

文章编号: 1003—7578(2001)01— 72— 06

# 黄土高原气候变迁、植被演替与土壤干层的形成

李裕元

邵明安

(中国科学院水利部, 水土保持研究所, 陕西杨凌, 712100)

**摘要:** 2.5MaB.P. 以来, 受地球轨道要素周期性变化和青藏高原阶段性强烈隆升的影响, 黄土高原地区气候存在着干期与湿润交替出现的现象, 但总的趋势是向干旱化方向演化。黄土高原第四纪以来草本植物一直较为繁茂, 木本植物仅在少数几个时期处于优势地位。现代黄土高原人工林草植被普遍存在着土壤干层问题。土壤干层的形成是气候干旱化过程中必然出现的现象, 它是导致植被演替的直接原因之一。人工植被激发并强化了土壤干层的形成。土壤干层的形成是气候干旱化和人工植被选择不当两个方面综合作用的结果, 但有望通过有关人工措施使其危害得到缓解。

**关键词:** 黄土高原; 土壤干层; 气候变迁; 人工植被; 植被演替

**中图分类号:** P461<sup>+</sup> · 4      **文献标识码:** A

自60年代中期在黄土高原发现土壤干层以来<sup>[1]</sup>, 不同植被条件下的土壤水分问题一直成为土壤学和生态学领域研究的热点<sup>[1]-[9]</sup>, 已有的研究成果表明, 在黄土高原地区农田、草地和人工林地均存在不同程度的水分亏缺, 即使经过雨季, 某些土层土壤水分也不能恢复到正常水平, 形成所谓的土壤干层, 限制了农作物的生产, 并导致了许多人工植被因水分亏缺而衰败, 甚至成片死亡, 严重制约了黄土高原的生态环境建设。

第四纪研究表明, 于3.4MaB.P. 左右, 青藏高原开始强烈隆升<sup>[10]</sup>, 到第四纪初(2.5MaB.P.) 青藏高原平均海拔高度已达到1500~2000m, 到0.15MaB.P., 青藏高原面已上升到平均海拔接近4000m, 亚洲季风气候建立并逐渐加强, 我国西北地区开始出现大面积的黄土堆积, 黄土高原开始形成。从早更新世到晚更新世, 黄土堆积的发展标志着我国北方存在着气候变干的总趋势<sup>[11]</sup>。根据现代生物气候地带性原理, 一定的气候条件(热量和水分条件为主导因素)必然发育与其相适应的植被类型, 当气候条件发生演变时, 植被类型也必然发生相应的变化。黄土高原土壤干层的形成并不仅仅体现了植物耗水与土壤干旱间的矛盾关系, 从更深层次来讲, 它反映了气候变迁对植被演替的影响。本文拟从黄土高原第四纪以来气候变迁与植被演替的角度论证黄土高原土壤干层形成的必然性。

## 1 第四纪以来黄土高原气候的变迁与植被演替

### 1.1 黄土高原气候的变迁

受地球轨道要素周期性变化的影响, 2.5MaB.P. 以来黄土高原气候呈现出明显的湿期(雨期)和干期(间雨期)交替的现象, 即气候旋回, 其变化周期为几万到几十万年时间尺度。黄土剖面中存在的多层黄土-古土壤有节律性的空间排列和黄土堆积范围的阶段性扩展, 即是黄土高原气候变迁的有力证据。

\* 收稿日期: 2000-5-15。

基金来源: 中国科学院资源与生态环境研究重大项目(KZ951-BI-211)。

作者简介: 李裕元(1963-5-), 男, 河南博爱人, 在读博士, 研究方向: 旱地、土壤水分和溶质研究。 <http://www.cnki.net>

丁仲礼等(1989)根据黄土-古土壤序列的空间对比,将 2.5Ma 以来的气候变化划分为 37 个大的旋回<sup>[2]</sup>,然后又进一步将其划分为 110 个次级气候阶段。黄土剖面中的每一层古土壤都代表了一次暖湿气候阶段,而每一层黄土却代表了一次干冷气候阶段。从黄土地层来看,黄土的沉积旋回厚度越来越大,跨时越来越长,反映了季风气候波动周期越来越长,振幅加大,黄土与古土壤的叠覆状况说明气候的干湿对比越来越明显,也表明我国西北地区气候一直在向干旱化的方向演化。

