

树木气候学及其研究方法*

——兼论欧洲赤松年轮宽度与太阳活动**的关系

吴钦孝

弗.依.塔拉柯夫

(中国科学院西北水土保持研究所)
水利部

(苏联沃罗涅什林业工程学院)

摘 要

本文全面地介绍了国际上在树木年代学和树木气候学的理论和研究方法方面的研究概况,以及近年来取得的进展,并以沃罗涅什州欧洲赤松为例,阐明了年轮宽度与太阳活动的关系,为在我国进一步开展树木气候研究提供信息和借鉴。

关键词 树木气候学 年轮 太阳活动

DENDROCLIMATOLOGY AND IT'S RESEARCH METHODS

Wu Qinxiao

B. I. Tarankov

(NW Institute of Soil and
Water Conservation, Academia
Sinica)

(Voronezh Institute of Forest
Technology, RUSS)

Abstract

A brief account of theory and research methods of dendrochronology and dendroclimatology, as well as the progress in this field made in recent several ten years abroad are given all-sidely in this paper. Taking *Pinus silvestris* in Voronezh region as an example, it expounds the relationship between width of tree growth-rings and solar activity. This furnishes information and affords experience for subsequent development of dendroclimatic research in our country.

Key words dendroclimatology tree growth-ring solar activity

*本文系作者1986—1987年在苏访问进修期间完成的科研工作的一部分

** 太阳活动 $w = f + 10q$, 即现在在太阳上可见的黑子数(f)加上这些黑子团(q)的10倍数, 称伏尔夫数

为揭示各种自然过程的动态变化, 60~70年代国际上建立了研究树木年代和树木气候的理论和方法体系。它们在比较分析树种年轮宽度和各种地球物理现象(太阳活动和受其制约的因素: 大气循环、降水、温度等)过程的基础上, 有可能查明以往气候和太阳活动的波动, 预测气候和树木生长的变化, 确定各种营林措施的有效性。

树木年代学是一门生物学、地球物理学和历史科学的交叉学科, 它研究树木年生长量的变化, 以正确确定年轮形成时间。树木气候学作为树木年代学的一部分, 从事年轮定年和查明生长量与地球物理因素变化的关系, 其目的在再现和预测自然过程的进程。

树木年代(和树木气候)分析被广泛地利用于各种科学领域:

1. 在地球物理学和天文学中被用于确定日—地关系, 再现和预测太阳活动的过程。

2. 在古生态学、古气候学和考古学中被用于再现过去的气候和生态条件, 确定考古对象的年代。

3. 在气候学和气象学中被用于查明气候条件的变化和超长期的气候预报。

4. 在水文学中被用作研究水资源、地区水文状况以及河道径流等的方法。

5. 在生物生态学、林理学和森林学中被用于研究因气候和太阳活动的变动而引起的森林和森林植被带的动态变化, 研究林木的年龄结构、森林组成树种的演替、某些群落和树种之间的相互关系、天然更新和林木形成, 评价树木生长对环境条件的反作用, 预测森林生产力, 设计和评价各种营林措施的有效性, 确定森林排水、施肥的效果, 查明遭受病虫害危害的林分损失和火灾损失, 评价烟尘、工业气体对乔木植被的影响等。

6. 在冰川学、地貌学和火山学中被用于指示雪崩和泥石流的发生次数, 认识山地国家地质冻结的进程和确定火山喷发的年代。

7. 在法学——生物学鉴定中用于对样品定年, 查明树木采伐时间、生长地点和植物种等。

为了进行树木气候分析, 常用的方法有下列几种:

1. 滑动平均数法

这一方法的实质就是把测量的原始年轮系列变换成如下系列

$$\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_i, \frac{1}{m} \sum_{i=2}^{m+1} a_i, \dots, \frac{1}{m} \sum_{i=n+1-m}^n a_i$$

式中 m 为平均的年数。

滑动平均数法象是一种“过滤器”。利用这种方法可以区分大的波动周期, 消除短周期的波动。实践中常按5~10和30年的滑动平均数来修匀年轮宽度的原始系列。为了显示短周期(10~20年)的波动, 通常用5年平均值修匀, 而对于长周期的波动, 则按10年和30年修匀。

