

植被自然恢复过程中群落内土壤环境的变化规律研究

张振师^{1,2}, 薛智德¹, 张广军¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北勘测设计研究院, 陕西 西安 710065)

摘要:利用时空互代法调查了延安试区南、北 25 个固定标准地植被恢复状况, 测定了不同群落土壤水分和容重, 探讨了在植被恢复过程中群落与其环境因子的耦合关系。结果表明, 随着植被的逐步恢复, 表层土壤容重减小; 从草本群落到乔木林, 灌丛群落 5 m 内土壤含水量最低, 乔木林土壤含水量提高。

关键词:植被恢复; 群落演替; 土壤水分

中图分类号:S718.516 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2005)01-0001-05

The Changes of Soil Environment in Plant Community during Natural Vegetation Restoration

ZHANG Zhen-shi^{1,2}, XUE Zhe-de¹, ZHANG Guang-jun¹

(1. College of Resource and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Northwest Investigation Design and Research Institute, Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: The restoration of vegetation was investigated, soil water and soil bulk density was measured and observed by using spatio-temporal substitution method in 25 sampling plots in Yan'an experimental region. At the same time, coupling relationship between environmental elements and plant communities during vegetation restoration was studied. The results indicate that the bulk density of top soil gradually decreases, and the soil water content is lowest under the surface in shrub community 5 m away from herbaceous community, but increases within tree community.

Key words: vegetation; community succession; soil water

水分是黄土高原植被恢复的主要限制因子之一。如何解决植被建设与土壤干旱缺水的矛盾, 前人已经做了大量的研究, 李玉山^[1]、杨文治^[2]、侯庆春^[3]等人都提出各自的观点, 争论较多的是“土壤干层”问题^[1-10]。“土壤干层”是生态退化的必然结果, 还是植被自然恢复过程中的偶然现象? 同时, 调查资料和观测数据的时间尺度与空间范围是否具有连续性, 直接关系到研究结论的科学性, 这些问题都需进一步深入研究。

通过建立固定标准地, 采用时空互代法调查研究了陕北黄土区植被恢复与其土壤环境因子的耦合关系, 为该地区植被恢复提供理论依据。

1 研究区概况

研究区主要地貌类型为梁峁状黄土丘陵。全区

海拔 900~1 400 m, 土壤侵蚀强烈。暖温带半湿润、半干旱季风气候, 年降水量 520~550 mm, 年内与年际间分配不均。冬春连旱和春夏连旱是本区常常发生的旱灾, 春旱严重往往导致造林失败。

地带性土壤为黑垆土, 但是, 由于水土流失严重, 黑垆土损失殆尽, 主要土壤为黄绵土。

该地区主要建群种有辽东栎 (*Quercus liaotungensis*)、山杨 (*Populus tomentosa*)、细裂槭 (*Acer stenolobum*)、山杏 (*Armeniaca sibirica*) 等, 灌木有黄刺玫 (*Rosa hugonis*)、小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*)、丁香 (*Syringa pekinensis*) 等。

2 研究方法

2.1 样地的选择及布设

延安研究区现存植被南北差异较大。侯庆

收稿日期: 2003-11-17

基金项目: 中国科学院知识创新西部行动项目 (KZCX1-6-03); 西北农林科技大学重点项目

作者简介: 张振师 (1975-), 男, 陕西吴旗人, 硕士, 研究方向为生态环境工程。

春^[11]以土壤水分状况的研究并结合植被现状,将该区植被划分为干旱森林区和北部森林草原区2个类型。本研究据此把研究区分为南北两大部分,共3个乡镇25个样地(表1),北部高桥乡设立5个,中部甘谷驿镇3个,南部柳林镇17个。

采用时空互代法,依据不同起源(分别天然和人工)、不同植被类型(乔、灌、草)、不同演替阶段、不同立地条件(坡度、坡向、坡位)的群落布设固定标准地,以退耕地(15、16、17、18、25号样地)作对照,同时根据需要设立临时标准地。标准地面积视该群落的最小表现面积而定。森林群落样方面积20 m×20 m,灌丛5 m×5 m,草本群落和林下草本层1 m×1 m。