## 1.2 黄土高原的植被变迁

黄土高原目前前年均降水量从东南的 600mm 向西北逐渐减少为 200mm<sup>[3]</sup>,现代天然植被也具有明显的地带性规律,即自东南向西北由华北落叶阔叶林区经森林草原区向干草原区进而向荒漠草原区逐渐过渡,而且现代气候条件与黄土中的水分状况也自东南向西北愈趋干燥,呈现出明显的方向性变化<sup>[4]</sup>,这三者间具有完全吻合的变化规律。类比黄土高原现代植被与气候间的相互关系,可以推测地质时期古植被所反映的气候变迁。(表 1)

表 1 中国黄土相沉积气候指标(据朱照宇,1994)

Tab. 1 Climatic Index of Loess Phase Deposition in China (from Zhu zhao- yu, 1994)

黄土相 Loess phase	年龄 Age (Ma BP)	孢粉含量 Spore-pollen content%							化学成分 Chemical composition CaO(%)
		草 本	木 本	阔 叶	喜 冷	喜 暖	喜 干	喜 湿	
S <sub>0</sub>	0.000~0.010	63	22	22	3	13	3	0	1.18
L <sub>1</sub>	0.010~0.092	84	15	13	0	0	3	0	8.33
S <sub>1</sub>	0.092~0.127	60	34	31	0	16	0	0	0.98
L <sub>5</sub>	0.375~0.468	76	20	12	4	0	0	4	7.75
S <sub>5</sub>	0.468~0.505	19	73	31	0	4	1	1	0.70
L <sub>9</sub>	0.788~0.852	89	9	6	0	0	13	0	7.59
S <sub>9</sub>	0.852~0.865	25	58	41	0	0	0	0	0.84
L <sub>15</sub>	1.152~1.176	90	5	0	0	0	29	0	5.62
S <sub>15</sub>	1.176~1.197	22	67	25	0	2	2	0	2.12
L <sub>24</sub>	1.573~1.637	89	0	0	5	0	37	0	5.34
S <sub>24</sub>	1.637~1.648	65	34	17	0	2	0	0	2.99
L <sub>27</sub>	1.873~2.037	67	33	11	0	0	0	0	7.03
S <sub>27</sub>	2.037~2.048	...	...	...	...	...	...	...	2.86
L <sub>32</sub>	2.252~2.417	56	40	12	4	2	8	2	6.71

S 为古土壤, L 为黄土。

我国第四纪以前(第三纪晚期)的气候较现在温暖得多,全国许多地方都处在热带亚热带气候笼罩之下,气候分带不太明显。西北地区是温带森林草原的半湿润气候<sup>[4]</sup>。大约自 2.5MaBP 开始,与北半球气候变化相一致,中国大陆气候开始向干冷方向演化,并开始发生黄土堆积,黄土高原黄土-古土壤序列开始发育,植被中的热带亚热带分子迅速减少,草本植物花粉突然增加<sup>[5]</sup>。由于青藏高原的隆起而建立的蒙古-西伯利亚冷高压反气旋造成东亚大陆冬季天气干冷的气候特色,在夏季风雨季到来之前,还会出现明显的春旱。由于东亚大陆东部缺乏明显的地形障碍,冬季寒流得以较顺利地向南侵袭,有助于适应大陆性气候的低温旱生多年生禾草植被-草原向东南方向扩展,而限制了要求温和湿润冬季的落叶阔叶林的分布。虽然在作为古代文明发祥地的中原地区(指黄河中下游地区),数千年来的人类垦殖活动消灭了原始的森林植被,助长了草原的发展,但总的说来,东亚大陆上落叶阔叶林的分布远不如世界其它同纬度地区(如西欧与北美地区)分布的广泛,而是迅速地东亚大陆中部尖灭:其优势树种组成以较耐旱的落叶栎类(*Quercus*)为主,或为山杨(*Populus davidiana*)、桦木(*Betula* spp.)、榆(*Ulmus* spp.)等森林草原树种<sup>[6]</sup>。孢粉分析显示,黄土高原黄土剖面中,即使在相对温湿的古土壤形成阶段植

