
试验研究

陕西省靖边县不同土层含水量与干层差异研究

赵景波^{1,2}, 孙贵贞¹, 顾静^{1,2}, 肖军¹

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062;

2. 中国科学院 地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075)

摘要: 根据野外考察和土层含水量的测定,研究了靖边县沙地土层和黄土层土壤含水量。结果表明,靖边几个研究点的沙地土层平均含水量小于 3%,杨树林地黄土层平均含水量为 7%左右;沙地土层含水量远低于黄土层含水量,杨树林沙地和沙柳沙地已经出现了严重的土壤干层,杨树林地黄土层出现了发育中等的土壤干层,干层发育深度都已超过 6 m。干旱气候是引起干层发生的主要因素,人工灌木和树种消耗水分较多也促进了干层的发育。沙地区应以发展耐旱草灌为主的植被,黄土分布区也应发展草灌为主的植被,但在黄土分布的洼地区和有外来水源的地区可以发展耐旱的乔、灌、草相结合的植被。在靖边县这一土壤干层发育较严重的地区,造林一般不能带来良好的环境效益与经济效益,反而会导致深部土壤水分的过量消耗等不良后果,因此该区是不适于造林的地区。

关键词: 靖边县; 沙土含水量; 黄土含水量; 土壤干层;

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)05-0001-05

中图分类号: S152.7

Research on Water Content and Dried Soil Layer in Jingbian County of Shaanxi Province

ZHAO Jing-bo^{1,2}, SUN Gui-zhen¹, GU Jing^{1,2}, XIAO Jun¹

(1. Department of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Environment Institute of Earth, CAS, Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: Water contents of sandy soil and loess in Jingbian County, Shaanxi Province are studied through the field investigations and measurements. Experimental results show that water content of sandy soil is less than 3% and water content of loess under poplar trees, about 7%. Severe dried layer occurs in sandy soil and moderate dried layer under poplar trees, in loess. All the dried layers are above 6 m in depth. The degree and depth of dried layer indicate that natural arid climate is a dominant factor causing dried layers in the area, with the tree species being an important factor. During ecological and environmental construction, different types of vegetation should be recovered in view of the different levels of dried layer development. Grass and bush should be planted in the sandy soil area and grass and drought tolerant bush with trees should be planted in the loess soil area. Where dried layers develop severely, afforestation is unsuitable because it can not bring environmental and economical benefits, but can cause excessive consumption of deep soil moisture and underground water.

Keywords: Jingbian County; water content of sandy soil; water content of loess; dried soil layer

由于黄土高原生态环境建设的需要,近年来人们加强了黄土高原和邻近地区土壤含水量和土壤干层的研究^[1-4]。现已认识到陕北黄土高原中龄生态林、苹果林、天然林、灌木林地普遍存在土壤干层^[2-5],而且延安以北干层发育较强,以南发育较弱。

研究表明,黄土高原区“小老树”的出现就是由于土壤干层发育的缘故^[3-4,6]。虽然过去对黄土区土壤水分进行了许多研究,但研究的地域主要是长城以南的黄土高原地区^[7-9],在长城以北地区研究较少。长城以北气候干旱,是草原植被为主的地区。这一地区

收稿日期:2007-04-23

修回日期:2007-05-30

基金项目:国家自然科学基金项目(40672108);中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室项目(SKLLQG0608)

作者简介:赵景波(1953-),男(汉族),山东省滕州市人,博士,教授,博士生导师,主要从事自然地理研究。E-mail:zhaobjb@sunu.edu.cn.

土壤含水量的研究对揭示干旱地区土壤干层发育特点和形成原因有重要意义。在国外气候较干旱地区,也有土壤干层发育,但国外的研究主要是针对表层土壤水^[10-12],对 2 m 以下土层含水量研究较少。本文根据靖边县城附近沙地土壤与黄土层土壤人工植被土壤含水量的测定,研究该区的土壤干层发育强度和深度以及植被建设问题。

1 采样地点概况和研究方法

研究地点所在的靖边县位于陕西省北部,榆林地区西南部,地处毛乌素沙漠南缘。全县总面积 5 088 km²,地势南高北低,海拔介于 1 123~1 823 m 之间。按地形地貌分为北部风沙滩地区、中部覆沙黄土梁峁区、南部丘陵沟壑区,分别约占总面积的 1/3。全县属半干旱大陆性季风气候,四季变化明显,年平均气温 7.8℃,年平均降水量 395 mm。

我们选择了靖边县统万城和靖边县城附近人工植被进行采样研究。统万城研究点位于靖边县统万城遗址附近,距靖边县城北约 60 km,位于毛乌素沙地中,地表土层主要为细砂土。统万城研究点人工植被为沙柳和稀疏杨树林。沙柳高 2~3 m,为枝条很细的束状灌木。杨树生长不良,稀疏分布,植株间距 4~5 m,杨树高 6 m 左右,树径 15 cm 左右,干稍现象严重。靖边县城研究点位于县城以北,地表土层为黄土,植被包括杨树林和草丛。黄土层上的 15 龄杨树高 10 m 余,树径 20 cm 余,植株间距 4 m 左右。对沙地杨树林、沙地沙柳灌丛、黄土杨树林和黄土草

地 4 类样地进行了打钻采样,每类样地打钻 4~6 个。沙地钻孔深度为 4.0~4.5 m,黄土地钻孔深度为 6.0 m,每 10 cm 左右采样一个,每孔采样 40~60 个。样品利用轻型人力钻采取,含水量测定采用烘干称重法。烘干温度为 105℃,烘干至恒重。烘干前后土重用电子天平称量。

