

## 关于六盘山寒温性针叶林的问题\*

卓正大 张宏建

(华南师范大学地理系)

### 一、前言

耸立于我国西北陇东黄土高原和陇西黄土高原之间的六盘山,是一座近似南北走向的石质山地。全长240公里,主要绵亘宁夏和甘肃2省(区)交界地区。界于北纬 $34^{\circ}30'$ — $36^{\circ}30'$ ,东经 $105^{\circ}52'$ — $106^{\circ}43'$ 。这里资源丰富,植被的水源效益显著,被誉为黄土高原的“绿岛”。

1982年宁夏四届人大九次会议决定,把六盘山林区(宁夏境内)划为水源涵养林自然保护区。我们在1984—1985年考察这一保护区的植被过程中,发现六盘山的植被与邻近的山地有明显的差异。其中之一就是六盘山现今不存在山地寒温性针叶林。我们根据古树木、孢粉分析、 $^{14}\text{C}$ 测定和生态地理规律,对这一现象进行了比较深入的研究。

对六盘山山地寒温性针叶林存在问题的阐明,不仅对揭示本区森林垂直分布规律有重大意义,而且对自然保护区恢复森林植被,以及森林资源利用提供科学依据。

### 二、现今植被分布概况

六盘山植被曾受人类长期干扰和破坏,许多原生植被类型几乎破坏殆尽。尤其森林分布面积和范围大大减少,目前多集中在西兰公路以南,而公路以北,多呈小块状零星分布。其中,少脉槲(*Tilia paucicostata*)林和华槲(*T. chinensis*)林仅小面积分布在东部和南部海拔1700—2300米之间;辽东栎(*Quercus liaotungensis*)林则成为山地前缘地带的主要群落类型。山杨(*Populus davidiana*)林、白桦(*Betula platyphylla*)林和红桦(*B. albo-sinensis*)林为分布范围较广、面积较大的森林类型,多分布在海拔2500米以下的山地阴坡和阳坡。在海拔2500米以上,这些森林逐渐被耐瘠薄、耐寒的糙皮桦(*B. utilis*)林所取代。华山松(*Pinus armandii*)林多分布在海拔2000—2500米的偏僻山地和悬崖峭壁上,油松(*P. tabulaeformis*)林仅残留在北部固原须弥山海拔1700—2400米的阴坡。

\* 参加野外调查工作的还有黄义雄、王良平

本文1986年4月2日收到。

本区灌丛分布面积很大,除分布在河谷两旁的筐柳 (*Salix cheilophila*) 灌丛,多属上述森林遭受破坏后出现的次生类型。其中,山地外围山麓地区以虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*) 灌丛为主。海拔 2000 米以下,多见川榛 (*Corylus mandshurica*) 灌丛和榛 (*C. heterophylla*) 灌丛。海拔 2000 米以上的山地阴坡,以箭竹 (*Sinarundinaria nitida*) 灌丛和中华柳 (*Salix cathayana*) 灌丛为主;阳坡为峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*) 灌丛、秦岭小檗 (*Berberis circumserrata*) 灌丛和沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 灌丛。

本区草甸也多属森林或灌丛被破坏后形成的次生类型。一般海拔 2600 米以下分布短柄草 (*Brachypodium sylvaticum*) 草甸、苔草草甸、蕨 (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*) 草甸等,尤以蒿 (*Artemisia* spp) + 杂类草和苔草 (*Carex* spp) + 杂类草草甸分布最为常见。海拔 2600 米以上地势较开阔的坡地,山脊和山顶,则为紫穗鹅冠草 (*Roegneria purpurascens*) 草甸和紫苞风毛菊 (*Saussurea iodostegia*) 草甸等,而且群落较稳定,属亚高山草甸类型。

