杉木种子园种子产量及其主导影响因子的分析

方乐金¹ 施季森²

(¹ 黄山学院, 安徽黄山 245000) (² 南京林业大学, 南京 210037)

摘要 为研究我国杉木种子园产量的主导影响因子及影响效应, 调查收集了安徽西田、福建洋口 and 官庄、广东小坑 4 个林场杉木(*Cunninghamia lanceolata*) 种子园历年种子产量及与种子生产年份对应的有关气象资料, 以开花受粉、幼果发育各个不同时期的 20 个气象因子与种子产量进行逐步回归分析, 探讨我国杉木种子园产量的大小年现象及周期特征。研究结果表明, 杉木种子园投产初期大小年现象不显著, 投产中、后期大小年现象出现的年度及周期特征完全一致, 种子大小年周期一般为 2~3 年。在同一地区气候条件相似的情况下, 即使立地条件、无性系组成、母树密度等环境因子及管理技术有差异, 种子产量周期特征也完全一致, 表明气象因子是杉木种子园产量的主导影响因子。开花受粉期和幼果发育期的气候均有利, 将形成种子大年, 如都不利的话, 将形成种子小年, 甚至颗粒无收。开花受粉期气候有利而幼果发育不利或开花受粉期气候不利而幼果发育期有利, 将形成种子平年或种子小年。一个地区气候状况在不同年份间的周期性改变, 致使杉木种子园产量也发生周期性的变化。杉木分布的南带、北带、中带区域间, 种子产量大小年发生年度和周期不一致。在目前人为不可能改变气候的情况下, 利用不同地区种子产量周期不一致的特征, 进行地区间的种子余缺调剂是简易可行的有效途径。

关键词 杉木(*Cunninghamia lanceolata*) 种子产量 大小年周期 气象因子

A STUDY ON RELATIONSHIP BETWEEN THE SEED CROP IN THE CHINESE FIR ORCHARDS AND METEOROLOGICAL FACTORS

FANG Le-Jin¹ and SHI Ji-Sen²

(¹ Huangshan College, Huangshan, Anhui 245000, China)

(² Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract Chinese fir(*Cunninghamia lanceolata*) is recognized as a highly productive, valuable tree species in the sub-tropical region of China. Chinese fir is monoecious, and self-fertilization is possible because time of pollen dispersal and seed cone receptivity overlap on the same tree. Since 1980s, 3 500 hm² seed orchards of Chinese fir have been established, in order to provide lots of superior seeds for the plantations. However, it takes about two-years from flower differentiation (from axillary buds of current-year lateral shoots) to seed maturity. Many factors affect the seed crops during the flower differentiating, pollination and seed development phases. As a result, master years vary from region to region, and a good seed crop generally occurs every 2-3 years. In this case, the managers of the seed orchard meet a lot of challenges to manage the seed orchard of Chinese fir well. Based on the data of annual seeds crop of Chinese fir orchards and corresponding meteorological factors collected from four forestry farms of Xitian, Anhui province; Yangkou and Guanzhuang, Fujian province; Xiaokeng, Guangdong province respectively, the Step Regression Analysis between seeds crops and 20 meteorological factors during anthesis, pollination and pubera was conducted so that the key factors to affect the seed crop would be detected. Furthermore, the phenomena and meteorological reasons for the cycle of good and poor seeds year in Chinese fir orchards were also discussed. The results showed that there existed the phenomena of the fruiting cycle in the orchards of Chinese fir for different ages and various growth zones, and the cycle is 2-3 years rather than 4-5 years. Rainfall and sunlight during pollination and pubera affected the fruiting cycles significantly. When these two factors are abnormal, the pollination in the Chinese fir orchard was hindered. Although it changes with environment of orchards, clones and density of orchards, the cycle is closely related with meteorological factors especially in March (pollination period). The changes of the cycle will be more dramatic when rainfall and sunlight in June and July are unfavourable for young cone development. It would be a good seed year if the weather conditions are favourable both for pollination and pubera phrase, otherwise it would be a poor seed year. At the same time, the suggestions to solve the problem of the fruiting cycle in Chinese fir orchards were discussed in the paper.