该方法十分简单, 但是用它绘制的曲线图, 消除不了非气候因素对树木生长的影响。此外这种方法只有在 $n > m$ 时才可用。

2. 相对指数法

该法的实质在于对年轮系列进行分析时不利用年轮宽度的绝对值, 而采用其相对值, 即将各年的年轮宽度(a_i)除以整个研究期年轮的平均宽度(b)。

$$j = \frac{a_a}{b}$$

这一方法可以在某种程度上消除年龄的影响。年轮的平均宽度在图上不是一根抛物线，而是一根直线。该法在树木气候学中被广泛地应用。

3. 模数（模量系数）法

该法由B. E罗达柯夫（Рудаков）提出，其目的在消除非气候因素对年轮宽度的影响。利用模数法计算时，先进行11~21~30年的周期修匀，然后计算相对指数（模数），把各年的年轮宽度（a）除以修匀期的平均年轮宽度（d）

$$m = \frac{a}{d}$$

该法被广泛地应用于树木气候研究中。

除本法外，我们还利用一种稍加变更的方法，它把相对指数法和模数法结合起来，即在计算年轮宽度的相对指数后，将其进行周期修匀，然后把各年的年轮相对宽度（指数）除以修匀期相对指数的平均值。

4. 平均偏差法

利用该法时先计算树木一定时段或整个生命期内年轮的平均宽度，然后找出各年年轮宽度（ m_x ）与多年年轮平均宽度（ m_0 ）之间的差值，将其除以年轮平均宽度

$$x = \frac{m_x - m_0}{m_0}$$

绘在图上的与平均线的偏差，表明了气候条件对树木直径生长的影响。这一方法我们主要用于对树木生命中的短周期进行树木气候分析，以显示年轮宽度的内部周期性的波动。

5. 平均修匀法

应用该法时修匀按下列公式进行

$$d = \frac{a + 2b + c}{4}$$

式中：d——平均修匀的年轮宽度

a——上年年轮宽度

b——本年年轮宽度

c——下年年轮宽度

6. 半对数修匀法

应用该法时其做法如下：将横坐标表示时间（年），纵坐标表示年轮宽度的对数，然后在图上进行修匀。在树木年代学分析中该法曾得到广泛的应用。

7. 周期微分析法（周期显示镜法）

为显示具有较小波长的各种现象中隐藏的摆动，可以利用N. A卡鲁泽斯（Carruthers）的周期微分析法。它的做法是将观察的年轮系列值，分解成若干组成部分，选定组成部分时，要区分出有一定波长的周期，同时修匀其它波段。对原始系列分段（b）时，要使区分的周期长度等于3~6个分段，然后计算各分段的平均值（ b_1 、 b_2 …… b_n ），并在图上找出差值。

$$b_1 - b_3 = c_2$$

$$b_2 - b_4 = c_3$$

$$b_{n-1} - b_{n+1} = c_n$$

从差值系列 (c_2, c_3, \dots, c_n) 中再计算差值:

$$c_2 - c_3 = d_3$$

$$c_3 - c_4 = d_4$$

$$c_{n-1} - c_n = d_n$$

根据得到的差值 d_3, d_4, \dots, d_n 作图。

8. 整体——等差曲线法

把原始系列各项 ($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$) 的平均值 (A_n) 写作公式 $A_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$, 则系列中各项与平均值的差 $d_i = a_i - A_n$

整体——等差系列各项就等于 $d_1, d_1 + d_2, d_1 + d_2 + d_3, \dots, d_1 + d_2 + d_3 + \dots$

d_n . 因为 $\sum_{i=1}^n d_i = \sum_{i=1}^n (a_i - A_n) = \sum_{i=1}^n a_i - nA_n = 0$, 所以整体——等差系列的最后一项应

等于零 (它可能稍偏离零, 如果计算平均值时采取四舍五入)。

该法在气候学和水文学中得到广泛应用, 以显示水文气候现象的周期性, 在对太阳活动和自然过程的进程发生骤变进行分析时, 也常使用它。

根据在各种森林植被地带进行的研究表明, 年轮的宽度在很大程度上取决于生长条件 (周围环境), 其中气象因素 (日辐射、气温、降水) 起着巨大的作用。这些气象因素影响到地下水位高度、土壤水分、有害昆虫的繁殖和蔓延、菌病的发展等等, 后者反过来又对树木生长量的变化产生影响。

水文气象因素的动态变化受到具有几种波长的周期性过程为特征的太阳活动的制约, 后者影响大气循环的强度和类型, 从而也就对天气和气候, 并通过它们对植物和动物界产生作用。

科学家们从1700年到现在对太阳活动变化所作的分析表明, 除了11年的周期变化外, 太阳活动还有5~6年、两个11年 (22~23年)、33年和80~90年 (世纪的) 周期, 以及200~240年 (可能还有多世纪的) 周期。

