

陕西树木年轮与气候变化

陕西省气象局气象台研究室 李兆元

中央气象局研究所一室 王福、赵溱、张德二

一、引言

1972年，我国各地相继发生大范围的干旱以及其他异常气象，我国也遭到解放以来少见的大面积干旱，对农业生产造成了一定的损失。对此，总理指示要好，研究气候变异和加强防涝抗旱工作。遵照总理的指示，以及配合目前正在制定的国民经济十年规划，很有必要对陕西的气候变化和今后十年的气候趋势进行研究。但是，陕西有气象观测记录的年代很短，记录最长的西安，只在1932年以后才有完整的资料，总共不过四十三年，其他站的记录更短，甚至缺测中断，这样，光靠现有的气象资料来研究长期的气候变化和作超长期预报是远远不够的。为了克服气象资料不足的困难，可以采取古气候的各种考察气候学方法，如孢子花粉分析，放射性同位素分析，古地磁分析，树木年轮气候分析等。在今年三月，青兰高原气候科研协作会议上商定，参加会议的九个省（区）都开展树木年轮的气候分析，用来研究青兰高原及邻近地区的气候变迁规律，为修建青兰铁路和为本省有关部门提供气候趋势预报。

对树木年轮的研究(1-10)，在近半个多世纪以来，逐渐发展成为一门新的学科——树木年轮学或称树轮气候学，它可供多方面应用，尤其是研究古气候最有价值途径之一，一系列经过选择的并又处理得恰当的年轮宽度年表，相当于一部可靠的气候编年

史。它不仅能反映气候要素(如降水, 温度等)的一般变化, 对于气候异常的特殊年份往往对应得更好。近一年来, 由于采样和年轮测定方法的改进, 以及应用现代统计技术和电子计算机等, 树木年轮气候分析又有新的进展(11-14), 逐步客观化。

目前, 根据树木年轮宽度, 不但可以表示单一气候要素的变化, 还可以推断过去的温度与降水综合的气候异常, 以及可以恢复区域的古环流面貌。

在本省, 百年以上的古树是不难找到的, 这就具备了树木年轮气候分析的首要条件。我们在今年六月份进行采样, 八、九月份对年轮进行读数、计砬, 初步分析了陕西近一百年到三百年的气候变化趋势, 并对今后十年的气候作了粗略的估计。

地理研究所气候室林振铎和张福春二位同志参加了采样工作的全过程, 在年轮读数、计砬和分析中又提出许多宝贵意见, 在此, 向他们表示衷心的感谢。

二 采 样

在采集年轮标本之前, 我们向省农林局林业处, 省森工局, 森林调查五大队, 省生物资源考察队等有关单位调查了本省的森林或古树的分布, 可能采集的地点, 树种和树木生长等情况。据了解, 陕西的森林主要分布在秦岭, 大巴山, 米岔山, 子午岭等山脉, 陕北的黄龙县则有许多著名的古树。按照采集树木年轮标本的基本要求, 并考虑到工作条件的许可, 初步确定秦岭的太白县黄柏塬林场和陕北的黄

陵县为这次采集的地点。

根据前人和我们的经验，采集树木年轮标本的基本要求主要有以下几点：

(1)·应改变采集地区的气候类型。干旱或半干旱地区降水变率大，树木生长处在水份供应的临界状态，年轮对降水的变化比较敏感，高纬度，高山寒冷地区，树木生长的热量条件差，年轮对温度的变化反应较好，而温暖湿润的地区，树木生长的热量、水份条件均易得到满足，年轮往往不能反应气候的变化。

(2)·采集的树种应是年轮清晰，不易早衰，腐朽，能达到高令的树种。一般以针叶树种较为理想，如云杉、冷杉、铁杉、落叶松、红松、罗汉松、水曲柳、柏树等；都宜采作为标本，但柏树有时年轮不甚明显，会给年轮测定带来一定麻烦。此外，硬质阔叶树种如银杏、榆树、中国槐、臭椿等；也有人采作为年轮标本。

