

# 陕北黄土高原森林植被的性质和 当前森林培育的策略

彭 鸿<sup>1</sup>, Bernd Stimm<sup>2</sup>, Reinhard Mosandl<sup>2</sup>

(1. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004; 2. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung  
der Technischen Universität München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, Germany)

**摘 要:** 对比和分析了前人对陕北黄土高原植被的研究成果后认为陕北黄土高原的阔叶栎林为主的森林界限截止于渭北黄土高原北部, 即陇县、彬县、宜君、铜川、黄龙一线。经过植被破坏和土壤侵蚀后土壤基质已经严重旱化和贫瘠化, 通过重建植被土壤基质是可以逐步恢复的。植被的重建应该首先选择先锋植物种类, 造林后应及时进行改造, 使其向接近该区天然林(植被)的方向发展, 并需要建立一套可持续的森林经营体系。

**关键词:** 陕北; 黄土高原; 植被重建; 森林培育

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)06-0002-05

中图分类号: S718.54

## Characteristics and Present Silvicultural Strategies of Vegetation in Loess Plateau of Northern Shaanxi Province

PENG Hong<sup>1</sup>, Bernd Stimm<sup>2</sup>, Reinhard Mosandl<sup>2</sup>

(1. Shaanxi Provincial Department of Soil and Water Conservation, 710004 Xi'an, China; 2. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Technischen Universität München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, Germany)

**Abstract** It is concluded that potential distribution of broad leaved oak forests on the loess plateau of northern Shaanxi province ends at north border of Weibei loess plateau, namely along Longxian, Binxian and Yijun, Tongchuan and Huanglong county, after a comparative analysis of up-to-now research results. Soil substrates is already dried and impoverished after a serious destruction and soil erosion. However, these are not their real situation. Soil substrates may gradually get recovered through vegetation reconstruction. Pioneer tree species should be selected at first for vegetation recover. Juvenile plantations should be modified in time after a certain period of afforestation, so that to direct them to approach potential nature forests (vegetation). Meanwhile, a system of sustainable management should be set up too.

**Keywords** northern Shaanxi province; loess plateau; reconstruction of vegetation silviculture

随着西部大开发的逐步实施, 通过重建植被来改善环境和治理水土已成为当前首要任务之一。在植被重建方面人们提出了“乔、灌、草”相结合的方略, 但在什么区域以“乔”为主, 什么区域“草”为主, 乔灌草的比例如何调配的问题仍然没有得到解决。实践和理论均已证明, 营造一个稳定可持续的植被系统必须以该区的天然植被为基础<sup>[1]</sup>, 陕北黄土高原地区是我国水土流失最严重的地区, 也是植被重建的难点, 那么陕北黄土高原的天然植被到底是什么样呢? 关于这个问题的争议较多, 至今没有形成一个统一的看法。本文试图通过文献的对比分析, 结合笔者的一些观察调查, 探究陕北黄土高原地区植被的性质和现代土壤基质的特点, 从而提出当前森林培育的策略和建议。

### 1 陕北黄土高原天然植被的性质

本文把位于陕西北部, 从关中平原北部的一系列“北山”开始, 直到长城沿线以及长城以北毛乌素沙地的广大地区, 称为陕北黄土高原。该区地跨几个温度带, 由南到北降水和温度均逐渐降低。除长城沿线以及长城以北毛乌素沙地以外, 其余为黄土高原的中心, 大部地区海拔在 800 m 以上<sup>[2]</sup>。

#### 1.1 迄今为止的不同观点

数千年的为人活动导致原来的森林植被几乎消失殆尽, 因而识别地带性天然植被困难重重。关于陕北黄土高原天然植被的性质特别是森林区和森林草原区的界线有各种不同的看法<sup>[3-4]</sup>。

