

广东省混交林资料专辑

第二集

广东省混交林科研协作组编

一九八八年二月

目 录

混交林的营造技术及研究综述	徐英宝 陈英跃 (1)
海丰县西坑林场杉松混交林的调查研究	
.....省混交林科研协作组	海丰县西坑林场 省所课题组 (12) 汕头课题组
湿地松大叶相思异龄混交林小气候及一些生理指标的测定	苏茂森 梁启英 (21)
托里桉大叶相思混交林小气候特点初探	谭绍满 <u>黄金龙</u> (25)
广东省几种人工混交林分土壤微生物数量的初步分析	省混交林科研协作组 省所课题组 (31)
雷州半岛窿缘桉大叶相思人工混交林的初期表现	
.....湛江市林科所 郭坚城 李勤民 (34)海康县林科所 陈 四 邹尤强	
马尾松黎蒴混交林效益的调查研究	林民治 (40)
马尾松黎蒴异龄混交林的营造技术	蔡文轩 (48)
松杉红锥混交林的营造方法和效益的初步调查	信宜县林业局 (50)
紫罗山播区沙坪乡飞播马尾松台湾相思混交林效果的调查报告	阳江县林业局 (53)
马尾松、木荷混交林的营造技术	五华七 峯 径林场科研组 (56)

混交林的营造技术及研究综述

华南农业大学林学系 徐英宝 陈红跃

从世界造林的历史和现状看, 人工营造混交林已成为当代营林发展的趋势。

国外对混交林的营造及研究, 历史较长。早在十八世纪上半期, 俄国林学家 M.B. 罗蒙诺夫就发现林分内混交阔叶树种有许多良好作用, 至十九世纪八十年代, M.K. 土尔斯基, F.φ. 莫洛佐夫和Л.Н. 雅什诺夫开始对混交林经营作出评价。进入二十世纪, 研究进一步发展。四十年代, 印度林学家将混交方法分为永久混交与临时混交两类来指导造林^[59]; 五十年代, 联合国粮农组织对10多个国家和地区的混交林造林工作做了总结^[42]。国外学者对混交林种间关系、混交效益等先后作出评价^[27, 67]。在此期间, 各国对混交林的营造日益重视, 如从三、四十年代开始, 芬兰、爱尔兰等已对混交林造林开展了试验并着手营造工作^[37, 65, 68]; 德国也从营造纯林失败的经验教训中逐步重视混交林的经营; 近年来朝鲜已把发展针阔混交林作为一项国策。各国在混交林营造及研究上发表了大量文献, 其中大部分是非英文文献, 多属于苏联、欧洲等温带、寒带地区混交林的研究。

我国混交林营造, 历史久远。早在南北朝时期, 已懂得用混交方法来培育构树: “……秋冬留麻勿割, 为楮作暖……” (《齐民要术》)^[2]。但真正人工混交林营造及开展专门研究, 则是近二、三十年的事。五十年代以来, 浙江、福建和广东各省开始营造杉槲、松杉和松荷混交林, 六十年代混交林营造进一步发展。近年来, 营造工作越来越受到重视, 造林面积不断增加, 特别是长江中下游地区及北方某些林业生产发展较快的地区更为迅速, 以杉木、马尾松为主要树种的混交林营造更多。同时, 各高等林业院校和科研单位也广泛地进行了有关混交林调查研究和营造试验, 取得了不少成果。如南方混交林科研协作组, 从1978年成立以来进行了有效的工作, 1986年杉松、杉槲混交林科研成果通过了国家级鉴定, 这对进一步大面积推广人工混交林生产具有重要的意义。

一、混交效益及其应用

混交效益的研究目前正深入到以下四个方面: 生长效益、生境效益、抗性效益和经济效益。

生长效益特别是增产效益研究很多, 而且大多数研究特别是国内研究都持肯定看法。研究结果几乎一致认为: 混交林木材材积、生长量、光能利用率、收获量均高于纯林^[15, 66, 69, 78]; 木材性质也优于纯林^[66, 72, 84]。但国外也有人认为, 混交林生长与纯林无多大差别^[93]或差于纯林^[30]; 林内树种死亡率大^[74]; 叶面积指数低于纯林^[40]; 木材因多杆、多枝而造成材性较差^[81]; 在差的立地条件下, 混交林生长优于纯

林, 好的立地条件下则相反^[52]。国内一些研究还表明, 总蓄积高于纯林的混交林, 其主要树种蓄积不一定也高于相应的纯林; 混交林经济材产量也比较低。可见, 混交林的生长效益随树种、立地条件等因素不同而异, 或好或差。但是, 树种合理组合、成功搭配的混交林总是可以体现其较高生长效益的。

生境效益的研究即对混交林生境特点的研究。目前研究都一致肯定混交林生境优于纯林。主要体现在气候和土壤两个方面。混交林小气候具有林内气温和土温低、湿度大、光强小、蒸发少等特点, 对主要树种生长有利^[4·22·51]。混交林土壤枯落物丰富, C/N 比低, N、P 含量高于纯林^[7·57·90]; 有的林分土壤固氮菌、纤维分解菌、过氧化氢酶等均高于纯林^[12·19]; 有的则蚯蚓数量多于纯林^[19]; 此外, 其土壤还有减少地表径流、冲刷之效益 (高达30%和33%)^[24]; 这些生境特点十分有利于主要目的树种的生长。