物分布也主要以草本为主,而且剖面中均含有较多的蒿属(*Artemisia*)植物孢粉,表明黄土高原在第四纪均以草原植被为主<sup>[6]</sup>,只有少数几个时期,如 1.197–1.176MaBP(S<sub>15</sub>)、0.865~0.852MaBP(S<sub>9</sub>)和 0.468~0.505MaBP(S<sub>5</sub>)三个阶段木本植物处于较为明显的优势(表 1),显示这些阶段植被类型以森林为主。+在我国整个北方地区,草本植物在时间和空间上均广泛分布,并且旱化程度及发展自西逐渐增强。更新世以后,随着气候的变冷变干和季节性加剧,草本植物区又进一步演化与发展,出现在孢粉组合中的数量越来越大,显示其重要的地位和作用。木本成分也同样反映出干旱的影响。在更新世,以生态幅度大、适应性强的松树(*Pinus*)的分布最为普遍,阔叶树种类也主要是榆(*Ulmus*)、栎(*Quercus*)、椴(*Tilia*)、榛(*Corylus heterophylla*)等喜温耐干的成分。更新世暖期的植被是温带针阔叶疏林和草原景观。李文漪(1998)对渭河盆地更新世植被与气候的研究表明,该区植被演化过程可能为:疏林草原–针阔叶混交林(云杉林为主)–草原–疏林草原,相应的气候发展过程为温和半干旱–寒温半湿润–温和半干旱<sup>[7]</sup>。渭河盆地以北的黄土高原特别是黄土覆盖区气候应更为干旱,植被类型主要以森林草原–草原植被为主,森林植被主要零星分布在黄土高原的石质山区。

以上说明黄土高原植被变迁的宏观趋势。考虑到黄土高原沟谷系统的存在,及其所具有的特殊微环境条件,即使在干冷气候阶段水分条件较好的沟谷之中也可能有森林的分布。刘东生等通过对洛川塬坡头孢粉的研究证明,地质时期黄土高原曾有森林–森林草原环境的沟谷和干草原–草原环境的塘、梁、峁彼此镶嵌的环境结构<sup>[8]</sup>。

### 1.3 历史时期以来黄土高原的气候演变与植被变迁

人类出现以来,特别是有史料记载以来黄土高原地区的植被状况曾发生了很大程度的变迁,草原界线南移,森林面积逐渐缩小。据史料记载和考古分析推测,黄河中游自西周以来森林植被的分布可划分为四个阶段<sup>[9]</sup>:西周~战国、秦汉~北朝、唐宋、明清~解放前夕。其间主要由于战争、城市和宫殿陵寝建设以及人口的自然增加导致的对薪炭、粮食等需求的增加,造成了对天然森林的严重破坏,致使其分布面积渐趋减少,其过程首先从平原地区开始,然后逐步向丘陵山地延伸。

全新世以来黄土高原植被变迁(主要是森林面积的减少)的主要原因在于人类的破坏,但是从地史学角度来看,黄土高原植被演替的原因也不单纯在于人类,也包含了自然环境变迁的因素。研究表明,全新世总体上属于大暖期气候,但其间的干湿冷暖仍有变迁。在 6000aBP 的温暖时期年均温较现在高 2.5~3<sup>[10]</sup>,从仰韶文化时代到河南安阳殷墟时代,年均温较现在高 2 左右。殷周汉唐时代也属较温暖期,温度高于现代<sup>[11]</sup>,其持续时间均在 300 年以上。从 5000 年来的气候变迁来看,我国基本上是干冷同期、湿热同期,降水变化略滞后于温度变化<sup>[11][12]</sup>。可以推断,较温暖的气候必然有利于自然植被的生长发育,也有利于农业的发展。中国以农业文明著称于世,研究表明,历史上各朝代的鼎盛期往往是降水丰沛的温暖期,如夏、商、西周、汉、唐等朝代,而气候的干冷期往往是政局动荡的历史时期,甚至导致了一些王朝的灭亡,如夏、商、周、唐、宋、明、清等朝代的后期均出现了长期的干旱气候<sup>[13]</sup>。中国唐朝以后的温度变化一直低于现代<sup>[11]</sup>,唐代黄河中游地区的降水量约为 1200mm(南洛河流域上游)<sup>[12]</sup>,而现在该地区的降水量仅 500~600mm。唐以前,历史文献中曾多次记载关中地区有梅、竹林等的分布,并设竹监司管理竹木生产;在西周时期黄土高原还有漆(*Toxicodendron vericiflua*)的分布。梅、竹、漆等典型的亚热带植物种证明黄土高原历史时期曾经有过暖湿气候时期,这就不难理解黄土高原历史时期曾经有过一定面积的森林分布,但随着气候向干冷方向的演化,加之人为破坏等的影响,自然植被由森林–森林草原向较耐干旱气候的草原–干草原植被发生了演化,现代黄土高原森林景观主要分布于沟谷之中和高山地带,而塬、梁、峁均为森林草原和草原植被。