(1) 夏绿阔叶林的北界在陕西省可延伸到志丹、安塞、延安以北的蟠龙、清涧、绥德、吴堡一线<sup>[5-9]</sup>。

(2) 王义凤在 1991 认为, 以栎林为主的阔叶林北界在陇县、彬县、宜君南部的渭河流域和黄龙山区, 这基本上和渭北黄土高原的界线相符合。1993 年她在进行了该区气候与植被的关系分析后强调, 黄土高原南部的地带性植被应为干旱疏林<sup>[10, 11]</sup>。

(3) 整个黄土高原应属于草原区<sup>[12, 13]</sup>, 一些土壤学家和地质学家更多趋向持这样的观点<sup>[14-16]</sup>。

史料记载常不能提供足够的证据, 既可找到黄土高原全部为森林又可以发现典型草原的记录<sup>[7, 13, 17]</sup>。孢粉分析的结果不够完全, 因为朱志诚 (1982) 认为黄土中较高含量的碳酸钙对孢粉有破坏作用。

## 1.2 关于植被类型问题

通过黄土剖面调查, 特别是古土壤序列的分析, 大部分地质学家和土壤学家得出了相似的结果即黄土古土壤具有相似的形态特征。刘东升 (1985) 把它称作“黑土”, Heinkele (1990) 认为它是退化黑钙土 (Degraded Tshernosem)<sup>[14, 15]</sup>。

必须看到关于黄土高原后土壤形成机制方面的研究资料几乎没有。Bronger (1974) 曾论述过随着年代的增加后土壤形成中有机物质会逐渐分解<sup>[18]</sup>。仅仅考察全新世黄土土壤剖面可以看出, 这些被埋藏的土壤具有相似的形态和剖面结构, 即 Ah - AhCc - Cc<sup>[15]</sup>。那么值得怀疑的是, 为什么在长达 10 000 a 的时间内, 经历多次气候变化却能够形成相同的土壤结构。它们会不会经过相同的后土壤过程而形成?

气候研究结果表明, 自中更新世以来, 我国气候曾多次波动过<sup>[19, 20, 15, 21]</sup>, 并且影响了森林的分布范围<sup>[6]</sup>。几个雨量充足的时期分别在迄今为止的 13 250 ~ 11 750 a 之前; 10 750 ~ 8 900 a 之前; 8 600 ~ 7 250 a 之前; 6 950 ~ 5 400 a 之前; 4 600 ~ 3 400 a 之前以及 2 600 ~ 1 450 a 之前<sup>[13]</sup>。朱志诚 (1990) 的研究认为从 7 000 ~ 2 000 a 前的暖湿期到 2 000 ~ 1 000 a 前的中湿期和自 1 000 a 前以来的干冷期温度差异可达到 2°C, 2 500 a 之前的气候比现在湿润得多<sup>[21]</sup>。

全新世以来被埋藏的土壤由 1~3 层构成, 因而似乎值得怀疑, 多至 3 层全新世古土壤它们的年代在 9 140 ~ 3 000 a 前之间<sup>[14, 15]</sup>, 却能够在全然不同的气候条件下形成相同的土壤剖面形态结构。

## 1.3 渭北黄土高原是森林植被的北界

据研究, 距今 7 000 ~ 2 000 a 前的中全新世, 我国黄土高原雨量充沛, 气候温暖。有人认为中全新世前期的温度可能比现在高 5°C ~ 8°C, 那时在贺兰山以东的黄土高原地区具有亚热带气候的特征。中后期