为了研究年轮宽度和太阳活动间的相互关系, 并按太阳活动周期预测气候和树木生长的变化, 我们于1987年在沃罗涅什林业工程学院教学实习林场对欧洲赤松的年轮生长进行了研究。为此, 在湿润松林 (立地条件为B₃) 中, 选择5株老树伐倒, 从其树桩上分别截取5个圆盘。每个圆盘按东西南北4个方向, 在半径上定年, 并测量各年轮及其中秋材的宽度。对各年轮和秋材宽度的平均值按相对指数法和模数法进行计算和分析, 其结果见图1和图2。

从图1可见, 在从1863到1985年的123年中, 欧洲赤松的直径生长量可以区分成平均波长约33年的4个周期, 它们是:

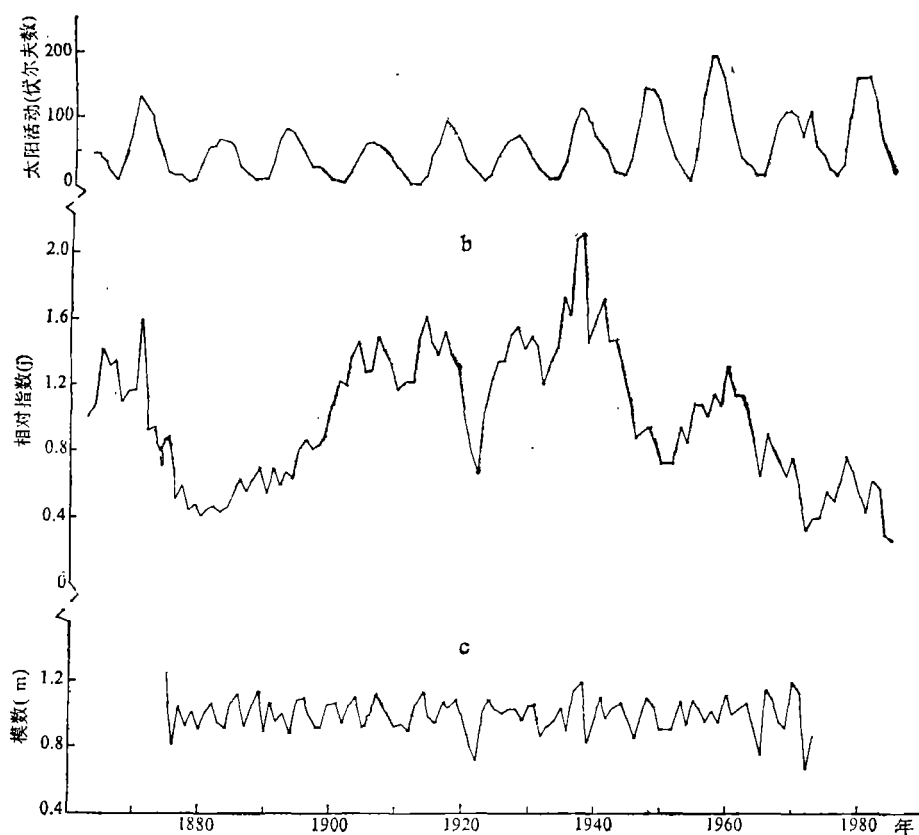


图1 太阳活动的年变化过程(a)和湿润松林(立地条件B₃)

欧洲赤松年轮宽度的动态变化:(b)——相对指数,

(c)模数

1. 1863年~1890年(1863年前至1855年因仅1~3个圆盘资料,未列入系列),最大生长量在1871年;

2. 1890年~1922年(32年),最大生长量在1904年;

3. 1922年~1952年(30年),最大生长量在1937~1938年;

4. 1952年~1985年(33年),最大生长量在1960年;

这些直径生长量的变动周期与太阳活动的变动周期基本吻合。

除33年周期外,我们还可以看到明显表现出来接近于太阳11年周期的8~12年的年生长量周期,共10个,但其最大和最小值并不经常吻合。最大生长量与太阳活动周期相吻合的年代有:1870~1871, 1904~1907, 1914~1917, 1928, 1937~1938, 1947~1948, 1957~1960, 1968~1970, 1978~1979;最小生长量与太阳活动周期相吻合的年代有:1867~1868, 1878~1880, 1910~1912, 1922~1923, 1932~1933, 1952~1954