抗性效益分为对不良生物因子的抗性和不良大气因子的抗性。前者即为对病虫害的抗性, 研究甚多, 且已成定论, 本文无需赘述。后者是指其抗雪、风和大气污染等能力。苏联对乌克兰喀尔巴阡山人工混交林抗工业废气污染能力的研究表明: 成熟的栎类与云杉混交林对钾盐、镁粉末、氯化氢和有机脂肪酸抗性大; 幼龄期的栎类和桤木混交林、成熟的椴树与杨类混交林对烟灰和一氧化碳抗性更强^[92]。这方面研究很少、尚待加强。

经济效益的研究, 国内外都作过探讨。总的看法是, 混交林的生产成本有可能低于纯林, 而纯收入则可能高于纯林。根据国内外研究的结果, 我们认为混交林经济效益较高的原因大致是: 1. 能缩短培育年限, 故费用降低; 2. 郁闭早, 抚育次数减少; 3. 抗性强, 森林保护费用少; 4. 若采用经济树种混交, 产出更为可观; 5. 即使有时造林成本高, 但增产效益大, 产品收入不仅可抵回成本, 而且有结余。

混交林的应用是多方面的。根据国内外报道, 主要包括: 对老林分的改造^[83]、热带林团状补植、林缘防护林^[8·49]、林木保育更新^[30]、保育防火^[32]、农田防护林及病虫害防治的林业措施等。

二、种间关系的研究

种间关系是混交林营造技术及理论研究的核心。它尽管是复杂多样的, 但其表现形式只有两种: 互利与互害。互利与互害具体可分为单方利害与双方利害^[28]。

Kolesnicenko, M.V. 曾对种间关系作详细的研究并提出五种作用方式: (1) 生理作用 (如根连生)、(2) 生物物理作用 (改变光、温等物理环境)、(3) 机械作用、(4) 遗传生态作用 (如异花授粉)、(5) 营养作用 (营养元素的消耗和归还)^[92·93]。目前, 对于种间关系作用方式一般分为机械关系、生物关系、生物物理关系和生物化学关系。后两种方式研究较多。

生物物理关系除最常见、研究最多的蔽荫作用、深浅根协调、枯落物营养作用外, 目前还有肥料树和生物场的研究。肥料树主要是指固氮树, 其固氮作用对主要树种的营养作用已得到广泛承认。但国外一些研究指出: 固氮树种受压时, 其固氮能力下降^[53];

非固氮树种生长过快时,即使有固氮树种存在,土壤仍然缺氮^[88];与纯林比较,有的固氮树种并不能促进主要树种的生长^[71]。这说明固氮作用是受某些条件限制的。营林生产上应注意避免这些条件的发生。生物场(林木辐射场、电磁场和热场)研究较少,但值得重视。苏联莫尔钦柯的研究指出,桦树放射的紫外线对松树、云杉枝条、树干木材生长都有很大影响,这一现象可用于解释整枝、稀疏,确定混交比例^[17]。在生物物理关系上还存在一种资源分享的时间差现象。即光合途径不同的植物,对空间资源(CO_2 等)利用时间不同,故能互相补充,避免竞争^[18]。这一原理对混交树种选择有借鉴之处。近年来,据福建林科所研究也说明,杉木、马尾松混交林具有互补 CO_2 的机制,有利于群体的光合积累,因而能提高林分产量。

生物化学关系最值得注意的是生化相克(Allelopathy),即植物彼此间由其代谢作用的产物而引起的作用。国外这方面研究较多,国内始于八十年代初期^[23]。综观有关文献^[33,36,39,43~47,50,54,58,79,89,91],可得出生化相克的某些特点:1.生化相克不仅发生于树木与树木之间,而且发生于树木与灌木、草本、苔藓类之间;2.生化相克不止是明显的抑制和消灭作用,而且还有不易观察到的生长减弱现象;3.生化相克物质大多为酚类和萜烯类,存在于整株植物中,叶、果实浓度最高;4.生化相克物可在植物中分隔地、潜在地存在,特定时间(如残体分解时)才释放;5.生化相克随土壤湿度、林木密度、林分发育阶段的不同而变化。

三、造林技术与经营措施

近10年来,国内外在混交林营造技术方面积累经验越来越多,并取得了新进展。具体表现为:混交树种选择的依据更为充分;混交方法更为实用;混交比例的作用更受重视;混交时间控制更为合理。

对混交树种的选择,一般认为应考虑三条原则:一是树种生物学特性的协调,二是立地条件的适应,三是经营目的。但就目前情况看,一方面是选择混交树种时很难同时满足上述三项要求,另一方面则是对于树种生态学特性认识较肤浅,难以对林木生长作准确的预测。因此目前无论国外还是国内都较侧重于通过大量营造混交试验林,以取得各种成功的混交组合。多年来,国内南方混交林各协作研究单位通过大量混交试验,总结出一些有效的混交组合。如与杉木混交效果较好的树种有:马尾松、柳杉、火力楠、樟树、木荷、香樟、毛竹等^[11,23];与马尾松混交的有杉木、麻栎、黎蒴栲、刺栲、木荷、台湾相思等;与桉树混交的有大叶相思、木麻黄等^[23]。当然,有了较成功的混交组合之后,在生产实践中还应注意立地条件方面的要求。据福建经验,杉木在立地条件较好的,可选楠、樟、樟混交;中等偏差的,可选松类、建柏;较差的,则可采用台湾相思等固氮力较强的树种^[25]。