(距今 5 000 ~ 2 000 a) 仍较今高约 3°C ~ 2°C<sup>[6]</sup>。就在 2 000 a 前, 陕北黄土高原是以喜湿润的阔叶林为主, 虽然也有一些松柏类针叶林, 但阔叶林的分布一直可以延伸到黄土高原的最北部<sup>[6]</sup>。近 200 a 来黄土高原气候总的来说偏干和偏凉<sup>[6]</sup>。可见, 尽管历史时期黄土高原气候温湿, 森林植被广泛分布, 但气候的变化趋势再也不适宜它们的存在和发展。现今在黄土高原北部分布的一些小片森林和一些残留个体正是森林退缩的表现。如果认为人类从事农业而破坏了天然植被的话, 取而代之的栽培作物仍然会有与该区气候相符的特点。历史上北部牧业逐渐发达, 并进一步破坏了植被<sup>[13, 22]</sup>。牧业之所以发达, 是因为气候变干从事农业代价逐渐高起来, 相反草原和灌丛植被的发展有利于牧业, 否则人们为什么宁愿放弃利润更高的农业而逐渐去发展牧业呢? 因此可以认为, 尽管人为活动破坏了森林, 但气候变化造成的植被不可逆转才是黄土高原天然向南部退缩的主要原因。历史上也实施了不少植树造林工程, 并且也出现过很多次足够长的人口密度很低的时期<sup>[13, 22]</sup>, 但森林植被并没有得到恢复。原因在于, 气候变化引起的森林向南部退缩却是不可逆转的。

当今再去追究历史时期甚至史前的潜在植被范围, 对于我们来说没有多少现实意义, 因为过去的温湿气候和森林广布的历史在当前不会突然再现。因此我认为重要的是弄清近几十年来气候的特征, 确定当代气候条件下植被的类型和特征, 对我们进行植被重建和培育森林才有指导意义。

按照王义凤 (1991) 的观点由南直到渭北黄土高原的北界基本上可以认为是潜在的森林区域, 但 2 a 后他在进行了黄土高原地区的气候植被梯度的分析后又提出该区应为干旱稀疏森林植被, 这在一定程度上是比较贴近事实的, 他的气象资料来自那些植被早已经退化, 土壤基质已经旱化的地区, 当然可以得出该区为干旱疏林的结论, 这一点下面还要讨论到。但我们认为干旱疏林并不是潜在的地带性植被, 其潜在地带性植被的确为以栎林为优势的阔叶森林。森林区域向北延伸至渭北黄土高原北部截止, 即陇县、彬县、宜君、铜川、黄龙一线。黄龙桥山的森林植被更多的是垂直分布的结果。此线以北直到陕北黄土高原的以阔叶栎林为主的森林界限截止于渭北黄土高原北部, 陇县、彬县、宜君、铜川、黄龙一线。此线以北直到志丹、安塞、延安以北的蟠龙、清涧、绥德、吴堡一线为森林草原区域, 再北为典型草原区。

我们近年来对黄龙山南坡一些树木的年轮资料分析发现, 该区树木尽管能够较好生长, 但年轮变化

的敏感度指数都异常的高<sup>[23]</sup>。根据树木年轮学分析的经验,位于植被分布的极限区域,林线地段和干旱地区的林木个体具有很高的年轮敏感指数,因而可以推测黄龙桥山南坡为森林分布的北界,因为该区域并不干旱(图 1)

## 2 现代土壤基质的特点

如上所述,陕北黄土高原地区天然植被早已消失殆尽,一些天然次生林仅残存于偏远山区。旱生灌丛和草地遍布荒山荒地

在山区常常可以见到以山杏 (*Prunus armeniaca* var. *ansu*)、山桃 (*P. davidiana*) 和杜梨 (*Pyrus betulaeformis*) 为代表种的低矮次生林<sup>[23]</sup>,这些都给人们造成了一个印象,即该区为草原或者森林草原地带。过去几十年来虽然也营造了不少树林,但由于持续的放牧和强度的利用使森林植被难以恢复。特别是土壤基质严重退化和旱化,加之大部分地区连下种的林木个体也不存在,因而植被的自然恢复在一定时期内几乎是不可能的。土壤基质退化和旱化表现在各个方面,而最明显的变化是植物群落的特点和土壤特性,这已经被很多研究所证明<sup>[25]</sup>。