Key words Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*), Seeds crop , Fruiting cycle , Meteorological factors

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方特有的主要用材树种,从 20 世纪 80 年代初期至今,已在杉木分布区投资营建了 3 500 hm² 杉木种子园,为我国林业建设提供了大量种子园良种(方乐金,2000)。但这些种子园投产后,种子产量出现大幅度的波动,出现明显的大年(丰产年)、小年(歉收年)及平年(产量处于中间状态)现象。大年可有 112 kg·hm⁻² 的高产,小年却只有 0.85 kg·hm⁻² 的低产,大小年之间产量相差 19~246 倍(方乐金等,2001)。种子园产量在年份间的悬殊差异既影响种子园经营单位的经济效益,又加剧了生产用种的余缺矛盾(周勇,1988),大年种子剩余过多,小年种子缺口大,给造林生产造成被动局面。故众多林木种子工作者对影响杉木种子产量的因素开展了诸多研究和探讨。有些学者认为杉木的抽枝长叶、开花结果和花芽分化,在一年中是同时进行的,当年结果过多,养分消耗过大,没有足够的养分进行花芽分化或花芽分化不完全,翌年就成为小年了,因此主张通过施肥途径维持树体营养生长和生殖生长的平衡(蒋恕等,1988;1989;1991;张献义等,1992;施季森等,1994)。据此开展的杉木种子园施肥试验虽取得一定效果,但种子产量效应不明显。较多的学者则认为气象因子是影响用材林种子园产量的主要因素,并依此对种子园产量开展了短、中期预测研究(陈幼生等,1990;方升佐等,1991;1992;喻方圆等,1996)。但哪些具体气象因子是主导因子,影响的程度如何未能明确,尤其未能提出相应对策。本文在前人研究的基础上,对杉木种子园产量与气象因素的关系进行深入分析,试图找出主导影响因子,为平衡我国杉木种子供需矛盾提出建议。

1 资料来源与处理方法

研究调查了安徽西田、福建洋口和官庄、广东小坑 4 个林场杉木种子园 7 个历年种子产量记载完整的大区,并收集种子园所在地区气象部门与种子生产年份对应的有关气象资料。以开花受粉、幼果发育各个不同时期的 20 个气象因子,对种子产量进行逐步回归分析,试图找出影响种子产量的主要气象因子。为搞清哪个气象因子影响显著,在回归分析前对各气象因子逐个进行显著性检验,淘汰不显著因子后,再进行回归分析,建立最优回归方程。回归分析模型为:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_i X_i$$

其中, Y 为种子产量, X_i 为气象因子, b_i 为气象因子的回归系数, a 为回归常数。 b_i 、 a 在回归分析中求得。全部数据输入计算机后用 SAS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 杉木种子园种子产量的周期特征

按杉木种子园的地理位置,分成南(广东小坑林场)、北(安徽西田林场)、中(福建洋口、官庄林场)3 个区域,作出年份产量分布图(图 1~3)。从 3 个区域的产量分布图明显可见,杉木种子园投产初期(5~8 年)产量周期不明显,进入盛果期后则呈现明显的产量周期。在某个区域内,由于气候条件一致,即使不同大区的树龄、投产年限有异,其产量周期特征也几乎完全一致,即大年时,不同大区、树龄的种子园都相对高产,小年时都相对低产。如图 1~3 所示,福建洋口、官庄 3 个种子园大区,安徽西田 3 个大区,树龄、投产年限均不相同,而产量周期却明显一致。广东小坑虽然只有种子园的总产量,但盛果期的产量周期特征却非常明显。杉木种子园盛果期的产量周期一般在 2~3 年之间,少有 4~5 年。从图 1~3 还可以看出,南、北、中 3 个区域发生大小年的年度不一致,如安徽西田的大年(1988、1991、1993)却是福建小年或平年;福建洋口、官庄的大年(1989、1992、1994、1996)在安徽却是小年。广东小坑种子园,大年的年度有时与安徽西田相同(1983、1984、1991),有时与福建相同(1989、1994)。这种南、北、中大小年发生的不一致性,对平衡杉木用种,进行余缺调剂极为有利。因此,可由国家林业种苗管理部门统一部署杉木种子园,统一使用中心产区的建园材料,统一调拨种子(种源试验研究已为这种统一调拨提供了依据),在整个杉木分布区内既能做到平衡供种,又能保证种子的遗传品质。