(3)·应注意树木周围的自然环境。选定为年轮标本的树木应尽可能是在自然状态下生长的，不受人类活动严重影响的未遭森林火灾和未受动物严重伤害过的；应选孤立木或林缘木较为理想，因为它们对气候因子比较敏感；标本应是远离水坑（包括地上和地下水坑），在缓坡上生长的。

(4)·应选取生长发育良好，无外部损伤，树令尽可能长的树木作为标本，但不要一味追求树令长，因为树令长，树心有可能腐朽。为避免这种情况，可在采伐前先敲一敲树干，听一听声音，声音清脆的，一般都生长良好。或先用生长锥钻取一条材芯，看树干内部的情况，同时，从材芯上的年轮数也能大致判定树令了。

(5)·年轮圆盘截取高度应接近树干的基部。这样做不但

能提供最多的年轮数据，更重要的是，靠近树干基部的形成层经常只能接受到有限的养份，对环境因子的变化反应更敏感，所以能较可靠地估计影响生长过程的温度和水份的历史状况。但是，也要避免太靠近树根而受树根截面的影响，圆盘之厚可能因正。一般以离地30公分左右为宜，但也有人认为在离高处截取较好。在有条件的情况下，应选择几棵树作解剖木，树干每隔2米截取，圆盘，用作细致的对比分析。

(6) 在一个采样点上选取几棵同一树种、不同树龄的树作为年轮标本。以便在分析中相互比较和供选择，也有利于作树木生长年令趋势的估计。若在高差大的山地采样，最好能在森林的上树线、林中和森林下界几个地点取样，利用几个地点树木年轮宽度的比较，可以推测降水距平和温度距平的各种组合情况(11)：如上树线和森林下界的树木之年都形成宽年轮，表示这一年至少在夏季时为温暖的气候；如上树线树木为宽年轮，而森林下界树木为窄年轮，这可能反映当年盛行暖干气候；反之，如上树线树木为窄年轮、而在海拔较低处的树木为宽年轮，则可能反映当年是冷湿气候；若上下两处树木形成的都是窄年轮，则表示当年为冷干气候。

(7) 应作好采样的野外工作记录。记录的内容有采集的时间、地点、海拔高度、坡向、坡度、树种、树木的生长状况、圆盘的截取高度，以及其它自然环坑等情况。在截取下来的圆盘上，应标上方位，并编上号。

我们在采样过程中，基本上是按照上述要求去做的。

太白采集点：太白县位于西秦岭主脊的南侧，海拔1-3千米，气候高寒，而降水较为丰沛。太白县(1543米)的年平均气温不到8℃，年降水量为700—800毫米。估计树木年轮对程度会有较好的反应。我们根据黄柏塬林场领导和工人介绍的情况，选

择了自大南沟；底至山顶采集路线。重点遍采集森林上部和树
令较长的太白落叶松（也称秦岭红杉）。经过查勘，多次采伐，
最后取得三个年轮标本：

太(1)，太白落叶松(A)

地点：太白县黄柏塬公社大南沟，

时间：1975年6月16日采伐取样，

海拔高度：2750米，

坡向：南偏西；坡度：15°

胸径：约40厘米；树高：约16米，

截取高度 20厘米，

年轮数：165

太(2)，太白落叶松(B)

地点：太白县黄柏塬公社潭人坪梁顶

时间：1975年6月11日采伐取样

海拔高度：2940米，

坡向：南；坡度：25°

胸径：53厘米

截取高度：30厘米，

年轮数 188

太(3)，铁杉。

地点：太白县黄柏塬公社大南沟下部

时间：1975年1月采伐、6月18日取样

海拔高度：约2000米，

胸径：约70厘米，

截取高度：约30厘米，

年轮数：143

黄陵采集点：黄陵县气候^{北平}于~~美~~中地区的渭北高塬区。色

候较温和，春寒时间较长，春霜冻严重。雨量较少，变率大，春夏时易受干旱。年平均气温 $8-9^{\circ}\text{C}$ ，年降水量约600毫米。

据传，黄陵县桥山是古代轩辕黄帝的葬身地，因此历代在陵墓周围种植了许多柏树，由于受到保护，破坏较小，有些柏树的树令可能已在千年以上。我们在征得尚文管会和县文教局的同意后，在陵墓山的北测采伐了一颗柏树年轮标本，读取的年轮数是507个。此外，在离县城十余里的桥山公社梨园大队的一个古墓地上，也取得了一个柏树年轮标本：