较明显的植被变化是森林破坏后旱生成分迅速扩大。土壤侵蚀和强烈的蒸发使基质很快旱化,促进

了一些抗旱树种的定居和发展,其中最为明显的是侧柏 (*Platycladus orientalis*) 林和一些旱生灌丛。普遍分布<sup>[10,25,27]</sup>。在一些人为活动和土壤侵蚀强烈的地方,由于土壤旱化和贫瘠化导致其它树种不能健康生存,侧柏却能够定居扩散

朱志诚 (1993) 的研究表明,森林破坏后土壤母质中有机质含量减少 4~5 倍,全氮减少 2~9 倍,土壤湿度降低 2~5 倍,有效磷减少 2~4 倍,相反土壤 pH 值明显增加<sup>[25]</sup>。显然,这种干旱和贫瘠的基质的并不是它们的真实状况,通过重建植被土壤基质是可以逐步恢复的。

## 3 植被重建的方略

### 3.1 合理配置“乔、灌、草”

众所周知,确定植被恢复方向时,首先应合理配置“乔、灌、草”,那么,怎样才能通过合理搭配而构建一个可持续的植被体系呢? 首先应该确定它们的比例,而这样的比例应与区域的气候和潜在的植被特征相符合。结合王义凤 (1993) 的分析,可以确定陕北黄土高原地区植被恢复的方向: 渭北黄土高原、黄龙山区为以“乔”为主的栎林区; 黄龙山林区以北直到延安为“乔、灌、草”近乎均衡的森林草原区域; 延安以北则应为以“草”为主的温带干旱草原区 (图 1)

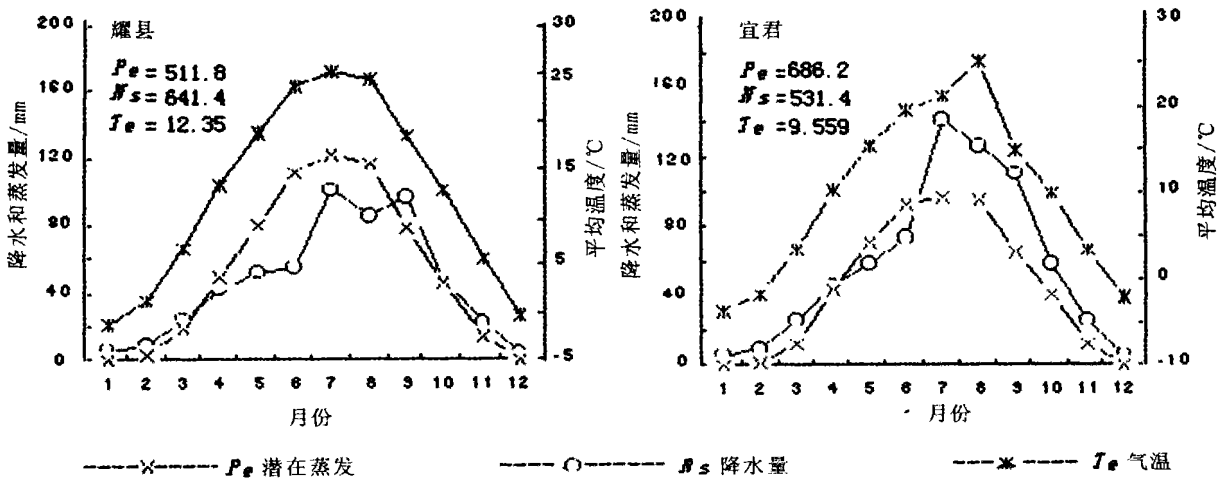


图 1 渭北黄土高原的 2 种类型气候

注: 1. 气象数据为各个县气象站自 1960 到 1997 年的观测数据。潜在蒸散 ( $P_E$ ) 的计算根据 Thornthwaite (1948) 的公式<sup>[28]</sup>:  $P_E = 16 \left( \frac{10T}{T+1} \right)^2$  其中  $T = \sum_{i=1}^{12} (T_i/5)^{1.514}$ ,  $T_i$  为月气温 ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T = (0.675P - 77.114 - 492.390) \cdot 10^{-6}$