表1 试验区样地基本概况
Table 1 The general situation of investigated plots

调查点	样地号	总盖度	坡度	坡向	坡位	群落优势种
柳林镇南仁台	1	75	20°	NE 10°	上位	辽东栎
	2	70	27°	NE 80°	上位	柃子+锦鸡儿+忍冬
柳林镇梢墩梁	3	35	35°	NW 80°	上位	多年生杂草
	4	35	35°	NW 80°	中下位	多年生杂草
	5	60	28°	NE 45°	上位	铁杆蒿
	6	90	22°	NE 50°	上位	虎榛子杂灌
	7	70	6°	NW 50°	沟底	沙蓬+黄花蒿
	8	45	30°	SW 10°	上位	冰草+长芒草
高桥乡北宋塔	9	35	20°	NE 20°	中位	黄花蒿+胡枝子
	10	65	35°	NE 80°	中下位	铁杆蒿+茭蒿
	11	70	35°	NE 80°	下位	沙蓬+黄花蒿+狗尾草
高桥	12	70	36°	SW 15°	中下位	白刺花+铁杆蒿+茭蒿
甘谷驿镇	13	60	—	—	梯田	人工苜蓿
	14	70	—	—	梯田	人工苜蓿
	15	40	—	—	梯田	黄花蒿+狗尾草
柳林镇康圪崂	16	40	18°	E	上位	狗尾草
	17	35	30°	NW 15°	中位	黄花蒿+狗尾草
	18	30	28°	E	中位	沙蓬
	20	70	35°	SW 55°	上位	白刺花+白羊草
柳林镇南仁台	21	70	20°	SE 70°	上位	刺槐
柳林镇梢墩梁	22	80	30°	SW 60°	上位	侧柏+白刺花
	23	65	26°	SE 30°	中下位	白羊草+人工白刺花
	24	70	35°	S	上位	白刺花+茭蒿+铁杆蒿
	25	90	12°	NE 85°	中位	黄花蒿
	26	90	13°	NE 80°	中下位	黄刺玫杂灌

2.2 调查方法

土壤容重用环刀法。以20 cm为基本单元,测定0~60 cm土壤容重。土壤水分用土钻取样,烘干称重,以20 cm为基本单元,测定深度0~500 cm。

调查测定时间均为2002年7月。

3 结果与分析

3.1 植被恢复与土壤容重的关系

3.1.1 0~20 cm 土层容重变化 从1~2 a生草本群落到当地气候顶极群落,表层(0~20 cm)土壤容重为1.31~1.02 g·cm⁻³,每个阶段都呈现一定的规律性(图1)。

退耕地1~2 a生草本群落阶段随着退耕年限的延长,茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)、黄花蒿(*A. annua*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)等为优势种的1~2 a生植物逐渐退出群落,取而代之的是多年生的茭蒿(*Artemisia giraldii*)、铁杆蒿(*A. sacrorum*)等蒿属和长芒草(*Stipa bungeana*)等禾草类物种,由于植物种类不断丰富,其根系在表土层中交错穿插,加上少量枯落物的存留,促进了土壤结构改良,土壤孔隙增多,容重减小。

多年生草本群落阶段土壤容重因群落优势种的不同而有所差异,白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)群落明显大于铁杆蒿和其他多年生草本群落,这可能与白羊草群落的生物学、生态学特性有关。白羊草多分布在土层较薄、土壤干旱、其他草本难以正常生长的生境中。灌丛群落土壤容重表现为杂灌丛小于白刺花(*Sophora viciifolia*)。白刺花多分布于阳坡、半阳坡及干旱生境条件,且土壤中富含钙结核,而杂灌木林多布于阴坡、半阴坡立地,灌木种类多样化,枯落物层较白刺花灌丛厚,腐殖质层厚度达3~5 cm,使得土壤容重减小。