黄(1) 柏树(油柏)(A)

地点：黄陵县黄帝陵墓地北测

时间：1975年6月27日采伐取样

海拔高度：990米

坡向：北偏东；坡度： 35°

胸径：约60厘米。

截取高度：上坡20厘米，下坡70厘米

年轮数：507

黄(2) 柏树(油柏)(B) 地点：黄陵县桥山公社梨园生产大队

时间：1975年6月25日采伐取样

海拔高度：930米，坡向：南；坡度： 15° ；截取高度：30厘米。

年轮数：327

三、年轮的测定

目前，在树木生长与气候关系的研究中，用作树木生长状况指标的，基本上还是年轮的宽度。关于年轮宽度的测定，有关文献[19]已有介绍，一般要经过以下四个步骤：

(1)、处理标本：采集回来的年轮标本，如不能在几天内读取、分析，因盘会因失去水份而干裂和缩短直径。为了避免圆盘不规则的干裂而影响以后的测量，可以人为的在一个半径方向上锯一个口子，这样，圆盘只能是口子开大，而不在别处开裂。有人在盐水中浸泡一下标本，这样也可减轻开裂程度。在

读做前，须将年轮圆盘的读做面（向上的一面）仔细刨平和用砂纸打光，这样可减少年轮宽度的读做误差，而且年轮也显得更清晰。在刨光时，要注意保存树皮，树皮能保护最外面的年轮。

(2)·确定读做方向：可以随心向外选东、南、西、北四个方向测旁，将同一年代的年轮宽度读做值平均。也可选取一条适当的半径方向读做，在读做方向上应没有节疤和其他缺陷，年轮显明，生长正常。选定读做方向后，用硬铅笔划一细的直线，测旁时沿此直线读取年轮宽度，直线应与年轮圆弧相垂直。

(3)·识别年轮和确定年轮做目：树木正常生长情况下，每年长一个年轮，但偶而也有一年形成不是一轮的，即所谓有“伪年轮”。形成伪年轮的成因很多，一般多由于生长季节中环细胞的暂时改变（如春要间突然干旱，降温，病虫害等），使树木生长变慢，形成层产生个小，色深的细胞，待环带恢复正常时，树木生长也随之正常，形成层产生的细胞个大，壁薄，色浅，使之这二者之间看起来有一界限，不小心就会把它当成一个年轮的边界。不过由于伪年轮往往不甚清晰，歪斜，并且往往不在一个横截面上出现，即不是空因，因此可由其不清晰的外部边界加以判断，或从几个方向查读年轮做目确定。

在测旁年轮宽度前，应先查清年轮做目，与读做后的年轮宽度数据个做核对无误才行；否则多记或遗漏了一个年轮都会给分析带来麻烦和错误。

(4)·读做：年轮圆盘最外一个年轮是最后一年生长的年轮。测旁时，可从髓心向外读做，测旁读做线上早材的起始点（即上年晚材的终止点）到晚材的终止点（即下一年早材的起始点）的距离，即为这一年的年轮宽度。

测量年轮的宽度的仪器，最好用精度到百分之一毫米的读数显微镜，如没有读数显微镜，对于年轮较宽的标本，可用刻度较精密的卡尺或五尺，配上放大镜，测量年轮宽度。测量时，将尺的零点放在髓心，从内向外另从髓心到每个年轮边界的距离；读数值是髓心到这一年的所有年轮宽度的累加值，相邻两个读数值之差即为这一年的年轮宽度。这样做，可使读数累计误差减到最小。最后，将逐年的年轮宽度数据排成年表（见附表），以及绘制成年轮宽度变化曲线（见图1-3），以供统计分析。