2. 耀县的气候图与扶风、淳化、永寿等南部各县规律相同, 仅列出耀县; 宜君与彬县、陇县等渭北黄土高原北部界限的各县规律相同, 仅列出宜君。

同时还需要具体考察当地的立体条件。如在黄龙山林区以北直到延安的“乔、灌、草”过渡区,“乔、灌、草”的布局应充分考虑立地条件的差异。在以“乔”为主的渭

北黄土高原,一些局部地段如梁峁顶部、塬区边缘由于水分不足,应考虑其恢复目标为灌木和草原。延安以北的草原区,个别地段如沟底阴坡、河道沿岸等乔

木仍然能够生长,而且现在仍可以看到很好的以杨柳为主的片状和带状森林。长城沿线及其以北的一些地区,大部地区为干旱草原区,但也有相当多的地段其下伏地形为湖盆河道,虽然由于植被反复遭到破坏而形成沙地,但地下水充足,在年降水量不少于 300 mm 的地方,森林是可以健康生长的。这样的地方应以恢复乔木林为主。世界上成功经验可见于德国东普鲁士的沙区,那儿至少在植被恢复之前与长城沿线的状况有相当的可比性,德国林业界最终把那些流动的沙丘改造成了森林<sup>[26]</sup>。

### 3.2 首选先锋植物种类

尽管确定了各个区域的植被恢复目标,但要达到这样的目标还有一个循序渐进的过程。如黄土高原南部乔木区域,栎林为潜在植被,但多年的造林实践证明,直接播种或者栽植栓皮栎成功的可能性很小,因为土壤基质在经过几千年来的破坏后早已经极端旱化和贫瘠化,相当地段由于水土流失导致表层土壤丧失,没有结构的黄土母质被用作“土壤”,因此必须选择先锋类型的树种用于造林。

实践表明能够取得较好结果的先锋树种为刺槐、油松、河北杨和侧柏等。白桦和山杨尽管也为陕西黄土高原地区的先锋树种,但至今没有用它们进行造林的范例。侧柏由于生长缓慢,作为用材林和防护林其效益都不可能近期发挥出来,故只是在一些极端立地值得推荐。众所周知,用刺槐和油松的造林成效最为显著,在阴坡油松造林基本上不是个问题,适刺槐既可以在阴坡也可在阳坡取得成功,它们的成林面积在陕北黄土高原最大。但刺槐和油松人工林的蒸发和蒸腾大,因而造林后会在土壤中逐渐形成一个干层,干层或者说在降水季节无法补偿的深度可达到 5 m<sup>[27]</sup>。这是陕北黄土高原人工林出现“小老树”的原因之一。这是先锋树种的特征,拿干层的问题来说,在渭北黄土高原地区,虽然至今没有栎林水分平衡方面的研究成果,但可以肯定,落叶栎林在该区的年蒸腾量小于刺槐和油松,它们属于低耗水树种<sup>[28]</sup>。

### 3.3 及时改造先锋人工林

显然,如果不及时对人工林进行改造,会产生一系列生态和经济问题。因为大凡先锋树种都是无法维持自我稳定和持续的,它们常常给自己创造一个毁灭自己的生境。从这个意义上看,没有对先锋人工林进行及时改造,是当今黄土高原地区众多人工林出现“小老树”、低产甚至枯死等的原因。可以认为造林后森林培育学的进一步措施没有跟上,从而导致了各种生态灾难。这样的例子在很多国家已出现过。但值得一提的是,这样的后续问题出现并不意味着造林的失