## 2 黄土高原现代人工植被土壤的干层问题及其形成机制

### 2.1 不同人工植被条件下的土壤水分特征

黄土高原地区的人工植被除农地以外,主要包括人工林地(主要有刺槐(*Robinia pseudacacia*)、山杨、油松等乔木林和宁条、沙棘等灌木林以及其它经济林)和人工草地(主要有沙打旺、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)等)。黄土高原地区由于降水少蒸发力大,而地下水埋藏又深,致使土壤经常处于水

分亏缺状态,即使在半湿润气候的洛川地区,裸地农田 2m 土层除雨季土壤水分可得到完全恢复、亏缺现象短期消失外,在全年绝大部分时间内土壤水分都有一定亏缺,林草地与农田相比,土壤水分亏缺程度更为严重。研究表明,淳化试区 20 龄人工油松林在整个生长季节(5~10月),蒸腾耗水占同期降水的 72% 以上,土壤有效水经过生长季节损失 41.9%,亏损部分由非生长季节和丰水年降水补充。试区内年降水量 600mm,属于半湿润气候区,人工油松林地土壤水分收支基本保持平衡,但生长盛期土壤水分一直处于难效状态,而且欠水年支出大于收入<sup>[1]</sup>。甘肃子午岭 40~50 龄辽东栎-白桦混交林和 20~30 龄山杨林的耗水量大于降水量,3~4m 以下出现干燥层<sup>①</sup>,干层的土壤湿度接近萎蔫湿度<sup>[6]</sup>。安塞试区 16 龄刺槐林和柠条林地的土壤水分动态观测表明,随着林龄的增加,树木根系分布范围扩大,生物量增加,蒸腾耗水强度和耗水量增大,土壤水分的亏缺程度渐趋严重,土壤水分的恢复程度逐年降低,但柠条灌木林的恢复程度略好于刺槐林(见图 1)。陕西吴旗飞播沙棘灌木林与封禁荒山的土壤水分观测结果也表现出与上相同的趋势,荒山植被土壤水分的恢复程度也好于沙棘林(见图 2),从垂直分布看,沙棘林 3~5m 深土层储水严重亏缺,但 1~2m 土层水分可得到补偿,且持水量较荒山高,故林下草被生长较对照荒山植被为好<sup>[6]</sup>。

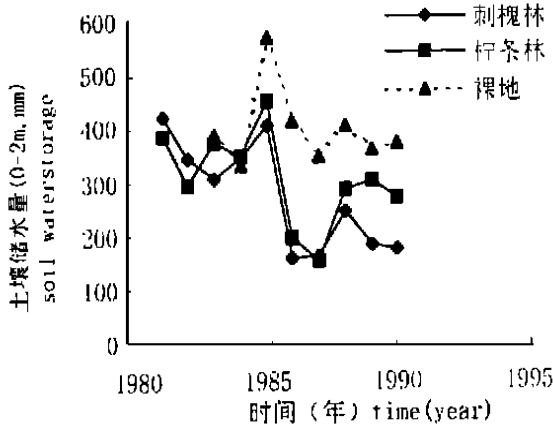


图 1 不同植被条件下土壤水分的年际变化 (据杨文治资料)