用年轮宽度的变化来推测古气候是有效的，这已被大量研究事实所证明。但最近已有根据年轮木材的物理和化学性质来指示古气候的方法，如利用X射线显微像密度计测量木材密度的变化。初步的研究表明，木材密度对生长季的环境条件高度敏感，与8月温度和4-5月总降水量的相关很好。

另外一种仪器，木质显微光度分析仪⁽¹⁾，将一束光投射到木材表面扫描，根据木材表面反射回来的光度来测定木质密度的变化。因为木质具有各向异性结构，有很高的反射光的能力，木质的这种性能可用于年轮结构的分析。尤其是木材细胞的基本生化组成部分（纤维素等），在可见光谱区具有弱的选择吸收。据实验，光束波长为0.595微米时，木质的反差最大，达到最好的测量效果。

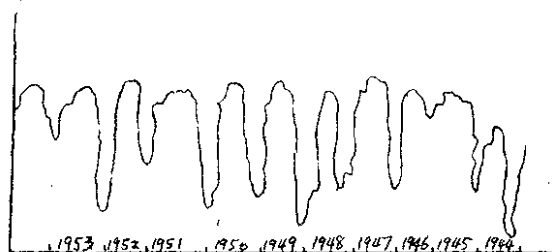


图1. 松树标本的光度曲线。

利用木质显微光度分析机测定的光度（即木质密度，曲线如左图所示，从图上可以看到木质密度的变化，也能分辨出每个年轮间的界限，量出年轮的宽度。

除此，还有一种方法正在探索，就是通过测定年轮木材中氧——氢的比例，指示过去的降水情况，这有点类似于冰川中氧同位素比例的方法。

四. 树木生长年令趋势的估计和剔除

树木径向生长除受各种环境因素的影响外，还有其自身的生长规律。一棵树从幼年到老年，各个生长发育阶段的径向生长量是不同的，这种随树木年令增长而引起的径向生长量的改变称为树木径向生长年令趋势。由于我们目的是分析树木年轮宽度与气候的关系，因此，必须去掉径向生长的年令趋势，也就是所谓剔除年令因子或作生长量订正。

树木生长的年令趋势，一般来说，在树木幼年期，径向生长量逐渐增大。到一定树令时，径向生长量达到最大。此后，径向生长量渐趋减小。到树木老年期，径向生长量很小，且保持稳定，年轮宽度的多年平均值在一个低的水平上。

但是，不同树种树木生长的年令趋势有较大差别。有些树种很快就达到生长的旺盛期，以后，年轮宽度就逐渐减小，如落叶松（见附表1）年轮最宽的树令约在20令左右。而有些树种70—80令还可以保持旺盛的径向生长，如红杉（见附表2）。有些树种树木甚至在好几百年中，树木径向生长的年令趋势都没有大起大落，只能循到年轮宽度缓慢地趋于减小，如柏树（见附表3）。

同一树种径向生长的年令趋势基本上是一个形式，但各株

树的生长(指植物群落所在处各种环境条件的组合)差别,使得各棵树的生长规律也就有它自己的特点。

可以采用下面几种方法来估计和剔除年轮宽度中的年令因子。

1. 大样本的年轮宽度标准曲线订正法:

根据同一地区大量的同种、不同树令的树木(轮样本),求出各个树令的平均年轮宽度(也可以由5个求一个平均宽度),将此平均年轮宽度序列绘成一条光滑的曲线,这条曲线可视为这一地区年轮宽度的标准曲线,可用它来对同种树的其他年轮样本作生长量订正,订正的公式为:

$$\lambda(t) = \frac{d(t)}{D(t)}$$

式中: $d(t)$ 为需订正的样本年轮宽度序列; $D(t)$ 为标准年轮宽度序列; $\lambda(t)$ 为订正后样本年轮指数序列; t 为树令。

若样本的年轮宽度在总水平上偏离标准年轮宽度,那么订正后的样本年轮指数序列的平均值不等于1。为了便于各个样本年轮序列的相互比较;以及为了进行交叉定年法,接不同时期的年轮,来延长年轮序列,需将各样本的年轮指数序列的平均值化为1(即标准化),具体作法是将样本年轮指数序列 $\lambda(t)$ 除以此序列的平均值 $\bar{\lambda}(t)$, 即得新的经过标准化的年轮指数序列:

$$I(t) = \frac{\lambda(t)}{\bar{\lambda}(t)}$$

我们可以用这个标准化的年轮指数序列 $I(t)$ 进行分析。

2. 单个样本年轮宽度序列的年令因子的估计和剔除:

上述的利用大样本年轮宽度标准曲线来对同种树木进行生长量订正虽然比较理想,但是除了在森林调查进行得较好的林

区，可能有大量的解析木资料作为年轮宽度的标准曲线，多数地区则是不具备这种条件的。我们经常遇到的是，只能根据一个样本的资料，来对样本本身的年令趋势作出估计，或尽可能客观地将它剔除。由于事实上我们是不知各个树木径向生长的年令趋势的，因此，所有生长量订正的方法，可以说只是对样本年轮宽度配一条回归曲线（或直线）。

(1)·直线订正：对于年轮宽度的年令趋势看来是线性下降的年轮样本，可用最小二乘法对年轮宽度序列配一回归直线：

$$y = cx + d,$$

式中： y 为年轮宽度； x 为树令； c 为回归系数； d 为常数项。配得的回归直线就是该样本的年轮宽度的年令趋势线（见附表3），用它去除对应的各年实际年轮宽度，即得订正后的年轮指数序列。

(2)·滑动平均法订正：将实际年轮宽度序列按气候分析中常用的滑动平均法，作滑动时距较长（如二、三十年或以上）的年轮宽度平均曲线，它显示出树木生长的年令趋势。但用它来作生长量订正有两个缺点：(一)滑动平均虽把实际年轮宽度曲线中的高频部分（即波长较短的气候周期）滤掉，显示出生长的年令趋势，但它仍保留了低频部分（即波长在滑动时距以上的气候周期）。也就是说，滑动平均后的年轮宽度曲线中仍含有气候影响的成份，并不是纯粹的树木生长的年令曲线，如附表1年轮宽度的21年滑动平均曲线上，还能看到明显的气候变化波动，若用这条滑动平均曲线去作生长量订正，必然把气候变化的长周期一起剔除了，而这种长周期又正是我们在超长期预报中最感兴趣的東西，(二)滑动平均后，新序列的头和尾都比原序列缩短了二分之一滑动时距，舍去头上的、二十年资料问题倒不大，序列尾部的资料却是十分珍贵且必不可少的。

不过，这一点可根据滑动平均曲线最后几十年的趋势外延来弥补。

(3), 分段作回归线订正: 由于大多数树木年轮宽度的年令趋势并不都是线性的, 滑动平均的订正方法又可能将需要的宝贵长周期抹去, 因此, 目前较多的订正方法是, 对实际年轮宽度曲线分段选适当的函数变形作回归分析。

对于年轮宽度的年令趋势是先递增后减小的样本 (从实际年轮宽度曲线上大致看到) 分为两个阶段来订正。

第一阶段为树木生长, 幼年期, 年轮宽度最高点为止) 的年轮宽度资料作一递增的回归直线方程:

$$y_1 = cx + d$$

式中: y_1 为第一阶段年轮宽度; x 为树令; c 和 d 为系数。如我们对太白落叶松 (A) 所做的第一阶段 (从第一个年轮到年轮宽度最大的第 18 个年轮生长另订正的回归直线方程为:

$$y_1 = cx + d$$

式中: y_1 为第一阶段年轮宽度; x 为树令; c 和 d 为系数。如我们对太白落叶松 (A) 所做的第一阶段 (从第一个年轮到年轮宽度最大的第 18 个年轮生长另订正的回归直线方程为:

$$y_1 = 16.75 + 11.8x$$

其图形如各图所示, 年轮宽度 y_1 的单位是 10^{-2} 毫米。

第二阶段是树木生长幼年期以后, 年轮宽度逐渐减小一段, 可配一条双曲线

$$y_2 = a + \frac{b}{x}$$

式中: y_2 为第二阶段的年轮宽度; x 为树令; a 和 b 为系数。如我们对太白落叶松 (A) 第二阶段 (从年轮最宽的第 18 个年轮起到最后的第 165 个年轮止) 所作生长另订正曲线:

$$y_2 = 90.4 + \frac{2113}{x}$$

式中、 y_2 为第二阶段的年轮宽度，单位是 10^{-2} 毫米，其各形如各 2 所示。

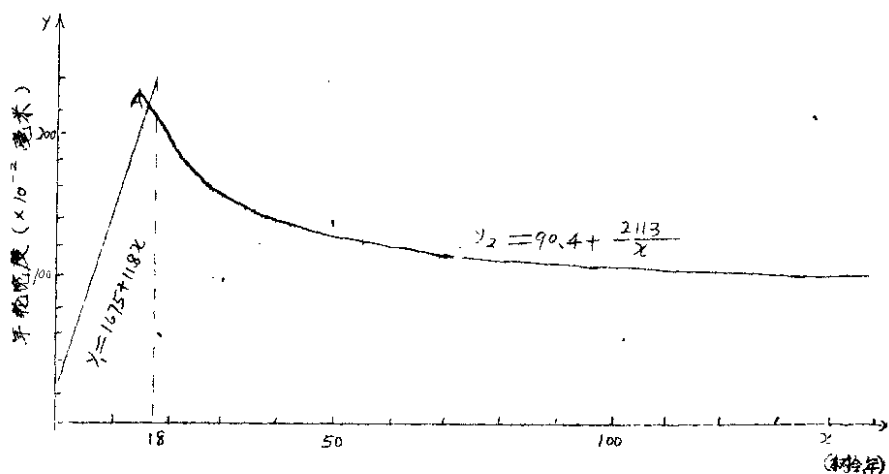
由于第一阶段的直线和第二阶段的双曲线并不总在年轮最宽处相交（如各 2），因此年轮宽度最高点会出现两个订正值，为了解决这个矛盾，我们采用将直线和双曲线延长的相交点（如各 2 上的 A 点）作为实际订正中的第一阶段和第二阶段的分界点。

对于第二阶段的生长另订正，除采用上述的双曲线外，还可选用其他线型，如指数曲线：

$$y_2 = a e^{bx} + k$$

式中 y_2 为第二阶段年轮宽度； x 为树令； e 为自然对数的底，等于 2.71； a 、 b 为统计参数、 k 为决定函数的自由项。

还可用正交多项式对年轮宽度与树令的关系配回归，具体计算方法可参攷 (19)。



各 2. 太白落叶松 (A) 年轮宽度的年令曲线

根据求得各阶段年轮宽度与树令关系的回归方程，计算各树令的年轮宽度 ($y(t)$)，这个年轮宽度可视为只受年令因素控制的年轮宽度，将它去除相应树令的实际年轮宽度 ($y(t)$)，即得剔除树木自身年令因子后的年轮指数序列：

$$\lambda(t) = \frac{y(t)}{y(t)}$$

式中 $\lambda(t)$ 为年轮指数序列，它是一个无量纲的比值。如附图 4 就是剔除树木年令因子后的太白落叶松 (A) 的年轮指数曲线。

五. 分 析

1. 年轮与气候的相关分析：

年轮宽度资料经过剔除年令因子后，就可以与气候因子求相关，即分析邻近气象台站的观测资料与同期的年轮指数的关系，看年轮指数与气候要素间存在什么关系。如果我们找到的年轮指数与某气候要素关系较好，其相关系数达到一定的数值并不能对它们之间的关系作解释，我们就认为它们是相关的，年轮指数能够表征这一地区某个气候要素，就可以根据年轮指数的变化来推测某气候要素的历史变化和今后的趋势。