关于混交方法,各国不一致,如东德、瑞士多采用团状,日本多采用带、行、团状等。我国除常用的株间、行间、带状、块状^[14]外,还由上述类型发展而成的行带式、网格式、不规则式和星状混交等类型。目前尤为值得一提的是星状混交,它是某一树种以少量的植株呈点状散生于他树种植株间的一种方法。此法既能满足一些喜光、树冠开

阔树种的要求,又可为其他树种创造良好的生长条件,种间矛盾始终不很尖锐。如浙江奉化安岩村29年生杉樟星状混交林,樟树平均比杉木高2.8米,使杉木处于樟树林冠下、冠隙中,这种方式,樟树生长时间长,29年生尚未数量成熟,也没早衰现象^[5·26]。实践证明这是一种新的、更实用的混交方法。目前,对于混交方法的采用,仍然应从大量试验和生产实践中总结,对于同立地条件,不同树种应采用不同的混交方法。

混交比例被认为是决定混交成败的重要因素。从美国、英国、苏联、芬兰等国的试验研究看,混交比例主要是影响主要树种的材积生长量,即影响蓄积量。目前混交比例一般应根据各树种在混交林中的地位、竞争能力以及造林地立地条件的优劣来确定。国外也有采用线性规划、生长模型和材积表等多种定量方法来决定混交比例^[8·5·94]。

混交时间的控制,即分期造林问题是调节种间关系的一种措施。近年来,国内的一些研究证明,有些树种,应分期造林,否则或者效果较差,或者混交难以成功。如杉木、木荷和马尾松不宜同时混交^[20];松杉混交,以先种松后种杉效果最好^[3]。

混交林之诱导及更新,国外常采用林下播种、林下种植的方法^[29·77·82]。国内对针阔混交林的诱导及更新采用的方法大致有:1.栽针保阔、2.栽针补阔、3.栽针伐阔(见缝插针、随后揭盖)、4.针阔同造、5.扶幼留阔(幼林抚育中保留有前途的阔叶幼树)、6.改造留树(低等林分保留胸径10cm以下阔叶树,再栽针叶树)等。

混交林的抚育间伐是调节种间关系的重要手段。应注意二个关键:1.抚育间伐宜及时。如松杉混交林,10—12年生时种间竞争最剧烈,在此之前及时进行间伐,才能保证林分持续生长^[21];2.不同生长时期抚育间伐方法应不同。如对于樟树人工混交林,幼林期(4—6年)应以打枝为主,调节光照,成林初期(7—9年)间伐打枝相结合,后期(>10年)则以间伐为主,并逐步淘汰辅助树种^[9]。对于抚育间伐,一般采用人工或机械方法。国外有些则采用化学抚育法^[73]。

混交林的主伐和更新方法灵活多样,可以同时伐去全部树种,再行更新,以培育大径材。如松竹混交林采伐时可逐渐伐去松树,成为块状竹林,对于其中低产的竹林,采用诱导及更新的办法再培育成松竹混交林,以后再重复上述方法^[6]。这样能以短养长,收效甚大。

四、研究方法

传统的研究方法是对混交林分的生长表型和各有关指标进行测定,近年来,由于电子计算机、生理生化及核技术的应用,使混交林的研究从外部表型进入到内在规律的探讨。

放射性同位素³²P示踪技术的应用起于五十年代的苏联。Д.Д. лавриенко等早在1954年已开始对白蜡、栎树、椴树进行³²P示踪技术研究,取得了满意结果^[1]。随后,通过对³²P的吸收、运输和排放测定确定了树种之间在水分、养分吸收上的抑制或促进作用^[64·95·80]。国内这方面研究开始于八十年代,如北京林业大学对油松、元宝枫混交林和油松、栓皮栎混交林各树种的相互关系研究,揭示了种间关系,为确定混交方法和比例提供了依据^[10]。³²P示踪技术今后仍然是种间关系研究的重要手段。

应用电子计算机来研究混交林, 开始于七十年代, 但报道还不多。国外主要是通过建立计算模型, 预测混交林种间的数量关系及生长过程, 由此决定抚育间伐最佳年龄、轮伐期等经营措施^[28, 35, 41]。国内这方面的研究尚待开展。

对于混交林生长规律的定量研究, 离不开数理统计学的应用。这方面, 国外做了一些应用研究, 其内容主要包括混交林调查的抽样方法, 混交林立木度计算, 林分生产力估测、混交林材积表的编制, 以及收获模型的建立等^[31, 34, 38, 70]。这些应用研究, 对于混交林经营具有实际意义。

生理生化技术在混交林研究中也得到越来越多的应用。国外生理生化技术主要是用于测定生化相克物质的结构、性质和生化相克作用的机理(详见本文第二部分), 用于测定林木枝条、树叶中和土壤内各元素、氨基酸和酶的含量^[60, 61, 80, 87]。由于林木枝叶营养物质(如氨基酸、糖类)的种类及含量与害虫损害有关, 因此目前一些研究正从探讨混交林树木枝叶各类营养物质种类与含量入手来研究混交林对害虫的抗性, 但目前仅处于探索阶段, 许多研究尚未定论。在混交林研究中还包括植物生理方面, 如光合作用、呼吸作用(CO_2 含量)、蒸腾作用(叶潜水、气孔抗性)和叶绿素含量测定。国外这方面的研究大都属于基础理论的探讨, 可为混交树种的选择提供理论依据。对于混交林木生理, 国内仍然缺乏深入研究, 有待开展。