海拔 2300 米以下山地阳坡的草原,与阴坡的森林呈复合排列,组成山地森林草原带。主要类型有分布在海拔 1800 米以上的贝加尔针茅 (*Stipa baicalensis*) 草原、甘青针茅 (*S. przewalskyi*) 草原和 1800 米以下的白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*) 草原,以及上述典型禾草草原被破坏后形成的铁杆蒿 (*Artemisia gmelinii*)、菱蒿 (*A. giraldii*)、冷蒿 (*A. frigida*)、百里香 (*Thymus mongolicus*) 等草原类型。北部的典型草原带,则以大针茅 (*Stipa grandis*) 草原和长芒草 (*S. bungeana*) 草原为代表群落。其北缘则出现短花针茅 (*S. breviflora*)、灌木亚菊 (*Ajania fruticulosa*) 等荒漠草原类型。

通过与邻近诸山如贺兰山、兴隆山等山地植被类型及其分布规律进行对比,发现本区植被分布最显著的特殊性在于,尽管六盘山是一座面积较广、海拔较高的石质山地,但在一定海拔高度上却不存在山地寒温性针叶林,从而其山地现实植被垂直带结构有别于上述山地。这种现象是固有的,还是衍生的?有必要进行深入的研究。

### 三、山地寒温性针叶林的存在问题

我们根据下列事实,认为六盘山在一定海拔高度的阴坡曾经存在寒温性针叶林。

1. 根据鉴定我们在六盘山所得到的埋藏古木,为云杉属 (*Picea*) 的一种,直径 64 厘米,<sup>14</sup>C 断代测定距今为  $7130 \pm 80$  年。另外,陈加良(1981)所取得的古木,经鉴定不仅有云杉属树种,也有冷杉属 (*Abies*) 树种,经 <sup>14</sup>C 测定距今  $7300 \pm 120$  年到  $8900 \pm 120$  年(均未做年轮校正)。从上述古木出土地点来看,六盘山南部最集中,如泾源县二龙河林场小南川和固原县和尚铺等地,而且以云杉树种比重最大,占出土古木的 40% 以上,冷杉占 10% 左右。对这些古木进行测树学复原,树木高达 20 米以上。有的古木至今还残存 1—3 米长的侧枝,埋藏地点也多在偏僻地段,说明这些古木并非从外地搬运来的。由此可见,当时六盘山确有云杉和冷杉存在。

2. 根据我们采集到的孢粉样品分析,位于海拔 2100 米的阴坡,距地表 0—10 厘米的土壤层中,含有少量的云杉属和冷杉属的孢粉(No.1 样地)。在海拔 1980 米河谷阶地与埋藏古木同一部位的土层,则含有大量的云杉属孢粉(No.2 样地)。上述结果完全与出土古树的种类相吻合。



3. 从云杉和冷杉的分布特点来看, 虽然云杉、冷杉在全球分布很广, 但又是生态幅度较窄的植被类型。它们要求一定的水热条件, 即需要温凉的气候和比较分明的四季, 冬季有一定的雪被。但决定云冷杉林分布最重要的指标, 在热量方面莫过于最热月的温度。从山地云冷杉林分布高度与气温关系来看, 山地云冷杉林分布高度上限的最热月平均温度约为  $10^{\circ}\text{C}$ , 下限为  $15^{\circ}\text{C}$ , 低于或高于这一温度, 都可能使云冷杉林的生长受到抑制。在水分方面, 云冷杉林分布地区的年平均相对湿度通常均不小于  $60\%$ , 年降水量不低于  $600$  毫米, 特别是在生长季要求充足的水分条件。满足这种生态条件的邻近诸山, 都存在以云杉或冷杉为主的山地寒温性针叶林。如地处六盘山北面的贺兰山(高正中, 1982), 海拔  $2200-3100$  米的阴坡, 分布青海云杉 (*Picea crassifolia*) 林。地处西面的兴隆山, 海拔  $2200-3100$  米的阴坡, 分布青杆 (*P. wilsonii*) 和青海云杉组成的山地寒温性针叶林。地处南面的秦岭太白山(中国植被编委会, 1980), 北坡海拔  $2600-3350$  米分布以冷杉 (*Abies chensiensis*, *A. fargesii*) 和太白红杉 (*Larix chinensis*) 为主, 伴生云杉 (*Picea asperata*, *P. wilsonii*) 的山地寒温性针叶林。其东面的子午岭, 因山地海拔低, 不具备发育山地寒温性针叶林的条件, 所以不存在山地寒温性针叶林。而六盘山是一座全长  $240$  公里、面积约  $6500$  平方公里的山地, 海拔均在  $2500$  米以上, 最高峰米缸山  $2942$  米。根据六盘山气象站 ( $2840.3$  米) 记录, 最热月平均气温  $11.8^{\circ}\text{C}$ , 年降水量  $676.9$  毫米, 年平均相对湿度  $68\%$ 。水热同期, 冬季有积雪, 完全具备云杉林生存的条件, 理应有山地寒温性针叶林分布。