1964~1965, 1985; 即在树木生长全部过程的10个周期中, 有9个周期的最大值相吻合, 8个周期的最小值相吻合。可见, 欧洲赤松的年轮宽度和太阳活动之间的关系是相当紧密的。这种关系完全可以作为预测气候条件和树木生长量变化的较可靠的基础。

同样可以看到在年轮中秋材宽度与太阳活动之间存在这种吻合现象, 在图2上表明的那些秋材最大和最小生长量的年代, 几乎与图1上的极值年代一致, 这可以解释为太阳活动通过其制约因素: 大气循环、气温、降水等, 不仅影响年度的木质形成, 而且影响年内的木质形成过程。

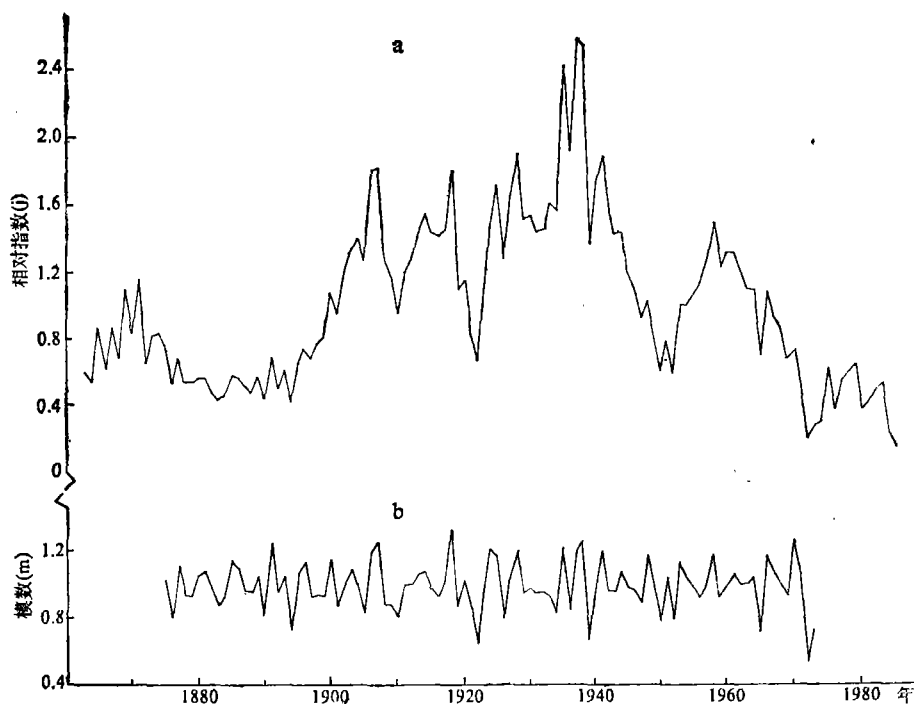


图2 欧洲赤松年轮内秋材宽度的动态变化, (a) 相对指数, (b) 模数

年轮的形成在很大程度上取决于年内各生长阶段热量和水分的关系。在太阳活动强度增强时期, 季风循环节律的减慢, 将导致降水量减少 (主要在暖季), 反复出现阴天的情况减少, 太阳辐射能增加, 夏天空气湿度降低。在季风循环节律增强期 (当日辐射强度减弱时), 相反的天气形势将占优势。

在评价受太阳制约的因素对树种生长的影响时应注意到, 在太阳活动的各个周期和阶段, 其与气候条件之间的关系可能是正的, 也可能是负的。另一方面, 气候因素与树种生长之间的关系, 视其生物生态学特性和立地条件的不同, 也可能有正反两种性质。如果太阳活动强度的增加, 将促进有利于树木生长的因素影响增强, 并使导致这一增强的过程活跃起来, 那么树木生长和太阳活动之间的关系是正的, 否则则是负的。

限制树木生长的因素通常是那些处于最低值的因素。对于各种具体条件和在树木生长的各个阶段, 任何一种环境因素都可能处于最低值。在自然因素多年变动的过程中,

可能出现各种偏离,这些偏离可以用自然节律摆动的变幅来说明。H. A. 索耳采夫 (Солнцев) 根据范围和程度把自然节律变幅对有机界的作用区分为正常的、危险的和灾难性的。危险的变幅可以出现在各种年份或者年内各个时期。