2.2 杉木种子园产量的主导影响因子分析

2.2.1 立地条件与管理技术

安徽西田种子园 3 个大区不同年度种子产量曲线图表明(图 2),在同一地区气候条件相似的情况下,各大区间立地条件、无性系组成、母树密度等环境因子及管理技术都有较大的差异,而种子产量大小年现象出现的周期特征完全一致,只是大区间的相对产量具有较稳定差异,说明这些因素对大小年

现象的发生不起作用。福建洋口、官庄种子园虽为两个林场管辖,但相距较近,气候条件基本一致,因而种子产量大小年现象出现的周期特征亦完全一致(图1)。虽然安徽西田种子园与福建洋口、官庄种子园种子产量大小年现象出现的年度不同,但这是由于两地间相距较远,气候条件差异较大所致。杉木种子产量的周期特征充分表明,气象条件是种子产量的主导影响因素。

图1 福建洋口、官庄林场杉木种子园产量年度分布图
Fig.1 Annual seed crop dynamics of the *Cunninghamhamia lanceolata* in the Yangkou and Guanzhuang seed orchards, Fujian province

图2 安徽西田林场杉木种子园产量年度分布图
Fig.2 Annual seed crop dynamics of the *Cunninghamhamia lanceolata* in the Xitian forestry farm, Anhui province

图3 广东小坑林场杉木种子园产量年度分布图
Fig.3 Annual seed crop dynamics of the *Cunninghamhamia lanceolata* in the Xiaokeng seed orchard, Guangdong province

2.2.2 气象因子

由安徽西田、福建洋口、广东小坑4个杉木种子园8~18年种子产量与有显著效应的气象因子建立的回归方程看出(表1):不同区域种子园,甚至同一区域不同大区间,影响种子产量的气象因子随土壤、地形、海拔、坡向等立地因子不同而异。因不同气象因子的单位、数值不同,表1各回归方程因子间的影响大小难以比较,故也同时建立标准化回归方程,便于按回归系数大小判断其对种子产量的影响程度。

从表1标准化回归方程可见,西田17大区建园材料为本地起源的亲本,3月的日照时数(X_7)的回归系数 $b = -0.53$,其绝对值最大,表明对种子产量负效应最大。其次为3月中旬的降雨量(X_2 , $b = -0.49$),日照时数、降雨量越大,负效应越明显。如1983、1988、1991、1993年3月日照时数(85.3~94.2 h)和3月中旬降雨量(72~83 mm)均接近或小于20年均值(93.9 h 80 mm),种子产量则呈大年;1987年3月日照时数(88.2 h)小于均值,但降雨量(121.1 mm)却大于均值51.4%,种子产量则呈小年;1990年降雨量(39.8 mm)小于均值,而日照时数(124.8 h)却大于均值32.9%,种子也极少。另外,3月下旬降雨量(X_3)、6月均温(X_{12})高,对种子发育有利;3月上旬相对湿度(X_4)高则不利,但没有日照时数和降雨量明显。

种子园母树的雄花球需气温达到20℃以上,花粉囊才开始分裂(吴琼美等,1995)。各年度气温不同,盛花期出现的时间亦有差异,但大多数年度均在3月中、下旬,该期间的降雨量和日照时数对种子园母树的开花传粉影响极为显著。阴雨连绵的气候,花粉粒吸水增重,无法飞扬,授粉不良导致种子园产量出现小年。适当的日照利于开花传粉,然而日照过强、时数过多,易使雌花柱头粘液干缩,即使传粉多,雌花也无法吸附花粉粒,反而导致受粉不良。杉木授粉期间,当降雨量和日照时数两个因子高于或低于一定范围,都会妨碍授粉过程。只在既不影响雄花传粉也不影响雌花受粉的条件下,种子园母树才能获得较高的受粉率而呈现丰产年景。

杉木受粉后要等到6月下旬才开始受精形成合子,以后是漫长的种子发育期,直至11月上旬种子成熟(陈幼生等,1990;方升佐等,1991;1992;喻方圆等,1996)。7、8月的气候条件对种子发育具有重要的影响,该期间雨量分配均匀,干旱现象不明显,对种子发育有利,若雨量集中,导致日照时数超常而严重干旱,种子胚胎发育将受阻,部分球果甚至终止

表 1 杉木种子园产量与气象因子回归分析表
Table 1 Regression analyses between the seed crop of *Cunninghamia lanceolata* and meteorological factors