败,如果失败的话,只能是造林后森林培育就此停止造成的。重“造”轻“管”和只“管”不“改”都是不可能取得成功的。如德国在森林复兴时,营造了以挪威云杉(*Picea abies* Kast)和欧洲赤松(*Pinus sylvestris* L.)等为主的针叶林,成林后却不断遭遇大小蠹虫和风暴的危害,迫使德国林业界对这些相对于该地天然植被来说为先锋的林分进行改造<sup>[29]</sup>。植被恢复过程中先锋树种造林只是整个森林培育体系的第一步,森林培育的最终目的是建立近自然的可持续的稳定而高产的森林生态系统<sup>[30]</sup>。

营造混交林或者在纯林林分内进行林下栽植是改造先锋人工林的重要途径<sup>[30]</sup>。刺槐可以与许多树种混交,如桦木、松、杨等<sup>[31]</sup>。油松纯林适合进行间伐可促进栎树幼苗和林下活地被物的更新,这样的现象在渭北黄土高原的很多林区如耀县柳林林场的马家梁、白水北新卓林场等均可观察到。虽然我国尚缺乏对黄土高原地区油松人工林改造的研究实验结果,但可以肯定在杆材林阶段进行适当的间伐,通过促进天然栎树的更新或者在林下栽植橡树可以逐渐将油松纯林改造为多层次的混交林。类似的理论和实践在中欧早已得到总结<sup>[30]</sup>。

### 3.4 建立可持续森林经营体系

虽然“可持续利用”的建议已由德国林学家 Hanns 在公元 1713 年提出,但人们真正重视可持续发展的问题仅仅是近年来的时髦<sup>[33]</sup>。可持续森林经营的基础是近自然林的营造,因为近自然林与该地的潜在植被最接近,因而它反映了当地的气候和立地状况,具有最大的稳定性<sup>[1,30,32]</sup>。陕北黄土高原地区近自然林的建立应符合当地潜在植被的特征。从先锋树种造林到人工林的改造最后恢复到近自然的状态需要一个相当长的过程。在这个过程中建立一套可持续森林经营体系,是摆在林业工作者面前的新课题。

成功造林只是意味着森林培育工作的第一步结束,而能否做到“循序渐进”是森林可持续经营的重要内容。采用科学的人工林改造方法直到林分向着预期的目标发展,是森林可持续的生物基础。我们的理论侧重于“造林学”,不重视造林之后的培育,这是当今森林重建中常出现失败的理论基础<sup>[34]</sup>。

## 4 结 论

(1) 陕北黄土高原以阔叶栎林为主的森林界限截止于渭北黄土高原北部的陇县、彬县、宜君、黄龙一线。此线以北直到志丹、安塞、延安以北的蟠龙、清涧、绥德、吴堡一线为森林草原区域,再北为干草原区。

(2) 陕北黄土高原的土壤基质在经过植被破坏

和土壤侵蚀后已经严重旱化和贫瘠化。但通过重建植被土壤基质可以逐步恢复。

(3) 植被的重建应该首选择先锋植物种类,造林后应及时进行改造,使其向接近该区天然林(植被)的方向发展,并需要建立一套可持续的森林经营体系。重“造”轻“管”和只“管”不“改”是重建森林植被成效差的主要原因。