4. 从本区植被动态来看, 山地上部现存的森林类型主要有山杨林、白桦林和红桦林等。在我国北方地区, 特别是六盘山周围邻近山地, 通过对云杉林和冷杉林演替规律的分析, 发现云杉林和冷杉林破坏以后, 往往出现山杨或白桦、或红桦等先锋树种, 并迅速成林。同时, 原来存在于山地寒温性针叶林下的伴生种, 如午鹤草 (*Maianthemum bifolium*)、藓生马先蒿 (*Pedicularis muscicola*)、箭竹等许多种类在灌丛护蔽下, 可在次生的桦杨林等下面保存下来。与此相应, 分布于  $2300$  米以上的这些林型下面仍然保存着与山地寒温性针叶林下相适应的土壤类型——山地典型灰褐土和山地淋溶灰褐土。这些都表明山地寒温性针叶林破坏以后, 相继演变成各类桦杨林、灌丛和草甸等。

#### 四、山地寒温性针叶林分布的海拔高度问题

如前所述, 六盘山曾存在山地寒温性针叶林, 而且是山地上部阴坡主要的森林类型。现根据数学模型和最热月均温与针叶林分布上下限的相关, 进一步推算寒温性针叶林分布的海拔高度。

1. 根据数学公式(李文华等, 1980) 计算本区及其周围山地云杉林分布上限的理论值。

3 种计算公式为:

$$H_1 = 5815.3 + 64.188x - 131.311y - 0.55008x^2 + 0.06219xy + 0.0027084x^2y \quad (1)$$

$$rym = -0.9579$$

$$H_2 = -2965.175 + 301.04202x - 1.8305x^2 + 14.215668y$$

$$-3.8047126xy + 0.02337222x^2y + 54858.272 \left( \frac{1}{y-20} \right) - 1463.8897 \left( \frac{x}{y-20} \right) + 8.0874095 \left( \frac{x^2}{y-20} \right) \quad (2)$$

$$Y_{ym} = 0.9679$$

$$H_3 = 10000 - 30x - 100y \quad (3)$$

式中:  $Y_{ym}$ ——复相关系数  $y$ ——纬度  $x$ ——经度  $H$ ——云杉林分布的理论上限(米)

计算结果见表 1。

表 1 根据不同公式推算的云杉林上限的海拔高度与实际高度的比较

Table 1 The upper limit altitudes of the spruce forest calculated by the different formulae compared with the actual altitudes.