研究林地长期水分平衡问题是很使人感兴趣的,因为在其发育过程中有各种各样的变动。可以利用树木年代学和树木气候学的标尺来进行此项分析。在自然过程周期的各个阶段,森林对周围环境的影响是不一样的,这一点在评价森林地理群落的水文气候作用时应予考虑。在计划和实行各种营林措施时,考虑自然条件的周期性非常必要。这个问题值得进行仔细的研究。

研究太阳活动和受其制约的因素对生物地理群落的分布、结构、动态变化和生产力影响具有很大的意义。生物地理群落的各组成部分(植物群落、动物群落、大气、微生物群落、土壤、母岩、水)受太阳活动及其制约的地球物理因素的影响,且不同的组成部分将按不同的方式对待太阳活动的变化,而显然整个生物地理群落的整体反应可能与各组成部分的反应不同。

树木生长的强度与气温、降水量,并通过它们与太阳活动密切相关。此外,太阳活动也可以对活生生的自然界(从而也就对树木生长)产生直接的影响。关于这一点已由研究太阳生物(日生)关系的最新成果所证实。但是,探索日生关系及其机制,使其适用于树木年代学和树木气候学的任务,是一项十分复杂的工作,需要各种专业的专家进行长期的研究。

参 考 文 献

- [1] 吴祥定, 1990, 树木年轮与气候变化, 气象出版社。
- [2] Битвинский Т. Т., 1965а, К вопросу о применении дендроклиматических методов в лесном хозяйстве. Докл. ТСХА, вып. 115, М.
- [3] Битвинский Т. Т., 1965б, К вопросу об изучении связи колебаний климата и прироста насаждений. Докл. ТСХА, вып. 123, М.
- [4] Витинский Ю. И., 1969, Солнечная активность. Изд. «Наука», М.
- [5] Вихров В. Е. 1962, Некоторые принципы Дендроклиматологии и дендрохронологии. Изв. АН БССР, сер. биол., 4
- [6] Дружинин И. Н., Хамьянова Н. В., 1969, Солнечная активность и переломы хода природных процессов на земле. Изд. «Наука», М.
- [7] Кайрюкшис Л. А., Юбдвалькис А. И., 1970, Особенности сезонного роста деревьев в свете дендрохронологических и дендроклиматологических исследований. «Лесоведение», 3
- [8] Комин Г. И., 1968а Лесоведение и дендрохронология. «Лесоведение», 4
- [9] Костин С. И., 1965, Связь колебаний прироста деревьев с солнечной активностью. «Лесное хозяйство», 4
- [10] Массеев К. В., 1964, Годичные кольца и сверхдолгосрочные прогнозы. «Природа», 6
- [11] Рудаков В. Е., 1958, О методе изучения влияния колебаний климата на ширину годичных колец дерева. «Ботанический журнал», т. 43, № 12
- [12] Рудаков В. Е., 1969, К вопросу о методе изучения влияния метеороло-

гических факторов на годичный текущий прирост дерева по диаметру.
«Лесной журнал», 4

- [13] Сольчев Н. А., 1962, К вопросу об амплитудах ритма природных явлений в ландшафте. Вестник МГУ, сер. географии, №6
- [14] Тольский А. П., 1936, К вопросу о выявлении колебаний климата по анализам хода роста деревьев. Тр. по сельскохозяйственной метеорологии, вып. 24
- [15] Шульман Э., 1958, Годичные кольца у деревьев как свидетельство изменений климата. «Изменение климата», Изд. ИЛ, М.
- [16] Carruthers N., 1944. A simple periodoscope for meteorological data. Quart. J. Roy. Met. Soc., T.70. No.305.
- [17] Douglass A. E., 1919. Climatic cycles and tree growth. Carnegie Inst. Wash. Publ., 289, Vol. 1.
- [18] Douglass A. E., 1928. Climatic cycles and tree growth. Carnegie Inst. wash. Publ., 289, Vol. 2.
- [19] Douglass A. E., 1936. Climatic cycles and tree growth. Carnegie Inst. Wash. Publ., 289, Vol. 3.
- [20] Fritts H. C., 1966. Growth-Rings of trees: their correlation with climate. science, , Vol. 154, No. 3752.
- [21] Marshall R., 1927. Influence of precipitation cycles on forestry. J. of Forestry, Vol. 25, No. 4.
- [22] McGinnies W. G., 1963, Dendrochronology. J. of Forestry, v. 61, No. 1.
- [23] ScGulman M. D., Bryson R. A., 1965. A statistical study of dendroclimatic relationships in south central Wisconsin. J. Appl. Meteorol. 4, No. 1.