#### [参 考 文 献]

- [1] Mosandl R. Waldbau zwischen Ökonomie und Ökologie. Rundgespräche der Kommission für Ökologie. "Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie-Ökonomie, 2000. Bd. 12 107-117.
- [2] 冯孝立. 陕西的地质地貌和水文 [M]. 见: 张仰渠, 等编. 陕西森林. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [3] 侯学煜. 中国植被 [M]. 北京: 中国教育出版社, 1960.
- [4] 中国科学院自然区划委员会. 中国植被区划 [M]. 北京: 科学出版社, 1960.
- [5] 侯学煜. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 788.
- [6] 朱志诚. 陕西森林变迁的历史 [M]. 张仰渠等编. 陕西森林. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [7] 朱志诚. 陕北黄土高原森林草原的范围 [J]. 植物学与地植物学报, 1983, 7(2): 122-132.
- [8] 朱志诚. 陕北黄土高原区植被的演变 [J]. 西北大学学报, 1981(4).
- [9] 雷明德, 等编著. 陕西植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [10] 王义凤. 黄土高原主要植被类型、分布和水平与垂直带谱 [M]. 中国科学院黄土高原科学综合考察队编. 黄土高原地区的植被资源及其合理利用. 北京: 中国科技出版社, 1991. 16-67.
- [11] 王义凤, 肖新明. 黄土高原地区主要植被类型的气候梯度分析 [J]. 植物生态学报, 1993, 35(4): 291-299.
- [12] 侯学煜. 植物地理学 [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [13] 孟庆校, 等主编. 黄土高原水土保持 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996.
- [14] Zheng H H. Holocene loess in the middle reaches of the Yellow river. *Geochemistry*, 1985(3): 54-66.
- [15] 刘东升, 等主编. 黄土与环境 [M]. 北京: 中国海洋出版社, 1988.
- [16] Heinkele T. Bodengeographische und paläopedologische Untersuchungen im zentralen Loessplateau von China - ein Beitrag zur quartären Klima und Landschaftsgeschichte. *Inst. für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Univ. Kiel, Schriftreihe*. 1990(9): 3-116.
- [17] 史念海. 河山集 [M]. 北京: 生活、读书、新知三联书店出版, 1981.
- [18] Bronger A. Zur postpedogenen Veränderung bodenchemischer Kenndaten insbesondere von Lössprofile und ihrer paläoklimatischen Auswertung. *Eiszeit und Gegenwart*, 1974(21): 122-144.
- [19] 竺可桢. 历史时期气候的波动 [N]. 光明日报, 1961-04-27.
- [20] 徐国桢. 中国干旱和半干旱地区的气候变化 [M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [21] 朱志诚. 陕北黄土高原的森林变迁和当今的林业建设 [J]. 陕西林业科技, 1990(4): 21-28.
- [22] 中国科学院黄土高原科学综合考察队. 黄土高原地区的自然环境及其演变 [M]. 北京: 中国科技出版社, 1991.
- [23] Peng H. Robinien- und Kiefernauaufforstungen auf dem chinesischen Weiße Loessplateau [M]. *Shaker Verlag, Aachen*, 2001.
- [24] Thornthwaite C W. An approach toward a rational classification of climate [J]. *Geog. Rev.*, 1948, 38 57-94.
- [25] 朱志诚. 陕北黄土高原植被的主要特征和对土壤基质的影响 [J]. 植物学与地植物学报, 1993, 17(3): 280-286.
- [26] Bruenig E. F. Kampf der Wüste in China. *Das Neue Universum*, 102, Südwest Verlag, München, 1985. 167-183.
- [27] 中国科学院黄土高原科学综合考察队编. 黄土高原地区的土壤资源及其合理利用 [M]. 北京: 中国科技出版社, 1991.
- [28] 东北林业大学主编. 森林生态学 [M]. 北京: 中国林业出版社.
- [29] Gamp S. Rehabilitation of protection forests in central Europe [Z]. *Lectures for the forestry training course at Shaanxi Forestry School, Yangling*, 1994.
- [30] Burschel P, Huss J. Grundriß des Waldbaus - Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin, 1997.
- [31] Erteld W. Wachstum und Ertrag der Robinie im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. In: *Göhre, Die Robinie und ihr Holz*. Deutscher Bauernverlag, Berlin, 1952. 15-148.
- [32] Rohrig E, Bartsch N. Der Wald als Vegetationstyp und seine Bedeutung fuer den Menschen. 6. Aufl. Von Denglers "Waldbau auf ökologischer Grundlage", 2. Band. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1992.
- [33] Hamns von Carlowitz. *Sylvicultura oeconomica*. 1713.
- [34] 北京林学院主编. 造林学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1980.