地点 Locality	地理位置 Geographical situation		云杉林上限 实际高度(米) The actual altitude on the upper limit of the spruce forest (m)	根据不同公式推算的云杉林上限高度(米) The upper limit altitudes of the spruce forest calculated by different formulae (m)			
	东经 East longitude	北纬 North latitude		H1	H2	H3	平均值 $\bar{H}$ Average value ( $\bar{H}$ )
六盘山 Liupan Mountains	106.1	35.7		3069	3244	3247	3186
贺兰山 Helan Mountains	106.0	39.0	3100.0	2761	2933	2920	2871
兴隆山 Xinlong Mountains	104.0	36.0	3100.0	3101	3279	3280	3220
太白山 Taibai Mountain	108.0	34.0	3350	3169	3327	3360	3285

表 2 根据公式④推算的云杉林下限高度与实际高度的比较

Table 2 The lower limit altitudes of the spruce forest calculated by formulae (4) compared with the actual altitudes.

地点 Locality	云杉林下限 实际高度(米) The actual altitude on the lower limit of the spruce forest (m)	云杉林分布的 实际幅度(米) The actual range on the distribution of the spruce forest (m)	云杉林下限的 理论值(米) The theoretical value on the lower limit of the spruce forest (m)	植被基带 The basic vegetational belt	云杉林主要建群种 The main constra- ctive species of the spruce forest
六盘山 Liupan Mountains			2336	温带森林草原带 Temperate forest-steppe belt	青海云杉、青杆(推测) <i>Picea crassifolia</i> , <i>P.</i> <i>wilsonii</i> (guessed)
贺兰山 Helan Mountains	2200	900	2021	温带荒漠草原带 Temperate desert steppe belt	青海云杉 <i>Picea crassifolia</i>
兴隆山 Xinlong Mountains	2200	900	2370	温带典型草原带 Temperate typical steppe belt	青海云杉、青杆 <i>Picea crassifolia</i> <i>P. wilsonii</i>
秦岭太白山 Taibai Mountain	2600	750	2435	暖温带落叶阔叶林带 Warm temperate deciduous broad- leaved forest belt	云杉、青杆 <i>Picea asperata</i> <i>P. wilsonii</i>

又由于六盘山周围山地云杉林分布的垂直幅度平均在 850 米左右,所以,假设其垂直分布幅度为 850 米,用下列公式计算云杉林分布下限的理论值。

$$\text{即} \quad H' = \bar{H} - 850 \quad (4)$$

式中:  $H'$  ——云杉林分布下限的理论值。

$\bar{H}$  ——不同公式计算出的云杉林分布上限的平均理论值、

计算结果见表 2。从表 1 和表 2 中看出,运用上述 4 种公式计算云杉林分布高度的理论值,其结果与实际高度较为一致,二者相差仅在 65—230 米之间,证明这些数学模式是适用于六盘山及其周围山地的。由于现今云杉林的分布高度,除受自然因素(主要是水热条件及其组合)的支配,人为因素也起很大的作用,可导致其分布高度的变化,甚至使这一植被类型遭到灭绝。因而,出现误差是难免的。此外,云杉林分布高度的理论值,在干旱地区(如贺兰山)低于实际高度,而在湿润地区(如太白山)高于实际高度,说明随着干燥度的增大,山地云杉林分布高度也相应抬升。

通过计算,六盘山云杉林分布的理论上限为 3186 米,理论下限为 2336 米。综合当地地形及海拔高度对山区气候的影响,推测其分布的实际下限约为 2300 米左右。

2. 前面说过,限制山地寒温性针叶林分布的热量指标是最热月均温,即一般其分布高度上限的最热月均温不小于  $10^{\circ}\text{C}$ , 下限则不大于  $15^{\circ}\text{C}$ 。从这一条件出发,推导出以下两种公式,计算本区云杉林分布上下限的理论高度。即:

$$H_{\text{上}} = H_a + \frac{T_a - 10}{\Delta T} \times 100 \quad (5)$$

$$H_{\text{下}} = H_a - \frac{15 - T_a}{\Delta T} \times 100 \quad (6)$$

式中:  $\Delta T$  为最热月均温的递减率 ( $^{\circ}\text{C}/100$  米), 其运算公式为

$$\Delta T = \frac{T_b - T_a}{H_a - H_b} \times 100$$

$H_{\text{上}}$  和  $H_{\text{下}}$  ——云杉林分布高度的理论上限和理论下限(米)