森林群落表层土壤容重规律明显,辽东栎林<刺槐林(*Robinia pseudoacacia*)<侧柏林(*Platycladus orientalis*)。辽东栎林是经过草本群落—灌丛群落—先锋乔木群落长期、逐渐演替而来,林地土壤先后经过不同种类、不同生长型植物的物理的、化学的和生物的综合作用,尤其是辽东栎林地保存着丰厚的枯枝落叶层,腐殖质层厚度超过5 cm,土壤非常疏松,这是其表土层容重减小的主要原因。

3.1.2 0~60 cm 土层容重变化 从图1看出,0~60 cm土层平均土壤容重与0~20 cm具有几乎相同的规律,只是数值略大,表明植被对表层(0~20 cm)土壤容重的影响最大。容重变化与植被恢复是相辅相成的。随着植被恢复表层土壤容重的减小,土质变得较为疏松,进入群落内的植物繁殖体容易存留,一旦环境适宜便可成功入侵,从而为植被恢复演替创造了条件。

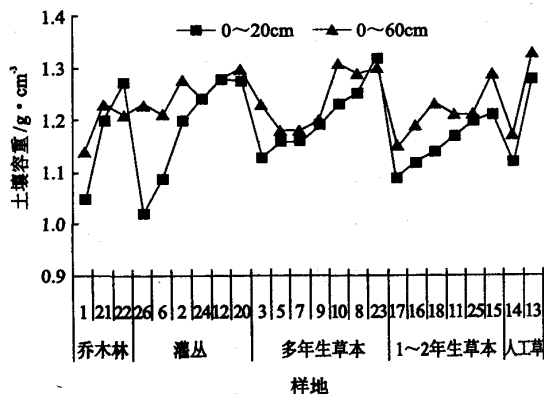


图1 植物群落演替阶段与表层土壤容重的关系

Fig. 1 Relationship between stages of plant community succession and soil bulk density

3.2 植被恢复与土壤水分的关系

3.2.1 1~2 a 生草本群落阶段 退耕最初,农田杂草和一些种源丰富、种子传播能力强的1~2 a 生草本植物迅速侵入并定居,组成了以1~2 a 生植物为优势种群的群落类型。群落总盖度在85%以上。常见两种类型:茵陈蒿、沙蓬等,这些种类充分利用了农田休耕以后的闲置水分、养分资源,一般到7月份就达到了一个较为稳定的群落高度(0.8~1.0 m),茵陈蒿、沙蓬地上部分生物量分别达4.539、5.351 t·hm⁻²,地下部分分别为0.488、0.563 t·hm⁻² [12],从而消耗了大量的上层土壤的水分(图2,需要说明一点,0~60 cm 土层含水量高,主要原因是调查之

前有降雨),1~3 m 土层平均土壤含水量为131.0 g·kg⁻¹。这一阶段由于群落生命周期较短,且植物根系入土深度较浅,主要消耗表层土壤水分,整个剖面水分含量较高,不会出现亏缺现象。

3.2.2 多年生草本群落阶段 继1~2 a 生草本群落之后,铁杆蒿、芡蒿等相继入侵,由于1~2 a 生种类已不再是群落的优势种群,此时群落总盖度下降至30%~50%,土壤水分得以恢复,5 m 土层内平均含水量约150 g·kg⁻¹(图2中过渡类型)。随着多年生蒿类群落和禾草群落的稳定,群落总盖度增至50%~70%,土壤水分发生了强烈的变化。处于阴坡(坡度为28°)的铁杆蒿、芡蒿群落,土壤水分仍保持在150.0 g·kg⁻¹左右;而位于阳坡(坡度35°)的白羊草群落和铁杆蒿、芡蒿群落土壤水分急剧下降,5 m 土层平均土壤含水量降至81.0~86.0 g·kg⁻¹,2~4 m 为50.0 g·kg⁻¹(图3),这与朱志诚 [13] 的研究结果很接近。这说明两方面的问题:一方面,坡度、坡向影响水、热条件的再分配,进而影响植被的分布;另一方面,说明多年生蒿类及禾草类植物对环境条件有极强的适应能力,尤其是水土流失较为严重的阳向陡坡地段。这在很大程度上限制了后续灌木的种类和植被演替的方向,土壤水分条件相对较好的立地可能向着杂灌群落演替,这与调查实际相符(样地5);相反,土壤较干旱的类型会向白刺花群落发展。在水分条件较差的地段,人工恢复植被应尽量选择耐旱的草灌植物,但要控制初植密度,以免过度消耗土壤水分资源。