种子园区号 Seed orchard and its block number	回归方程 Regression equation	复相关系数 Correlation coefficient (R^2)
安徽西田 17 大区 Xitian 17, Anhui	$Y = 57.429\ 7 - 0.351\ 4X_2 + 0.149\ 9X_3 - 0.813\ 1X_4 - 0.459\ 2X_7 + 3.503\ 1X_{12}$ ($Y^* = -0.492\ 6X_2^* + 0.221\ 9X_3^* - 0.269\ 6X_4^* - 0.527\ 2X_7^* + 0.208\ 4X_{12}^*$)	0.36
安徽西田 12 大区 Xitian 12, Anhui	$Y = 600.938\ 8 - 0.170\ 3X_{14} - 0.617\ 6X_{15} - 5.307\ 0X_{17}$ ($Y^* = -0.664\ 1X_{14}^* - 1.197\ 5X_{15}^* - 0.930\ 4X_{17}^*$)	0.62
安徽西田 11 大区 Xitian 11, Anhui	$Y = -140.438\ 5 - 0.488\ 0X_2 + 0.457\ 6X_4 + 1.879\ 5X_5 - 1.938\ 5X_6 - 0.314\ 3X_7 -$ $0.068\ 9X_{10} + 10.499\ 5X_{11} - 8.450\ 9X_{12} - 0.469\ 3X_{13} - 0.596\ 3X_{15} - 6.761\ 7X_{17}$ ($Y^* = -0.897\ 2X_2^* + 0.202\ 0X_4^* + 0.499\ 1X_5^* - 0.167\ 2X_6^* - 0.486\ 2X_7^* -$ $0.316\ 3X_{10}^* + 1.064\ 8X_{11}^* - 0.628\ 5X_{12}^* - 0.668\ 6X_{13}^* - 1.572\ 5X_{15}^* - 1.565$ $6X_{17}^*$)	1.00
安徽西田 7 大区 Xitian 7, Anhui	$Y = -280.584\ 4 + 0.542\ 3X_1 - 0.416\ 6X_2 + 0.423\ 6X_5 - 0.837\ 7X_6 - 0.174\ 6X_7 +$ $4.325\ 7X_{11} - 1.179\ 3X_{12} + 3.253\ 2X_{16} - 1.255\ 1X_{17} - 0.244\ 0X_{18} + 0.018\ 7X_{19}$ ($Y^* = -0.696\ 3X_1^* - 0.985\ 5X_2^* + 0.148\ 8X_5^* - 0.092\ 9X_6^* - 0.347\ 6X_7^* +$ $0.564\ 5X_{11}^* - 0.112\ 9X_{12}^* + 0.445\ 5X_{16}^* - 0.373\ 9X_{17}^* - 0.719\ 8X_{18}^* + 0.258$ $7X_{19}^*$)	1.00
福建官庄 1 代 Guanzhuang 1, Fujian	$Y = 271.965\ 9 - 0.733\ 1X_7 - 2.583\ 6X_{17}$ ($Y^* = -0.542\ 6X_7^* - 0.565\ 7X_{17}^*$)	0.74
福建官庄 2 代 Guanzhuang 2, Fujian	$Y = 154.548\ 2 - 2.600\ 9X_{17}$ ($Y^* = -0.790\ 3X_{17}^*$)	0.62
福建洋口种子园 Yangkou, Fujian	$Y = 813.849\ 8 - 0.241\ 0X_1 - 0.111\ 0X_3 - 0.750\ 8X_4 - 0.366\ 1X_7 - 0.422\ 5X_{10} +$ $0.807\ 4X_{11} - 0.266\ 4X_{14} - 0.012\ 5X_{15} - 0.244\ 6X_{18} - 0.104\ 5X_{20}$ ($Y^* = -0.744\ 7X_1^* - 0.442\ 3X_3^* - 0.844\ 5X_4^* - 0.516\ 7X_7^* - 0.917\ 8X_{10}^* +$ $0.322\ 5X_{11}^* - 0.840\ 6X_{14}^* - 0.444\ 4X_{15}^* - 0.405\ 1X_{18}^* - 0.920\ 1X_{20}^*$)	0.77
广东小坑种子园 Xiaokeng, Guangdong	$Y = 188.477\ 0 + 25.941\ 5X_8 - 30.561\ 9X_9$ ($Y^* = 0.445\ 4X_8^* - 0.365\ 2X_9^*$)	0.28