$H_a$  和  $H_b$  ——山地上部和山地下部某一点的海拔高度(米)

$T_a$  和  $T_b$  —— $H_a$  高度和  $H_b$  高度处的最热月均温( $^{\circ}\text{C}$ )

六盘山气象站和泾源气象站相距不远,前者海拔 2840.3 米 ( $H_a$ ), 最热月均温  $11.8^{\circ}\text{C}$  ( $T_a$ ); 后者海拔 1941.2 米 ( $H_b$ ), 最热月均温  $17.2^{\circ}\text{C}$  ( $T_b$ ), 二者之间最热月均温的递减率为  $0.6^{\circ}\text{C}/100$  米 ( $\Delta T$ )。把上述数据代入公式 ⑤ 和 ⑥, 就可计算出本区山地云杉林分布高度的理论值。

$$H_{\text{上}} = 2840.3 + \frac{11.8 - 10}{0.6} \times 100 = 3140.3 \text{ (米)}$$

$$H_{\text{下}} = 2840.3 - \frac{15 - 11.8}{0.6} \times 100 = 2307 \text{ (米)}$$

这两个数值与前一方法计算出的理论值较为接近,进一步确定云杉林分布下限高度为 2300 米左右。



## 五、关于山地寒温性针叶林消失的原因

现今六盘山不但无天然的云杉林或云冷杉混交林存在，也不见天然生长的云杉和冷杉树种。究其原因，可能有两个方面。

1. 自然因素：据研究(竺可桢, 1972; 卓正大等, 1978)，全新世期间气候没有发生大的变化，只是冷暖交替的小波动。这种变化只能引起六盘山山地寒温性针叶林分布高度的上下摆动，而不会导致其消失。然而，从所出土的云冷杉古木来看，大多系强大外力砸折而断，而非斧锯造成的；而且，古树本身还残存有长侧枝茬桩。这些现象说明古树很可能是由于地震引起山崩陷入土中的。因为六盘山是我国地震活动强度较大的地区之一，属于我国祁吕贺山字型构造地震带，我国历史上发生过的 17 次 8 级以上大地震，就有 7 次分布在这一构造体系内。从在甘肃景泰县三塘上东南所作的古地震剖面看，海原断层上全新世古地震，包括全新世以来 6 次 8 级以上大地震事件，其发生年代经  $^{14}\text{C}$  测定为：① 1920 年海源地震破裂带；② 距今不到 200 年；③ 距今  $3680 \pm 60$  年；④ 距今  $6300 \pm 70$  年，⑤ 距今 7830 年(内插)；⑥ 距今  $9360 \pm 75$  年(全新世早期)。其中，后 3 次地震发生年代接近出土古木的年代，从而证实这些大地震对寒温性针叶林产生了巨大的破坏作用。但地震的破坏程度再大，也不能毁灭这一地区的寒温性针叶林。

2. 人为因素：本区地处农牧业交界地带，人类活动较频繁。据历史资料记载(高正中, 1982; 陈加良等, 1981)，对本区天然植被的开发利用是在春秋时期由畜牧业开始的，说得上真正大规模地开发利用，则是从秦汉时期开始。从隋唐王朝到清代，本区植被破坏得更为严重，到民国初期，森林植被所剩无几。人类通过砍伐森林、开垦农田、放牧以及频繁的战争等一系列活动，导致本区山地寒温性针叶林遭受严重破坏，最终消失。所以，六盘山寒温性针叶林的消失主要决定于人为因素。

## 六、结 论

本文讨论了六盘山山地寒温性针叶林的存在问题，通过多种方法和手段进行研究，得出了下述结论：

1. 六盘山曾存在过山地寒温性针叶林，以云杉林为主，主要树种为青杆和青海云杉，青杆分布在下部，青海云杉在上部。山地上部的云杉林中，还混生有冷杉树种，组成云冷杉混交林。