五、讨论与建议

由于种间关系是混交林的核心问题, 研究树种种间关系的表现形式、作用方式, 以及养分循环规律, 对揭示混交林的本质具有重要意义。因此今后仍应加强这方面的研究。当前应从生长现象的调查阶段逐步深入到对种间关系及林分生长内在规律的研究^[13]。由此, 必须尽快采用各种新技术, 如同位素示踪(^{32}P)、电子计算机、生理生化技术等。

当然, 混交林营造及其研究涉及的问题很多, 有些试验研究仍在进行, 应以研究种间关系为手段, 探索造林成功的内在原因, 阐明哪种立地条件下采用哪种相适应的造林技术措施。因此, 目前各地必须营造各种类型的混交试验林, 并持之以恒, 定位观测, 认真总结生产实践中的成功经验或失败教训。

在研究混交林营造技术的同时还应开展经营方法的研究。在这方面, 国外已采用电子计算机技术及数理统计法预测林分生长过程、采取相应经营措施, 可予借鉴。

混交林营造的经济效益和成本核算问题研究甚少, 也是目前混交林生产推广困难的原因之一。混交林从营造、经营和主伐利用的各个环节经济效益如何, 应开展这方面的研究。关于混交林木材性质及纤维利用问题的研究, 几乎未见报道, 也应予以重视。

国内对混交林营造成功的报道较多, 而对失败经验则少总结。实际上, 混交效果不良或失败, 生产中不乏其例。国外对于混交失败都作过专门报道^[48, 58, 75, 76]。今后应加强研究, 阐明失败的机理, 以减少造林的盲目性。

可供混交选择的树种, 目前华南地区灌木种类较少, 尤其是耐荫性较强、生长较慢的乔灌木树种更少, 这是当前混交林营造的困难之一。今后应开展试验, 尽快筛选出一

批这方面的混交树种，特别是热带、亚热带植物种类繁多，是有很大潜力的。

参考文献

- [1] 孙欧等译：1958，乔木树种的磷素营养（作者：Д.Д.лавриенко），同位素辐射在植物生理学，农业化学及土壤学中的作用，科学出版社。
- [2] 干铎：1964，中国林业技术史料初步研究，农业出版社，第168页。
- [3] 汕头地区林科所、海丰县西坑林场：1978，松杉混交效果好，林业科技通讯，(3)：15。
- [4] 徐化成：1978，华北山地侧柏混交林林学特性的研究，中国林业科学，14(3)：25~27。
- [5] 尹瑞生、沈思厚：1980，对我县杉樟混交林的调查与探讨，林业科学通讯，(10)：15。
- [6] 易培同、余卫平：1982，马尾松、竹类混交林的初步分析，(12)：19~22。
- [7] 储健中、杨遮庄：1982，贫瘠丘陵地带柠檬桉与马尾松混交造林的研究，林业科技通讯，(1)：14、15。
- [8] 朱荣耀等：1983，桉树混交防护林，热带作物的研究，(1)：51~54。
- [9] 凌昌发：1983，樟树人工混交林混交试验总结，热带林业科技，(4)：44。
- [10] 翟明普：1983，应用 ^{32}P 研究混交林中油松和元宝枫的相互关系，北京林学院学报，(2)：68~72。
- [11] 吴中伦等：1984，杉木，中国林业出版社，第374页。
- [12] 张鼎华等：1984，杉木马尾松混交林和杉木纯林土壤酶的初步研究，福建林学院学报，(2)：17~20。
- [13] 徐英宝：1984，混交林的调查研究方法，广东省混交林资料专辑第一集，广东省混交林科研协作组编，第7页。
- [14] 徐英宝：1984，关于混交林的理论与实践问题，同上书，第6页。
- [15] 邓瑞文、陈天杏、冯泳梅：1985，热带人工林的光能利用与生产量的研究，生态学报，5(3)：231。
- [16] 池桂清等：1985，人工红松林土壤中蚯蚓的数量，生态学杂志，(1)：51、64。
- [17] 周长瑞：1985，国内外混交林研究概况（下），山东林业科技，(4)：19。
- [18] 罗耀华：1985， C_3 、 C_4 和CAM途径的生态学意义，生态学报，5(1)：15~27。
- [19] 黄耀坚等：1985，杉木、马尾松混交林土壤微生物生理类型的初步分析，林业科技通讯，(3)：12~13。
- [20] 曾天勋、古炎坤：1985，广东西江林场杉木、马尾松、荷木混交林分调查研究，热带亚热带森林生态系统研究，第三集，海南人民出版社，第136页。
- [21] 福建省混交林调查组：1985，闽南丘陵地区松杉混交林的调查研究，林业科学，15(2)：82~96。
- [22] 谭绍满、黄金龙：1985，托里桉混交林小气候特点初探，生态学报，5(3)：241。