括号内为标准化回归方程, Y^* 、 X_k^* 分别为 y 、 X 因子的标准化变量 Standardized regression equation are showed in the parentheses, Y^* and X_k^* represent standardized variables of Y and X respectively

X_1 : 3 月上旬雨量 Rainfall in the first ten days of March X_2 : 3 月中旬雨量 Rainfall in the middle ten days of March X_3 : 3 月下旬雨量 Rainfall in the last ten days of March X_4 : 3 月上旬相对湿度 Relative humidity in the first ten days of March X_5 : 3 月中旬相对湿度 Relative humidity in the middle ten days of March X_6 : 3 月中旬均温 Mean temperature in the middle ten days of March X_7 : 3 月日照时数 Sunshine hours in March X_8 : 3 月上旬极低
温 Minimum temperature in the first ten days of March X_9 : 3 月中旬极低温 Minimum temperature in the middle ten days of March X_{10} : 6 月下旬雨量
Rainfall in the last ten days of June X_{11} : 6 月平均相对湿度 Mean relative humidity in June X_{12} : 6 月均温 Mean temperature in June X_{13} : 6 月日照时
数 Sunshine hours in June X_{14} : 7 月上旬雨量 Rainfall in the first ten days of July X_{15} : 7 月日照时数 Sunshine hours in July X_{16} : 7 月均温 Mean tem-
perature in July X_{17} : 7 月平均相对湿度 Mean relative humidity in July X_{18} : 8 月日照时数 Sunshine hours in August X_{19} : 年降雨总量 Annual precip-
itation X_{20} : 年积温 Annual accumulative temperature (> 10 ℃)

发育而落果,使种子产量剧减,如安徽西田种子园 7 大区、11 大区、12 大区在 1989、1995、1996 年,福建洋口种子园在 1991、1993、1995 年均因雨水偏少而种子歉收(图 1、图 2)。

其它种子园及大区的回归方程因立地因子不同而异,气象因子数多少不一,效应也不同。这种现象可用限制因子解释,在某种环境条件下,当某一气象因子严重不足时,该因子即成为限制因子,与产量呈显著正相关;当某一因子严重过剩时,也会成为限制因子,与产量呈明显负相关。但综合而言,在开花受粉期(南部 3 月上旬,中部和北部 3 月上、中旬之间)和幼果发育期(6 月下旬至 7 月上旬)的气候影响较为一致。

回归模型的生态学意义表明,从花芽分化到种子成熟由一系列相互区别又相互联系的阶段构成。

一个阶段良好天气的有利作用,也可能被后面某些阶段恶劣天气所造成的不良影响抵消。对于雌雄异花的杉木树种来说,雌芽数量是形成产量的基础,足够的花粉和较高的受粉率是种子丰产的条件。对于某个投产的种子园,其亲本的遗传组成是固定的,它决定了雌雄花的数量和组成比例,影响该种子园整体产量的高低。而产量高低的周期性出现,则取决于不同年份气象因子对受粉、幼果生长发育的影响程度。

2.2.3 杉木种子产量周期与气象因子的关系
杉木种子产量的大小年与气象因子关系密切,虽然因种子园地理环境、无性系产地、种子园密度等影响而有变化,但最主要的是 3 月花期的气候条件。花期如遇长期阴雨,则授粉、受精不良,座果率下降,甚至开花而不结果,大年可以变小年,致使大小年周

期长短不一。其次,6~7月幼果发育期降雨量、日照时数严重过剩或不足,也会加剧大小年的形成和周期的变化。若花期和幼果发育期的气候条件均有利,将形成种子大年;花期气候有利而幼果期不利或花期气候不利而幼果期有利,将形成种子平年;两个时期气候条件均不利,则可能形成种子小年,甚至颗粒无收。一个地区的气候状况通常在2~3a间呈周期性改变,致使杉木种子园产量也常发生2~3a周期性的变化。