Fig. 1 Soil moisture change with years under different vegetation conditions

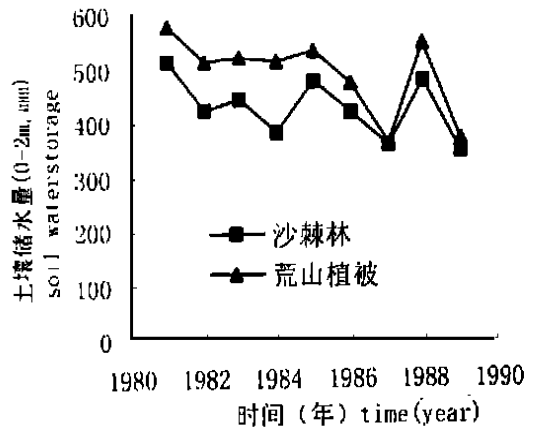


图 2 沙棘林与封禁荒山植被土壤水分的年际变化 (据杨文治资料)

Fig. 2 Soil moisture change with years under sallow thorn forest & forbidden abandoned hill vegetation

人工草地的水分状况略好于人工林地。吴旗飞播沙打旺草地的水分研究表明,随生长年限的延长土壤湿度明显下降,沙打旺旺盛生长的 3~7 年,根系不断下伸,使 5~8m 深层储水降至 4%~5%,加剧了深层水分的利用,但 8~9 年后随着沙打旺的衰败,土壤水分逐渐得到恢复,衰败 3~4 年 2~3m 土层水分可得到恢复<sup>[6]</sup>。渭北旱原 4~5 年生紫花苜蓿草地的耗水量为降水量的 1.4~1.7 倍,3m 土层水分的支出大于收入,但 2 年生新疆大叶苜蓿与红豆草的人工混播草地 2m 土层水量收支仍可达到平衡<sup>[7]</sup>,这表明苜蓿草地随生长年限的延长也增强了深层土壤的干燥化作用。

## 2.2 土壤干层形成机制浅析

### 2.2.1 气候变迁与土壤干层的形成

黄土高原土壤干层主要包括两种类型,即蒸散型干层和蒸发型干层,前者由植物根系吸水、土壤水分大量丢失所形成,主要分布于半湿润半干旱地区;而后者则是由于在大气干旱与水势梯度双重作用下,通过土壤水分的强烈丢失所形成,主要分布于干旱半干旱地区<sup>[8]</sup>。但是由于黄土高原地区自然降水是土壤水分的最主要来源,气候的变迁必然导致土壤水分收支平衡的变化,显然气候干旱会促进土壤干

旱,但是这种促进作用在不同的气候区表现有所差别:在半湿润半干旱地区由于植被状况相对较好,当气候向干旱发生演化时,由于生理耗水的需求,植物必然增加对土壤水分的消耗,而土壤水分又不能得到降水的及时补充,故土壤干层的形成被进一步激发和强化,这种强化作用还与植被类型与林龄密切相关,一般地乔木林大于灌木林,灌木林大于草地;林龄越大强化作用也越大。而干旱半干旱地区由于植被稀疏,蒸散耗水的比例较小,土壤干层的形成与气候演化基本同步。