- [23] 王九龄: 1986, 我国混交造林的研究现状, 林业科技通讯, (11): 1~5.
- [24] 吴诗能: 1986, 松锥混交造林试验, 林业科技通讯, (3): 15.
- [25] 陈存及: 1986, 杉木混交造林的树种选择, 中国林业, (11): 41.
- [26] 南方混交林科研协作组: 1987, 杉橡混交林种间关系和混交方式研究, 林业科技通讯, (4): 4~8.
- [27] Auclair D.: 1978, The silviculture of mixed forests. A review of the literature. Document, Centre de Recherches d'Orléans. No. 78/30, 51pp.
- [28] Baumgartner, D.M.: 1984, AGENT: an interactive computer, network. Journal of Forestry, 82(1): 53—54.
- [29] Bellon, S.: 1955, Undersowing as one of the methods of Oak regeneration. Las polski, Worszawa 29(1): 12—3.
- [30] Berben, J.C.: 1987, Spacing and growth of corsican pine and Japanese larch, Bull. etn. de la Societe Royale Forestiere de Belgique, 85(2): 61—70.
- [31] Bickerstaff, A.: 1961, The combined stocking of multiple species combinations. For. Chron. 37(1): 35—8.
- [32] Braun-Blanquet, J.: 1955, Mountain forests of the Mediterranean: the *P. nigra* var. *cebennensis* forest of Saint-Guilhem-le-Désert. Collectanea Botanica, Barcelona 4(3): 435—88.
- [33] Brooks, M.G.: 1951, Effects of Black walnut trees and their products on other vegetation, West Va., Agr. Exp-sta. Bull. 347, 31p.
- [34] Brown, H.G.: 1978, Predicting site productivity of mixed conifer stands in northern Idaho from soil and topographic variables. Soil science Society of American Journal, 42(6): 967—971.
- [35] Bullard, S.H.: 1985, Estimating optimal thinning and rotation for mixed species timber stands using a random search algorithm, Forest Science, 31(2): 303—315.
- [36] Chou, C.H.: 1972, Aelopathic mechanisms of *Arcto staphylos glandulosa* var. *zacaensis*. Am. Midl. Natur. 88: 324—347.
- [37] Clear, T.: 1944, The role of mixed woods in Irish silviculture, Irish For. (1): 41—6.
- [38] Conn, G.: 1971, Construction of a mean stem volume tariff for natural mixed hardwood stands, Inaugural Dissertation der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg, i, Br. 136pp.
- [39] Bel Moral, R.: 1980, The allelopathic effects of dominant vegetation of western of western Washington. Ecology 53: 1030—1037.

- [40] Dickamann, D.I.: 1958, Leaf area and biomass in mixed and pure plantations of sycamore and black Cocust in the Georgia Diedment. Forest Science: 31(2): 509—517.
- [41] Ek, A.R.: 1974, Forest: a computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species forest.stands. Research Report. University of Wiscorsin. No. R2635 ii+16+72pp.
- [42] FAO: 1958, Silviculture of purv and mixed forests. FAO study tour, Czechoslovakia 24 July to 18 August, 1956, final report.
- [43] Fisher, R.F.: 1978, Juglone inhibits pine nnder certain moisture regimes. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 801—803.
- [44] Fisher, R.F.: 1978, Allelopathic effects of goldenrod and aster on young sugar maple. Can. J. For. Res. 8: 1—9.
- [45] Fisher, R.F.: 1979, Allelopathy. in plant Disease: An Advanced Treatise. Vol. IV. p. 313—330.
- [46] Fisher, R.F.: 1979, Possible allelopathic effects of reindeer moss (cladonia) on jack pine and white spruce. For. Sci. 25: 256—260.
- [47] Fisher, R.F.: 1980, Allelopathy: a potential cause of regeneration failure. J. of For. 6: 346—348.
- [48] Fraser, J.W.: 1952, Seed-spotting of conifers under a mixed hard-wood stand, Silv. Leaflet, For. Br. Can. No. 67, pp3.
- [49] Fromsejer, K.: 1960, Edge plauting of Oak. Hedeselsk Tidsskr. 81 (13): 294—301.
- [50] Gant, R.E.: 1975, The allelopathic influences of Sassafras albidum in old-field succession in Tennessee. Ecology(56): 604—615.
- [51] Gohre, K.: 1954, Microclimate inrestigation in a Scots pine planting nnder a natural nurse crop of Birch, Arch. Forstw. 3(5/6): 441—74.
- [52] Hasenmaier, E.: 1964, silviculture evaluation of site surveys in virngrund (N. Wiirttemberg), and synopsis of site science in Baden-Wiitemberg and summary of the paper. Standortskunde Forsrpflziicht. No. 13: 3—90.
- [53] Heilman, P.: 1983, phytomass production in young mixed plantat-ions of Alnus rubra. and cotton wood in west Washington. Canadian Journal of Microbiology, 29(8): 1007—1013.
- [54] Horsley, S.B.: 1977, Allelopathic inhfbition of black cherry. II. Inhibition by woodland grass, fern and clubmoss. Can. j. For. Res. 7: 515—519.
- [55] Ilvessalo, Y.: 1951, Occurrence of difference kinds of forest stand in Finland, Commun. Inst. Fenn. 39(2): pp. 27.