3 结 论

1)杉木种子园投产初期大小年现象不显著,投产中、后期大小年现象出现的年度及周期特征完全一致。种子大小年周期一般为2~3a,少有4~5a。

2)在同一地区气候条件相似的情况下,各大区间接地条件、无性系组成、母树密度等环境因子及管理技术都有较大差异,而种子产量周期特征却完全一致,说明气象因子是杉木种子园产量的主导影响因子。气象因子主要由开花受粉期和幼果发育期的降雨量和日照所决定,且前者影响程度高于后者。两个时期气候均有利,将形成种子大年,如都不利的话,将形成种子小年,甚至颗粒无收。开花受粉期气候有利而幼果发育期不利或开花受粉期气候不利而幼果发育期有利,将形成种子平年或种子小年。一个地区气候状况在不同年份间的周期性改变,致使杉木种子园产量也发生周期性的变化。

3)杉木分布的南带、北带、中带区域间,气候条件差异较大,杉木种子产量大小年发生年度和周期不一致。在目前人为不可能改变气候的情况下,利用不同地区因气候条件差异而发生的种子产量周期不一致,进行地区间的种子余缺调剂是简易可行的有效途径。建议国家林木良种主管部门在今后杉木种子园营建中,打破行政区划,在不同气候区统筹规划,统一选用优良种源区的建园亲本,统一调拨种子,在整个杉木分布区内既能平衡供种,又能保证种子的遗传品质。

参 考 文 献

Chen, Y. S. (陈幼生) & S. Z. Fang (方升佐). 1990. Studies on short-term forecasting methods of seed crops of Chinese fir (*Cun-*

- ninghamia lanceolata* (Lamd.) Hook) in Shandou seed orchard. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 14(3): 1~6. (in Chinese with English abstract)
- Fang, L. J. (方乐金). 2000. A study on the relationship between crown index and seed yield in Chinese fir orchard. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 24(5): 53~55. (in Chinese with English abstract)
- Fang, L. J. (方乐金), J. S. Shi (施季森) & D. H. Hu (胡德活). 2001. A study on the cone distribution of Chinese fir clone in different age phases. Forest Research (林业科学研究), 14: 425~429. (in Chinese with English abstract)
- Fang, S. Z. (方升佐), Y. S. Chen (陈幼生) & Y. B. Shen (沈永宝). 1992. Studies on mid-term forecasting methods of seed crops of Chinese fir in Shandou seed orchard. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 16(4): 24~29. (in Chinese with English abstract)
- Fang, S. Z. (方升佐), X. W. Xu (许献文) & Z. C. Pei (裴忠诚). 1991. A fuzzy forecasting method of seed crop for seed orchard of Chinese fir. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 15(4): 38~44. (in Chinese with English abstract)
- Jiang, S. (蒋恕) & J. S. Huang (黄金生). 1988. Cell ultrastructure in the process of microspore development of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamd.) Hook). I. Sporogenous tissue, microspore mother cell meiotic mitosis. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 12(3): 52~55. (in Chinese with English abstract)
- Jiang, S. (蒋恕) & J. S. Huang (黄金生). 1989. Ultrastructure and development of the microspore in *Cunninghamia lanceolata* (Lamd.) Hook. II. Tetrads, microspore and tapetum. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 13(2): 9~12. (in Chinese with English abstract)
- Jiang, S. (蒋恕) & J. S. Huang (黄金生). 1991. An ultrastructural study on pollen wall development of *Cunninghamia lanceolata*. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 15(4): 25~30. (in Chinese with English abstract)
- Shi, J. S. (施季森), Z. H. Ye (叶志宏) & R. Z. Yu (余荣卓). 1994. The effect of managerial thinning for promoting in an overstocked Chinese fir seed orchard. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 18(3): 83~86. (in Chinese with English abstract)
- Wu, Q. M. (吴琼美), R. W. Fan (樊汝汶), S. H. Xiao (肖石海), Y. H. Wang (王远浩) & Y. L. Wu (吴龙龙). 1995. Study on biology of pollination of Chinese fir. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 19(1): 47~52. (in Chinese with English abstract)
- Yu, F. Y. (喻方圆), Y. S. Chen (陈幼生) & Q. M. Wu (吴琼美). 1996. Studies on prediction of seed crop in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamd.) Hook) seed orchard. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 20(2): 9~14. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, X. Y. (张献文) & J. L. Chen (陈金林). 1992. The study of fertilization deep ploughing in seed orchard of Chinese fir. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 16(1): 1~6. (in Chinese with English abstract)
- Zhou, Y. (周勇). 1988. Research on economic effect of seed orchards of Chinese fir. Journal of Nanjing Forestry University (南京林业大学学报), 12(2): 28~37. (in Chinese with English abstract)