### 2.2.2 植被演替与土壤干层的形成

根据生态学原理,限制植被分布和发育的诸多环境因子中,水分和热量起主导作用。当某一地区的气候发生长期演变时,适应原来气候条件的自然植被必然会发生相应的变化,即发生植被演替,以适应新的气候条件。仅就水分因子而言,当气候向干旱方向发生演化时,原来的喜湿植物因耗水较多,而不能适应新的气候条件,群落组成会发生相应的变化,喜湿成分逐渐减少,喜干成分逐渐增多,反之,当气候由干旱向湿润方向发生演化时,植物群落的组成会发生与上相反的变化。黄土高原 2.5Ma 以来的植被演替过程在这方面表现得非常明显(见表 1)。当然,气候的变迁是一个漫长的过程,其周期短的也有数十年,长的达数万到数十万年,因此自然植被的演替也不可能是突然发生的,而是渐变的。当气候发生变迁时,适应新气候条件的植物种类不断增加,原植物群落的成分逐渐减少,但由于植物不象动物那样可以通过种群迁徙逃离不适合的环境条件,而只能通过旧个体的不断死亡和新个体的不断增加来实现。土壤干层的出现即是在气候向干旱化方向发生演变时出现的生态因子的相应变化,从而成为进一步导致植被演替的直接原因。很显然,从气候变迁与土壤水分的消耗过程来讲,人工植被土壤出现干层的起因应包含两个方面的含义:一是气候向干旱发生演化,二是由于树种及乔灌木的配置方式选择不当,致使植被对土壤水分强烈消耗。黄土高原土壤的干层问题即是这两种因素综合作用的结果。显然,气候演变的总趋势我们无法遏制,但是我们可以通过选择合适的树草种和乔灌木的配置类型,以及调整林草种植密度等措施使土壤干层的危害得以缓解。土壤干层的出现从本质上来讲是植物群落自我调节的直接原因,喜湿成分减少喜干成分增加,以维持其立地条件的水水平衡。人工沙打旺草地衰败以后天然草类繁茂、土壤水分逐步得到恢复<sup>[6]</sup>;在森林采伐迹地上蒸散量可减少 40%,雨季降水入渗显著增加<sup>[6]</sup>,这些试验结果使上述观点得到有力证明。

由前文的分析论述可知,在黄土高原地区除一年生的农作物田及半湿润区的油松人工林地的土壤水分基本保持平衡以外,多数人工林草植被甚至一些次生天然植被均不同程度地存在着土壤干层问题,这从一定程度上反映出黄土高原气候仍在向干旱化方向发展。从长期气候演化趋势来看,我国的气候自北宋以来一直处于干冷阶段,虽然 20 世纪温度有所回升<sup>[6]</sup>,但由于降水较温度的滞后作用,干旱仍会持续相当长的时期。黄土高原土壤干层的普遍存在说明,在现今植被建设中“试图根据‘草-灌-林’的自然植被演替规律,通过发展人工草地使土壤水得到逐步恢复,然后发展灌木林,最终达到发展乔木林的目标”似乎不太可能。黄土高原人工植被土壤的干层问题从另一方面反映出“适地适树”问题仍须妥善解决,这已成为限制黄土高原植被与环境建设的严重障碍,因而仍迫切需要进行这方面的深入研究。

## 3 结语

(1) 2.5MaB. P. 以来,受地球轨道要素周期性变化和青藏高原阶段性隆升的影响,黄土高原气候存在着干期与湿期交替出现的现象,但总的趋势是向干旱化方向演化。

(2) 第四纪以来,总的来讲黄土高原草本植物分布较为广泛,但与气候变化相一致,植被也存在着周期性演替的规律,但只有少数几个时期(0.468 ~ 0.505MaB. P.、0.852 ~ 0.865MaB. P.、1.176 ~ 1.197MaB. P) 木本植物较占优势,但在沟谷系统中可同时存在着不同的植被类型景观。

(3) 现代黄土高原人工林草植被普遍存在着土壤干层问题,且随林(草)龄的增加逐渐加剧。

(4) 土壤干层是气候向干旱化方向演化过程中出现的必然现象,是导致自然植被演替的直接原因之一,人工植被激发并强化了土壤干层的形成。

综上所述,黄土高原土壤干层问题是气候干旱化与植被强烈耗水两个方面综合作用的结果,但有望通过选择合适的树草种和乔灌木配置类型,以及调整林草种植密度等措施使土壤干层的危害得以缓解。