- [56] Jameson, D.A.: 1970, Degradation and accumulation of inhibitory substances from *Juniperus osteosperma* (torr.) Little. Plant and soil 33: 213—224.
- [57] Jarv, Z.: 1959, Forest litter, Erdo 8(8): 302—307.
- [58] Kakli, M.S.: 1959, Some biological aspects of pure and mixed coniferous plantations in lower Michigan. Abstr. of Thesis. in Dissert Abstr. 20(5): 1513, O.R.S.
- [59] Kermode, C.N.D.: 1941, Mixtures in plantations. Paper (II). Proc. 5th. silvic. Conf. Dehra Dum, Item. No. 14: 362—7 367—72, 372—4.
- [60] Kernik, L.K.: 1985, Soil and stand characteristics and elemental concentration of tall shrub twigs. Soil Science Society of American Journal, 49(4): 1023—1027.
- [61] Kolesnicenko, M.V.: 1962, Biochemical interactions of Pine and Birch, Lesn. Hoz. 15(2): 10—12.
- [62] Kolesnicenko, M.V.: 1963, The forms of interaction between woody plants, Lesn. Z, Arhangel'sk 6(2): 52—54.
- [63] Kolesnicenko, M.V.: 1964, The need to consider biochemical influence of trees, Lesn. Hoz. 17(9): 15—19.
- [64] Kolesnichenko, M.V.: 1978, Biochemical effect of some wood plants on the Norway Spruce, Journal of Ecology 9(4): 325—28.
- [65] Kolesnichenko, M.V.: 1982, Choice of associate species for mixed plantations of *Quercus borealis* (Q. rubra.), Zesnoe khozyaistvv, No. 6, 36—37.
- [66] Kosarev, N.G.: 1983, Yield and wood quality of oak in plantations and natural stands in the central forest-steppe, Lesnoe khozyaistov, No. 6, 66—68.
- [67] Kunanz, H.: 1953, Mixed forest. Allg. Forst-u. Jagdztz, 124(6): 157—68.
- [68] Lappi—Seppala, M.: 1938, The raising of mixed stand. Silva Fenn. 46 (132—44 and 241)
- [69] Lyapova, I.: 1980, Growth of *Pinus nigra* pure and mixed with *Tilia tomentosa* in young plantations. Gorskostopanska Nauka 17(4): 23—29.
- [70] Lynch, T.B.: 1984, Diameter distribution growth and yield models for mixed species forest stands. Thesis summary. FA. 45(7): 389—390.
- [71] Malcolm, D.C.: 1984, *Fronkia* symbiosis as a source of nitrogen in forestry: a case study of symbiotic nitrogen—fixation in a mixed

- Alnus*—*Picea* plantation in Scotland. In Symbiosis and plant nutrition. Proceeding of the Royal Society of Edinburgh, B, 263—282.
- [72] Milojkovic, D.: 1958, Structure and volume increment investigations in even-aged Vak/Hornbeam stands in the Gornji.Srem forests. Tak. Beogranci No.15: pp220.
- [73] Martynov, A.N.: 1982, Chemical tending of Spruce in area subject to frost damage, Lesnoe khozyaistvo, No.4: 50—51.
- [74] Masinskij, A.L.: 1964, The role of rvyt systems in the formation of stands. Lesn.Hoz.17(10): 20—21.
- [75] Mosin, V.I. 1960, Caragana arborescens—a bad associate for *Pinus sylvestris*. Lesn.Hoz.12(8): 35.
- [76] Norback, G.: 1948, Mixed stands of Oak and Norway Spruce. Sreaska Skogsv Foren. Tidskr.46(1): 19—24.
- [77] Parant, E.: 1953, The conifer as an aid in the conversion of broad-leaved coppice. Rev.for.franc.5(3): 341—6.
- [78] Pejovic, D.: 1963, Research on the diameter increment of Beech, Norway Spruce, and silver Fir in pure and mixed stands in the Goliza region, Sumarstvo.16(6/9): 229—40.
- [79] Donder, F.JR.: 1985, Juglone concentration in soil beneath black walnut interplanted with nitrogen fixing species. Journal of chemical Ecology, 11(7): 937—942.
- [80] Rahteenko, I.N.: 1958, The seasonal cycle of uptake and excretion of mineral nutrients by the roots of three species, Fiziol Rast. 5(5): 447—50.
- [81] Rudolph, V.J.: 1964, Analysis of growth and stem quantity in mixed hardwood plantings. Quart.Bull.Mich Agric.Exp.Sta, 47(1): 94—112.
- [82] Sapanov, M.K.: 1983, Effect of tendings on the growth of *Guercus robur* in plantations in the northern Caspian region. Lesovedenie, No. 6: 35—41.
- [83] Savin, E.N.: 1958, An experiment in the rehabilitation of Ash stands in the droughty steppe, Soobse, Inst.Les, No.10: 25—36.
- [84] Seholz, H.F.: 1984, Diameter-growth studies of Northern Red Oak and their possible silvicultural. Iowa St.Coll.F.Sci.22(4): 421—429.
- [85] Singh, S.B.: 1981, Linear programming for determining quantitative composition of species in a mixed plantation, Indian Forester, 107 (11): 682—692.
- [86] Soloduhin, E.D.: 1959, The coppice regeneration of some woody species of the (Soviet) Far East. Bot.Z, 44(9): 1314—24.

- [87] Spakhov, Yu.M.: 1974, Features of growth and content of three amino acids in wood plants in mixed plantations, Genet, Seleksiya i introduk tsiya les.porod.No.1: 121—127.
- [88] Steinbeeck, K.: 1984, Growing short rotation forests in the south-eastern U.S.A.In Bioenergy 84, Pro-Volume II, 63—69.
- [89] Stewart, R.E.: 1957, Allelopathic potential of western bracken.J. chem.Ecol.1: 161—169.
- [90] Tarrant, R.E.: 1963, Accumulation of organic matter and soil nitrogen beneath a plantation of Red Alder and Douglas Fir.Proc.Soil Sci.Soc.American.27(2): 231—4.
- [91] Tubbs, C.H.: 1973, Allelopathic relationship between yellow birch and sugar maple seedlings.For.Sci.19: 139—145.
- [92] Voron, V.P.1979, The effect of industrial air pollution on the health of forest plantations in the Carpathian foothills, Lesovodstvo i Agrolesomeliorsiya, No.53: 53—57.
- [93] Zabala, N.Q.: 1975, Interaction of Anthocephalus chinensis (Lamk.) Rich, ex.Walp and Albizia falcata (L.) Fosb.Pterocarpus, 1: 1—5.
- [94] Zschypke, W.: 1978, Model calculations on yield and business economics of temporary admixtures of spruce to beech stands, Allgemeine Forstzeitung.No.42: 1246—1247.