2. 云杉林或云冷杉混交林分布在生境冷湿的山地中上部，即海拔 2300 米以上的山地阴坡，且和阳坡的森林共同组成山地森林带。

3. 云杉林或云冷杉林从六盘山山地消失，除自然因素外(主要是地震)，主要是人为因素造成的。

## 参 考 文 献

- 中国植被编辑委员会, 1980, 中国植被, 818—822, 科学出版社。
- 竺可桢, 1972, 中国近五千年气候变迁的初步研究, 考古学报(1): 35—38。
- 李文华、周沛村, 1980, 暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型的研究, 自然资源(2): 21—33。
- 陈加良、文焕然, 1981, 宁夏历史时期的森林及其变迁, 宁夏大学学报(自然科学版)(1): 49—56。
- 卓正大、胡双熙、张先恭、赵漆、王芸生、刘光远, 1978, 祁连山地区树木年轮与我国近千年(1059—1975)的气候变化, 兰州大学学报(2): 145—157。
- 高正中, 1982, 宁夏山地植被分布规律解析, 宁夏农业科技(2): 26—31。

This paper deals with the existing of the cold-temperate coniferous forest in Linpan Mountain in past time. Based on buried ancient trees (including  $^{14}C$  dating and tree species identifying), pollen analysis succession and ecological geographical law of spruce and fir and so on, it demonstrates that this type of vegetation composed chiefly of spruce forest having been in existence. It demonstrates that this type of vegetation composed chiefly of spruce forest having been in existence. In the near mountains, we suppose that the consecutive species of the spruce forest were *Picea wilsonii* and *P. crataegifolia*, in which the former occurred below the latter, and *Abies* was also included in the tree composition.

We calculated the theoretical value of distribution altitude of the forest in Linpan Mountain, by applying two mathematical formulas. Considering the influences of mountainous topography and habitat features, we infer that this type of forest composed mainly of spruce existed on northern slope above 3300 m in this region and constituted the mountainous forest belt with some other forest types on southern slope.

Finally, we consider that the main reasons which led to the extinction of the coniferous forest were mainly anthropic factors, though it had been destroyed to some extent by earthquakes.

Studies on this problem not only have the important significance of revealing the vertical distribution law of forest in Linpan Mountains but also provide the scientific basis for renewing the forest vegetation and recovering the forest resource in this area.

## ON THE PROBLEM ABOUT THE COLD-TEMPERATE CONIFEROUS FOREST IN LIUPAN MOUNTAINS

Zhuo Zhengda Zhang Hongjian

(South China Normal University)

This paper deals with the existing of the cold-temperate coniferous forest in Liupan Mountains in past time. Based on buried ancient trees (including  $^{14}\text{C}$  dating and tree species identifying), pollen analysis succession and ecological geographical law of spruce and fir and so on, demonstrates that this type of vegetation composed chiefly of spruce forest having been in existence demonstrates that this type of vegetation composed chiefly of spruce forest having been in existence spruce-fir forest in the near mountains, we suppose that the constrictive species of the spruce forest were *Picea wilsonii* and *P. crassifolia*, in which the former occurred below the latter, and *Abies* was also included in the tree composition.

We calculated the theoretical value of distribution altitude of the forest in Liupan Mountains, by applying two mathematical formulae, Considering the influences of mountainous topography and habitat features, we infer that this type of forest composed mainly of spruce, existed on northern slope above 2300 m in this region and constituted the mountainous forest belt with some other forest types on southern slope.

Finally, we consider that the main reasons which led to the extinction of the coniferous forest were mainly anthropic factors, though it had been destroyed to some extent by earthquake.

Studies on this problem not only have the important significance of revealing the vertical distribution law of forest in Liupan Mountains but also provide the scientific basis for renewing the forest vegetation, and recovering the forest resource in this area.