## 参考文献

- ① 西北水土保持研究所土壤水分组. 陕西省东旱塬农田土壤墒情调查 [J]. 土壤, 1975(6): 279 ~ 285
- ② 刘增文, 王佑民. 人工油松林蒸腾耗水及林地水分动态特征的研究 [J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 78 ~ 84
- ③ 李玉山. 黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响 [J]. 生态学报, 1983, 3(2): 97 ~ 101
- ④ 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价 [M]. 北京: 科学出版社. 1992, 241 ~ 297
- ⑤ 李代琼, 从心海, 梁一民. 黄土高原半干旱区沙棘林净初级生产量与耗水量研究 [J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 91 ~ 97, 84
- ⑥ 梁一民, 李代琼, 从心海. 吴旗沙打旺草地土壤水分及生产力特征 [J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 113 ~ 118
- ⑦ 陈一鹤, 刘康. 渭北旱原紫花苜蓿蒸腾强度与水量平衡研究 [J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 108 ~ 112
- ⑧ 吴钦孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展 [M]. 北京: 科学出版社. 1998. 37 ~ 69
- ⑨ 杨文治, 邵明安, 彭新德等. 黄土高原环境的旱化与黄土中水分关系 [J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(4): 357 ~ 365
- ⑩ 孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展 [M]. 广州: 广东科技出版社. 1998. 179 ~ 213
- ⑪ 刘东生, 安芷生, 文启忠等. 中国黄土的地质环境 [J]. 科学通报, 1978, 23(1): 1 ~ 9
- ⑫ 丁仲礼, 刘东生, 刘秀铭等. 250 万年以来的 37 个气候旋回 [J]. 科学通报, 1989, 34(9): 1494 ~ 1496
- ⑬ 中国科学院黄土高原综合考察队. 黄土高原地区农业气候资源图集 [M]. 1990. 45
- ⑭ 黄培华. 中国第四纪时期气候演变的初步探讨 [J]. 科学通报, 1963, (1): 34 ~ 39
- ⑮ 施雅风, 李吉均, 李炳元. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 314 ~ 331
- ⑯ 朱照宇, 丁仲礼. 中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化 [M]. 北京: 地质出版社. 1994. 44, 145 ~ 1544, 192 ~ 194
- ⑰ 李文漪. 中国第四纪植被与环境 [M]. 北京: 科学出版社. 1998. 85 ~ 86
- ⑱ 刘东生等. 黄土与环境 [M] 北京: 科学出版社. 1985. 176 ~ 190
- ⑲ 史念海. 历史时期黄河中游的森林 [A]. 河山集(二集) [M]. 生活·读书·新知·三联书店. 1981: 232 ~ 313
- ⑳ 任振球. 从全球变化看当前我国气候和环境问题 [J]. 第四纪研究. 1991, (2): 140 ~ 147
- ㉑ 竺可桢. 中国近五千年气候变迁的初步研究 [J]. 中国科学, 1973, (2): 168 ~ 189
- ㉒ 王邛. 中原地区历史旱涝气候研究和预测 [M]. 北京: 气象出版社. 1992. 61 ~ 69, 80 ~ 82
- ㉓ 李裕元. 浅论近 5000 年来中原地区气候的水旱变化规律与中国历史朝代的演替与兴衰 [J]. 华北水利水电学院学报(社科版). 1999. 15(4): 37 ~ 41

# Climatic Change, Vegetation Evolution and Low

## Moisture Layer of Soil on the Loess Plateau

Li yu-yuan Shao Ming-an

(Institute of Soil and water Conservation, Chinese Academy of Sciences and

Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi, 712100, China)

### Abstract

Since 2.5Mbp, under the influence of periodical change of globe orbit and periodical uplift of the Qinghai - Xizang Plateau, the dry and wet periods of climate on the Loess Plateau have occurred alternately, but the general tend of climatic evolution is to drought. The herbage on the Loess Plateau has been thriving since the Quaternary, but xylophyta flourshed during only few periods. The problem of low moisture layer of soil (LMLS) exists in almost all artificial vegetation conditions on the recent Loess Plateau. The formation of LMLS is a specific phenomenon during the process of climatic drought, and is one of the direct causes of vegetation pattern evolution. Artificial vegetation has aroused and strengthened the formation of LMLS. So the formation of LMLS is the result of the interactions of climatic drought and unsuitable selection of artificial vegetation. Whereas the damage may be mitigated by certain artificial approaches.

**Keywords:** Loess Plateau, low moisture layer of soil (LMLS), climatic change, artificial vegetation, vegetation evolution