.74                      |
|        | 24 | 1×1.5 | 0.7  | 7.2        | 10.4         | 98.28                      |
| 油松纯林   | 22 |       |      | 5.4        | 9.9          | 88.1                       |
| 油松+色树  | 22 | 1×1.5 | 0.7  | 4.64       | 6.15         |                            |
|        | 22 | 1×1.5 | 0.7  | 5.47       | 8.25         | 50.7                       |
| 油松纯林   | 19 | 1×1.5 | 0.9  | 4.5        | 6.1          |                            |
| 油松+黄桦  | 19 | 1×1.5 | 0.9  | 3.1        | 1.84         | 40.37                      |
| 油松纯林   | 19 | 1×1.5 | 0.85 | 4.2        | 5.0          | 42.87                      |

(赵荣慧等 生态学报)

表 2 马尾松、木荷混交林根系调查表

| 树种          | 林龄 | 直径<br>(cm) | 树高<br>(m) | 冠幅<br>(m) | 根幅<br>(m) | 主要侧根条数 | 主要侧根密集深度<br>(cm) | 细根密集垂直<br>幅度 (cm) |
|-------------|----|------------|-----------|-----------|-----------|--------|------------------|-------------------|
| 松<br>×<br>荷 | 16 | 17.9       | 13.2      | 5.38      | 4.65      | 140    | 30               | 150               |
|             | 14 | 7.0        | 6.8       | 2.62      | 5.30      | 87     | 25               | 50                |
| 松           | 16 | 13.5       | 12.1      | 3.70      | 3.25      | 54     | 30               | 70                |

(马尾松研究 1 集)

验林场调查混交林的油松的细根量比纯林多，结果与其他地方一致，说明混交林根系具有较好的营养条件。

## 二、混交林能更好地维护地力和提高地力

林地地力的维持和提高决定着林木养分的归还量和养分

表3 混交与纯林根系总重量比较(1m<sup>3</sup>土层样方)

| 项<br>目<br>地<br>点 | 林 分   | 根系总重量(g) | 根系比较(%) |
|------------------|-------|----------|---------|
| 茶 山              | 松栲混交林 | 710.4    | 140     |
|                  | 松 纯 林 | 500.6    | 100     |
| 古 丹              | 松栲混交林 | 3854.7   | 192     |
|                  | 松 纯 林 | 2000.2   | 100     |
|                  | 松栲混交林 | 334.5    | 167     |
|                  | 松 纯 林 | 200.6    | 100     |

(马尾松研究1集)

循环速度。而林木养分归还的来源主要途径是枯枝落叶，因此林木养分归还肥土作用大小主要决定于林分的枯枝落叶量和分解率。决定养分循环的首要因子是枯枝落叶腐殖质化和腐殖质的分解过程，如果腐殖质化和腐殖质分解快，养分循环就加快，否则就会变慢。一般针叶树种的落叶量较少，针叶所含灰分也比较缺乏，而且分解比较困难，在A<sub>0</sub>层积累，形成酸性的粗腐殖质，是引起地力衰退的主要原因。

阔叶树的落叶量大，叶子所含灰分较丰富，而且分解比较容易，这是阔叶树混交林和针阔混交林能够维持地力和提高地力的原因。华南农学院在飞播马尾松又人工引入木荷的混交林中测定每亩枯枝落叶量为771kg，而同龄(16年)马尾松纯林为297kg，仅及混交林的38.5%，A层有机质含量、全氮、磷、钾含量：混交林分别为4.97%、0.11%、0.229ppm、1.95ppm，而纯林有机质含量1.83%、全氮量0.08%、磷钾含量极微。福建林学院调查杉松混交林，土壤中的过氧化氢酶、转化酶活性提高，有益于土壤中各种有机质的转

化，土壤中的全氮、有机质、速效钾、盐基总量、盐基饱和度均比纯林高，这是混交林土壤肥力较高的一个重要原因。混交林提高土壤肥力的一个重要途径是利用肥料树种进行混交，已有研究材料证明除豆科植物具有根瘤外，马桑科、蔷薇科、杨梅科、桦木科、木麻黄科、胡颓子科、鼠李科、杜鹃科等110多种都具有结瘤习性，并且大部分都能够固氮，一般具有根瘤的豆科树种每年每公顷固氮量可达100—200kg，最高达672kg，桉木的根瘤固氮作用每年每公顷可达62—175kg，木麻黄为60kg。

英国庞德在无氮地培养赤杨和杨梅，第一年平均单株固氮量分别为300和400mg，第二年末为2500和5000mg，一些高等植物叶面还能形成叶瘤共生固氮，茜草科的九节木属(*Psychotria*)、大沙叶属(*Pavetta*)、紫金牛科的朱砂根属等均有固氮叶瘤。肥料树种的枝叶含氮量高，通过其枯枝落叶、根系和根瘤的崩坏等向林地归还养分和促进落叶层微生物活动，就能提高林地土壤肥力，印度尼西亚营造柚木林，以银合欢为下木，定期台割压青，幼林生长迅速，比没有间种的几乎大一倍。印度和斯里兰卡桉树与黑荆树混交也收到良好效果，广东杉木与台湾相思混交，四川桉木与杉木混交，北京杨树与刺槐混交，油松与黄栌、紫穗槐、沙棘等灌木混交均收到良好效果。

据国外研究，认为肥料树种的肥土作用是通过以下五个途径实现：(1)枯枝落叶腐烂和分解后归还土壤。(2)死亡的根系和根瘤回归土壤。(3)树根向土壤分泌化合态氮，如 $\beta$ -氨基酸等(增肥效果多大尚未肯定)。(4)伴生树种与主要

树种根系连生。(5)放出 $\text{CO}_2$ ，促进光合作用，根瘤植物的根放出的 $\text{CO}_2$ 比其他植物多。(据日本《造林手册》记载裸露地每天每平方米放出1.6—4.6g，马铃薯地11.8—12.7g，赤杨地为11.7—23.4g。)

与肥料树种混交的效益大小和林地土壤好坏有关，一般认为在肥沃的土壤上，混交林与纯林差不多，说明氮素丰富的土壤，肥料树种的混交效果不明显，据山东省研究杨树与刺槐混交林以中等以下的立地条件效果最好，中国林业科学研究院研究侧柏刺槐混交林在阴坡的效果比阳坡好。

### 三、混交林对外界不良环境有较强的抗性

由不同树种组成的混交林生态系统比纯林复杂，食物链长，营养结构复杂，有利于鸟兽栖息和寄生性菌繁殖，使众多的生物种类相互制约，任何种类虫病危害都难于大量发生。安徽省林科所等1979年5—7月在东至县马尾松纯林和松栎混交林中研究松毛虫消长情况，结果表明，三代松毛虫卵被赤眼蜂、平腹小蜂和黑卵蜂寄生，寄生率混交林为纯林的1.7—2.7倍；松毛虫的虫口下降率(6月初至7月底)混交林为纯林的2倍多。混交林松毛虫幼虫迅速下降的原因除卵期寄生率高外，食虫鸟类多也是重要原因。据调查，该混交林中的鸟类有30余种，其中捕食松毛虫的就有26种，而马尾松纯林中只有6种鸟，并且数量也少得多。山东省牛山林场在研究侧柏与刺槐混交林病虫害少成灾的原因时，除混交林中益鸟益虫多以外，还有多角体病毒和白僵菌；它们制约了许多种害虫如侧柏毛虫、侧柏毒蛾、红蜘蛛、刺槐尺蠖、大