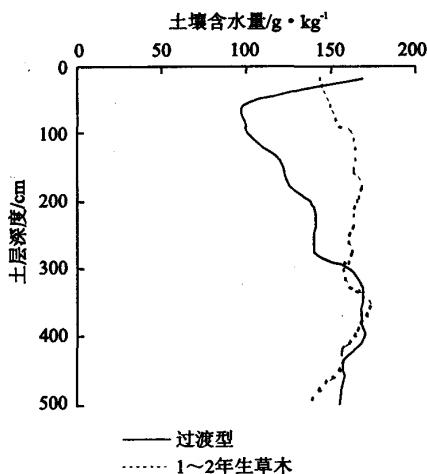


图2 1~2 a 生草本群落土壤含水量剖面图

Fig. 2 The sectional drawing of soil water content during annual grass community

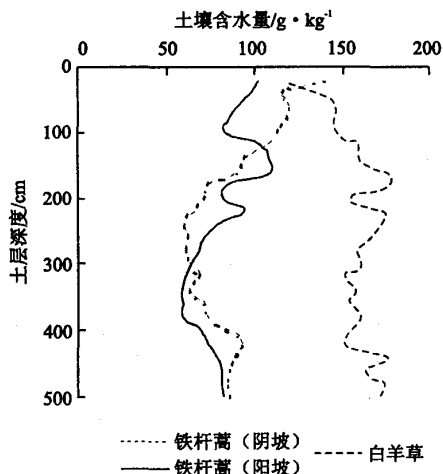


图3 草丛群落土壤含水量剖面图

Fig. 3 The sectional drawing of soil water content during perennial grass community

3.2.3 灌丛群落阶段 一般地,多年生蒿类群落存留3~4 a,白羊草等禾草类群落在演替过程中存留4~5 a就被白刺花、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、黄刺玫和虎榛子(*Ostryopsis daviana*)灌丛所代替^[14]。这一时期,土壤持续干旱,在相同土壤类型下,土壤含水量表现为杂灌木丛>白刺花单优群落,平均含水量分别为 $71.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $57.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图4)。白刺花适应干旱土壤,而虎榛子、黄刺玫杂灌对土壤水分要求更严。白刺花能够在土层较薄(岩基出露)、大量石砾质存在的立地形成稳定群落,总盖度达65%~70%,平均高度达1~1.2 m,长势良好,这与土壤水分有着密切的关系。从图4(白刺花*表示生长在石砾质坡地)可看出,2 m以下土壤含水量由 $60.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 逐渐增至 $130.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。调查发现,2 m以下具有红土层,与黄土立地相比,土壤水分在这种立地下的特殊变化可能是“红土层”蓄水的结果,也可能和土层厚度有关^[14]。既然白刺花能