在实际工作中，由于提供相关分析的气候资料年代很短，往往只有一、二十年，最多又有四、五十年，而年轮资料一般都有一、二百年或以上，与气候观测资料同期的是树木生长后期的年轮资料，这一段时期的树木径向生长率的年令趋势已不甚明显，因此，年轮宽度资料可以不剔除年令因子就与气候要素求相关。这样，我们就用不着对气候要素相关不好、不能提供气候信息的年轮样本作年令因子的估计和剔除了。

在作年轮与气候要素相关分析时，应尽量利用我们掌握的树木生理学和气候学知识，选择适当的气候台站，对树木生长影响较大的、并又是我们在超长期预报中关心的气候要素（如气温、降水、气压等）。此外，由于气候要素对年轮的影响并不是所有季节都一样，因此相关分析中应考虑将气候要素分不同季节与年轮宽度求相关系数，如分为1—12月；4—10月和5—9月（表示生长季的气候）；3—7月和上一年9—当年8月（表示生长季前期或上一年气候）。

我们将在秦岭太白县黄柏峪林场采到的三个年轮样本，分别与太白、佛坪、西安的气温和降水求相关，发现太白落叶松(A)年轮宽度与西安的气温以及与佛坪的降水相关较好，相关系数均通过0.05显著性水平的检验（见表1）。

表1. 太白落叶松(A)与佛坪降水，西安气温的相关系数

	1-12月	4-10月	5-9月	3-7月	上一年9月-当年8月	资料年数	$Y_{\alpha=0.05}$
佛坪降水	-0.64	-0.55	-0.56	-0.48	-0.44	18	0.468
西安气温	0.45	0.46	0.49	0.47	0.54	43	0.304

太白落叶松(A)生长在海拔2750米左右，已是秦岭森林分布的上部，树木生长的热量条件不很充足，年轮宽度受气温影响显著，这是不难理解的。为什么与西安气温的相关性好呢？我们从陕北的榆林、关中的西安、陕南的汉中这三个代表陕西不同气候区的站的年平均气温变化来看（见图5），三个站的最高年气温均出现在1941年，从40年代后气温都逐渐下降，这反映陕西全省的气温变化趋势是一致的，因此太白落叶松(A)的年轮宽度与西安气温相关较好也是自然的，气温高，年轮就宽。从太白落叶松(A)年轮宽度的变化，我们可以大致推知过

去陕西气温的变化。

我们将在黄陵县采到的年轮样本，分别与洛川、宜君、榆林的气温和降水求相关，发现黄陵梨园柏树年轮宽度与洛川降水的相关最好，1-12月、4-10月和3-7月的相关系数均通过0.05显著性水平的检验（见表2）。

表2·黄陵梨园柏树与洛川降水的相关系数

	1-12月	4-10月	5-9月	3-7月	上年9月-当年8月	资料年数	$t_{\alpha}=0.05$
洛川降水	0.46	0.49	0.41	0.47	0.39	20	0.444

黄陵梨园柏树是生长在干旱的渭北高坑区的北部，降水变率大，树木生长受降水控制也是可以解释的。

我们进一步将梨园柏树年轮宽度与黄陵以及邻近地区历史旱涝记载作了对照，发现旱年与年轮窄年有很好的对应，涝的年份年轮有宽的倾向。例如本世纪60年代末到70年代初，黄陵以至陕西都连遭大旱，对应的年轮宽度持续很窄。1719-1722年和1792-1797年也是黄陵历史上的大旱年份，对应的年轮也很窄。我们统计了一下，在梨园柏树生长的327年中，黄陵及邻近地区有记载的旱年有78次，对应当年之轮很窄的有67次，次年之轮很窄的7次，合计74次，对应率为95%，只有四个旱年在当年或次年的年轮上没有明显反应。因此，我们认为黄陵梨园柏树年轮是能够代表降水的。不过，由于各年降水局地影响很大，如附录6的榆林、西安、汉中三站年降水累变化曲线互不相似，因此，黄陵梨园柏树年轮只能是反映黄陵及邻近地区的降水。

2·滑动平均和气候趋势

对与气候要素相关较好的年轮指数（或年轮宽度）序列求