(上接第20页)

4. 杉松混交林抚育间伐应注意的问题

杉松混交林抚育间伐主要以杉木的生长情况来决定,当松树的枝叶遮盖着杉木的上方,影响杉木生长时,则应及时将松树枝条修掉,保证杉木的生长有上方光照和吸收雨露,随着林龄的增长,林分密度太大时,则应分期分批进行间伐。间伐的方法可以参照一般的技术措施进行。但是,在间伐中,千万不要把马尾松全部砍掉,必须注意保持松树比例在五分之一至三分之一之间,视立地条件优劣而增减。由于实践证明,间伐时若把松全部砍光成杉木纯林时,又会出现混交马尾松以前的不良现象。

海丰县西坑林场杉松混交林的调查研究

广东省混交林科研协作组 省所课题组

汕头课题组 海丰县西坑林场

一、调查方法

本调查研究主要在生长比较好的林分中,采用杉松混交林与杉木纯林对比法进行调查。即尽量在同一坡向、坡度、同一土壤类型上,选择相同造林措施的杉松混交林和杉木纯林设置标准地(面积0.5~1亩)进行调查。力求排除造林前原有植被、土壤、地形等可能存在的不同立地因子所造成的林木生长差异和土壤理化性质的差异。在标准地内每木调查胸径、树高、冠幅,并计算其平均值和标准误差;统一用实验形数 $[ΣV = f*ΣG(H+3)]$ 法计算材积,在主要的标准地内挖三个土壤剖面分层(0~20cm, 20~45cm, 45~90cm以下)分别取土样进行分析。采用土柱法(50×50cm)调查林地根量。枯枝落叶量采用样方法调查。用温湿度计同时测定混交林和纯杉林的气象因子。测定土壤理化性质的项目包括:有机质(重铬酸钾法)、全氮(凯氏法)、全磷(硫酸—高氯酸法)、全钾(火焰光度计法)、速效钾(火焰光度计法),PH(电位法)、碱解氮(扩散皿法)、速效磷(碳酸氢钠法),自然含水量(酒精燃烧法)、土壤孔隙度(比重法)。供比较的数据应用数理统计t分布理论进行检验其差异性。

二、调查结果与初步分析

(一)杉松混交林的效益

1.在不很适宜杉木生长的立地条件中,促进杉木生长,改进杉木“小老头”林效果显著。

如表1、表2可知,原杉木“小老头”林或低产林经混交种植了马尾松后,均不同程度地促进了林分各生长因子的生长。使只活不长的“小老头”林,生长出杉木材,使杉木低产林成为较速生的林分。例如1985年1月在广东省西坑林场杨梅窝杉松混交林的调查结果(表2)可知,杉松混交林与纯林中的杉木保存率、平均胸径、平均树高、平均冠幅、单杉蓄积、林分蓄积等均达到了显著差异或极显著差异水平,前者比后者分别大7.8%、28.40%、28.81%、68.18%、111.69%、176.48%;叶面积指数前者是后者的9倍多。

* 马尾松 $f=0.39$, 杉木 $f=0.42$

2. 杉松混交林的生物量比杉纯林大。由表3可知, 杉树标准木生物量前者比后者大106.90%, 单杉亩总生物量前者比后者大123.07%, 林分亩总生物量前者比后者大176.94%。根系是植物向地下吸取营养和水份, 以及固定植物的重要器官, 据调查杉松混交林杉木的根系数量、质量都比纯杉林多和好。在林地根系调查中所知, 杉木的粗根、细根和林地根系总重量混交林分别比纯林大23.79%, 8.60%, 34.80%; 而且粗根(2mm以上)和林地根系总重量达到了显著差异水平(详见表4)。在标准木根系调查中也作了同样的证明(如表5), 不仅在各种规格粗度根系的数量, 还是在各种规格长度根系的数量, 杉松混交林都比纯杉林多。

3. 早混交种植马尾松比迟混交种植马尾松的林分好。调查材料表明(见表1)在同等立地条件下, 先种杉5年和7年后混交种植马尾松的两种林分中(表GHI栏), 其杉木保存率、平均树高、单杉蓄积和林分蓄积前者比后者分别大154.8%、4.72%、106.26%和48.64%; 只有平均胸径前者比后者小0.6%, 原因是前者保留密度大所致。此外, 杉松同时造林的林分比先杉后松好, 先种马尾松4年后种杉的林分又比杉松同时造林好。

(二) 杉松混交林成功的机理

1. 种间关系协调共济, 有利于杉木生长

杉松混交林是浅根性与深根性树种的混交, 是中性偏阴树种与强阳性树种的混交, 马尾松又是适应性很强, 速生的先锋树种, 因此, 它们具有种间互助、协调共济地促进杉木生长的作用。