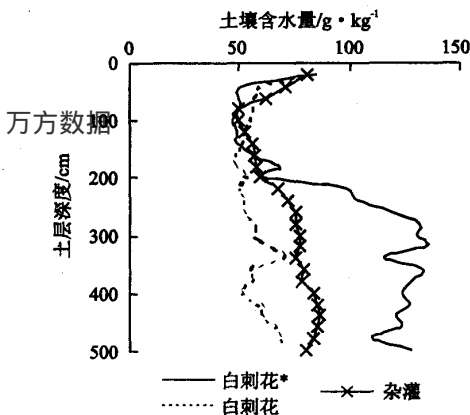


图4 灌丛群落土壤含水量剖面图

Fig. 4 The sectional drawing of soil water content in bush community

从植被恢复演替全程看,退耕地1~2 a生草丛群落向多年生草丛群落过渡类型土壤含水量最高($150.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),灌丛群落最低($55.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),乔木林有所恢复($66.4 \sim 91.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。从图6、图7可以看出,从1~2 a生草本群落到灌丛群落阶段的自然恢复过程中,植被没有改善土壤水分,而是大量消耗了土壤中的水分资源,5 m内土壤平均含水量由恢复初期的 $150.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 持续下降到 $56.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,说明这一阶段植被对土壤水分的利用属于“持续消耗型”;从灌丛阶段至乔木林阶段,土壤水分逐渐得到一定的补偿恢复,5 m内土壤平均含水

在这样的生境自然生长且发育良好,就可以在类似立地下选择白刺花作为先锋建群种类恢复植被。

3.2.4 乔木林阶段 3类乔木林中,土壤水分含量大小依次为辽东栎林>刺槐林>侧柏林(图5)。侧柏在黄土区常分布在侵蚀沟的沟头和沟壁、梁峁下部基岩出露的地段以及强烈水土流失的地段,其他林木暂时不能定居的干旱基质上,这是侧柏对瘠薄干旱土壤的较强适应性,而不是要求这种生境^[11]。这种特性使得侧柏林土壤水分含量低,平均土层含水量为 $66.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,但相对白刺花群落阶段有所恢复。刺槐林土壤水分含量较高,平均为 $82.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,在地势平缓的地段生长良好。辽东栎林土壤水分平均含量为 $91.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。经过先锋群落对土壤基质的改良,一旦生境适应,辽东栎比其他乔木优先争夺土壤水分并定居下来,逐渐演替其他先锋乔木种类,形成长期相对稳定的顶极群落,土壤水分较侧柏林提高2.5%。

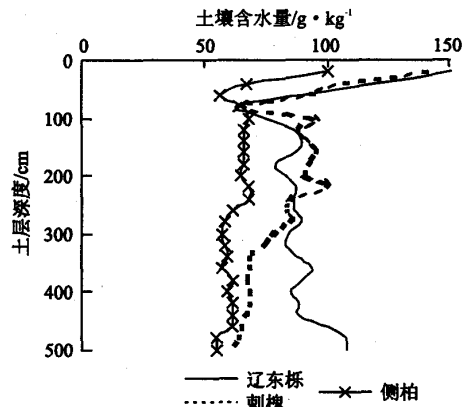


图5 乔木林土壤含水量剖面图

Fig. 5 The sectional drawing of soil water content in forest community

量比灌丛群落阶段提高了1%~3%,表明结构合理的复层乔木林具有恢复土壤水分的生态功能,林木对土壤水分的利用属于“恢复消耗型”。

4 结论与讨论

在植被恢复演替过程中,由于植被的生物改良作用使得表层土壤容重逐渐降低,从而有利于植物繁殖体的成功侵入,促进恢复演替的顺利进行。

在植被自然恢复演替(草-灌-乔)过程中,5 m土层内土壤含水量的变化规律是:草本群落阶段最高,灌丛群落阶段最低,乔木林居中。也就是说,

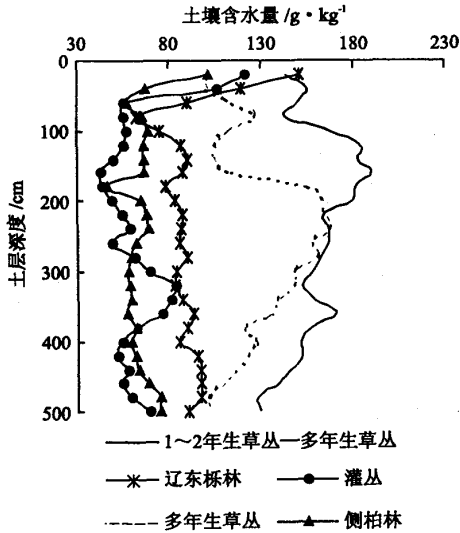


图6 不同群落土壤剖面含水量

Fig. 6 Water content in soil profile in different plant communities

草本群落阶段至灌丛群落阶段土壤含水量呈持续下降趋势,植被对土壤水分的利用属于“持续消耗型”;而从灌丛群落向顶级乔木林演替过程中,土壤水分含量逐渐得以恢复,植被对土壤水分的利用属于“恢复消耗型”。这可能是自然状态下复层乔木林能够长期稳定存在的主要原因之一,也为人工模拟恢复地带性天然植被提供了有力的证据。

尽管通过时空互代法研究得出了天然植被恢复中土壤水分含量的变化规律,但还需要在实践中去不断检验。由于自然环境的复杂性和植被恢复演替的长期性,给植被恢复研究工作带来了的困难。现有的研究技术手段难以满足研究工作的需要,尤其是确定研究对象的时间尺度和空间范围,究竟怎样一个时空尺度才更科学、更具有代表性,今后应充分利用现有技术,如遥感和地理信息系统加以定位监控,使得研究工作更切实际,在实践中能真正起到指导作用。在目前的研究成果中,比较一致的观点是:“土壤干层”的形成主要是人工干预的结果^[1-10]。既然如此,在黄土高原植被恢复中就应从不同地貌的土壤水分丰缺程度出发,进行宏观规划,对于土壤水分较好的地貌类型考虑人工促进植被恢复,反之则实行严格的封禁措施,自然恢复植被。

参考文献:

[1] 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.

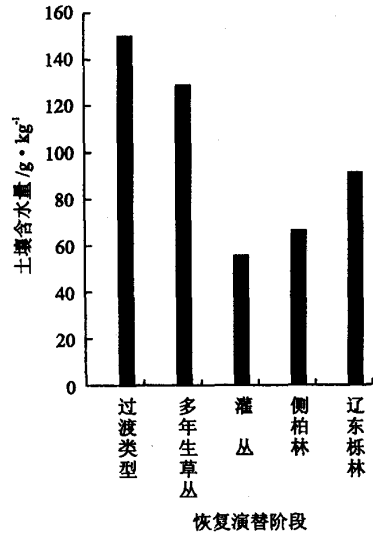


图7 不同群落平均土壤剖面含水量

Fig. 7 Average water content in soil profile in different plant communities

- [2] 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.
- [3] 侯庆春, 韩蕊莲, 韩仕锋. 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J]. 中国水土保持, 1999(5): 11-14.
- [4] 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.
- [5] 西北水土保持研究所土壤水分组. 陕西省东旱塬墒情调查[J]. 土壤, 1975(6): 279-285.
- [6] 李代琼, 从心海, 梁一民. 黄土高原半干旱地区沙棘林净生产量与耗水量研究[J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 91-97.
- [7] 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.
- [8] 陈一鹏, 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 侯庆春, 韩蕊莲, 李宏平. 关于黄土丘陵区典型地区植被建设中有问题的研究. I. 土壤水分状况及植被区划[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2): 102-110.
- [12] 刘建军, 崔宏安, 王得祥, 等. 延安市张梁试区退耕地植被自然恢复与多样性变化[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(3): 8-11.
- [13] 朱志诚. 陕北黄土高原森林区植被恢复演替[J]. 西北林学院学报, 1993, 8(1): 87-94.
- [14] 张信宝, 安芷生. 黄土高原地区森林区与黄土厚度的关系[J]. 水土保持通报, 1994, 14(6): 1-4.