(1) 林分结构

林分结构是林分中各林木的生长、互助、竞争结果的具体表现。据调查, 未受人为破坏的杉松混交林的林相整齐, 一般是杉松同层。但是, 若先造松比造杉大于一个龄级的林分, 其初期则成为松在上层, 杉在下层。然而, 不管是那一种林分, 两树种都能正常生长, 马尾松在上层、杉木在下层的林分中, 不但马尾松能正常生长, 而且, 杉木在马尾松的蔽护下也充满着生机, 茁壮地成长。马尾松和杉木同层的林分中, 杉松枝叶相互交错, 其主梢竞争向上生长, 而在杉木纯林中, 杉木没有伴生树种马尾松的保护, 杉木得不到正常生长所需的生态环境, 出现枝下高比例大, 枝叶枯黄, 主梢衰弱甚至枯死的现象。

(2) 根的关系

据8501号标准地的调查结果: 供调查的杉木胸径为11.1cm, 树高为8.8m; 马尾松的胸径为9.1cm, 树高为8.0m; 两株相距1.6m。见图1可知, 杉木主根不明显, 侧根发达, 垂直分布主要在0~30cm之间, 水平分布宽在200~300cm, 根系密集分布在100cm以内, 且分叉很多, 平面交织成网状。而马尾松根系的主根发达, 扎根深在1m以下, 侧根少而粗, 垂直分布主要在0~50cm之间, 水平分布在250~350cm以上。可见, 杉木根系主要分布在上层, 而马尾松根系深入下层, 而且杉木的水平根系, 还随着马尾松根系的旁边沿伸生长。因此, 两树种的地下部分没有发生明显的互相排挤, 争夺土壤水分、营养物质和妨碍它们正常生长的现象, 另马尾松根系的先锋开路作用, 可以使土壤疏松, 改善土壤理化性质, 有利于杉木的根系的生长。

表 1

海丰县西坑林场杉松混交林与纯杉林生长情况表

编号	标准地号	调查地点	林分经营措施概况	立地条件状 况	造林时间	调查时间	树种	密度 (株/亩)	平均胸径 (cm)		平均树高 (m)		各种蓄积 (m ³ /亩)		林分蓄积 (m ³ /亩)	
									平均	年平均	平均	年平均	总值	年平均	总值	年平均
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
					1971	1978年 5月	杉木	156	8.4	1.14	5.7	0.78	3.15150.4318		3.9360	0.3821
A	7805	海丰县西坑 崎溜子	马尾松或整地 在下,穴星整地 间种一般植抚育管 理。	低地、山坡中肥植 部,土壤中等,箕为 挑主。	1967	1978年 5月	马尾松	63	7.1	0.69	5.4	0.52	0.81150.0773			
B	7807	同上	穴星整地一般抗 造林,管理。	同上	1971	同上	杉木	209	2.5	0.34	2.1	0.29	0.21030.02880.2103			0.0288
C	7806	海丰县西坑 上深游	穴星整地,并行尾 造在间播一般抚 育。	同上	1971	同上	杉木	226	6.8	0.93	5.2	0.71	2.63120.3604		3.0797	0.4219
					1971	同上	马尾松	128	4.0	0.55	4.1	0.56	0.44850.0614			
D	7816	海丰县西坑 铁寮角	同上	低地、山坡中肥,一 般,箕、鹧鸪草为主。	1972	同上	杉木	193	4.3	0.68	3.1	0.49	0.77150.1234		1.0594	0.1682
					1972	同上	马尾松	85	4.0	0.63	3.6	0.57	0.28790.0457			

续表 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
E	油 混 7801	海丰县 林西场 径坑	穴种后带, 或马尾管理。 垦杉全并, 垦在直播一般。	丘陵、中土等, 野山壤植。 陵中, 以金娘为主。	1960	同上	杉木	118	8.2	0.47	7.0	0.40	2.64630.1529		5.0364	0.2911
					1965	同上	马尾松	108	7.5	0.61	6.8	0.55	2.39010.1943			
F	油 混 7809	海丰县 林西场 龙坑	穴种后带, 或马尾管理。 垦杉全并, 垦在直播一般。	同上	1971	1978年 5月	杉木	205	8.1	1.10	5.6	0.77	3.90420.53483.9042	0.5348		
					1964	同上	杉木	138	5.6	0.42	4.4	0.31	1.05070.0790		1.9227	0.1446
G	油 混 7811	海丰县 林西场 窝坑	穴种后带, 或马尾管理。 垦杉全并, 垦在直播一般。	丘陵、中土等, 野山壤植。 陵中, 以金娘为主。	1967	同上	马尾松	98	6.2	0.60	4.7	0.46	0.82700.0847			
					1960	同上	杉木	158	5.5	0.32	4.6	0.27	1.06590.0616		2.5052	0.1448
H	油 混 7817	海丰县 林西场 坑	穴种后带, 或马尾管理。 垦杉全并, 垦在直播一般。	同上	1965	同上	马尾松	93	8.3	0.67	5.5	0.45	1.43950.1170			
					1960	同上	杉木	62	5.6	0.32	4.4	0.26	0.71700.0414			
I	油 混 7812	海丰县 林西场 坑	穴种后带, 或马尾管理。 垦杉全并, 垦在直播一般。	同上	1967	同上	马尾松	66	6.0	0.58	4.9	0.48	0.49780.0483			
															1.2148	0.0702