2 土层含水量测定结果

2.1 靖边县杨树林地沙土含水量

我们于 2005 年 4 月和 2005 年 5 月在靖边县统万城杨树林沙地进行了 6 个钻孔的取样研究。根据 4—5 月采集的 248 个沙土样品测定结果(图 1)可知,12 龄杨树下 a 孔沙土 0—420 cm 土层含水量变化在 1.6%~4.5% 之间,平均为 2.4%。由含水量在纵向上的差异,可将 a 剖面分为 3 层。上部 0—150 cm 为第 1 层,含水量变化在 1.8%~3.8% 之间,平均为 2.5%,呈波动减少趋势。第 2 层在 160—300 cm 之间,含水量变化在 1.6%~2.4% 之间,平均为 2.0%,含水量较第 1 层降低,是剖面中含水量最低的一个带。第 3 层在 310~420 cm 之间,含水量变化在 1.9%~4.5% 之间,平均为 2.6%,水分含量有所增高,呈波动增加趋势。第 3 层含水量略有增多与受蒸发影响小和植物对该层中的水分利用略有减少有关。b—d 孔含水量(图 1b—d)的变化更明显,平均含水量也不到 3%,也是上部含水量高,中部低,下部又变高,变化特点与 a 孔含水量基本相同,只是波动变化存在一定差别。

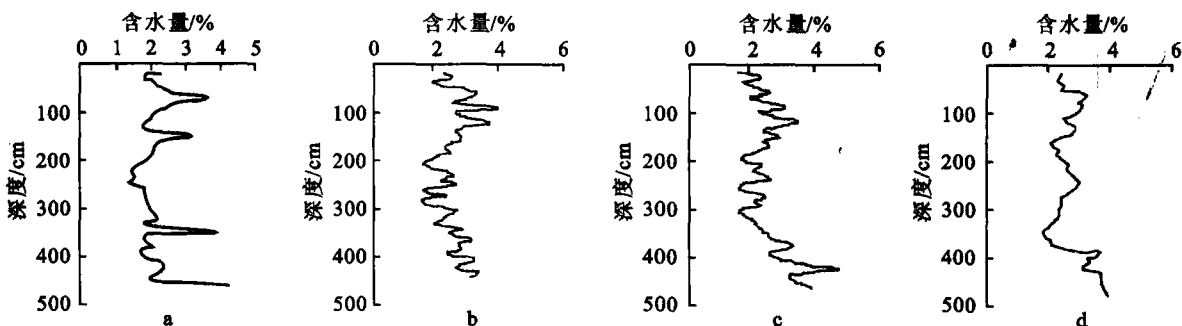


图 1 靖边县统万城 12 龄杨树林细沙质土壤含水量变化

2.2 靖边县沙柳灌木沙土含水量

2005 年 4 月和 2005 年 5 月在靖边县沙柳灌丛沙地上打了 4 个 4.2 m 钻孔进行研究。据 a 孔 34 个沙土样品测定(图 2 a)得知,沙柳下沙土 0—420 cm 土层含水量变化在 2.1%~4.3% 之间,平均为 2.8%。据含水量在纵向上的差异,可将剖面分为 3 层。上部 0—150 cm 为第 1 层,含水量变化在 2.1%~3.1% 之间,平均为 2.6%,从上向下呈波动增加趋

势。第 2 层在 160—300 cm 之间,含水量变化在 2.3%~4.3% 之间,平均为 3.1%,含水量较第 1 层略有升高。第 3 层在 310—410 cm 之间,含水量变化在 2.1%~3.3% 之间,平均为 2.7%,含水量有所降低,从上向下呈波动增加趋势。b 孔含水量测定结果(图 2b)显示,b 孔含水量及其变化特点与 a 孔相近。c,d 孔含水量与 a,b 孔接近,但 c,d 孔中上部含水量小于下部。

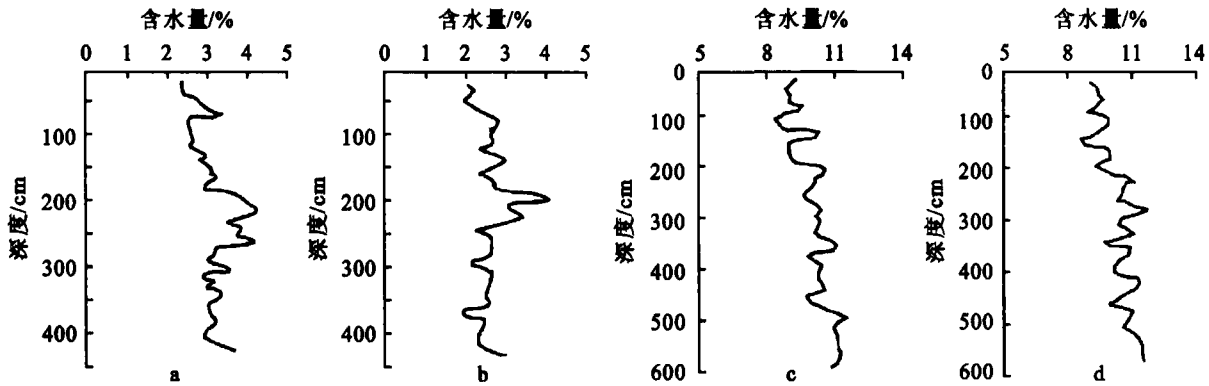


图2 靖边县城附近沙柳灌丛沙土和草地黄土含水量变化

a, b 为统万城沙柳2个钻孔细沙土含水量; c, d 为靖边城北草地黄土含水量

2.3 靖边县草地和杨树林地黄土含水量

2005年5月在靖边城南草地黄土层上打了6个6m深的钻孔,每孔采集样品60个。由a孔含水量测定结果(图2c)得知,草地黄土0—600cm含水量变化在7.9%~11.6%之间,平均为10.1%。由含水量在纵向上的差异,可将a剖面分为3层。上部0—200cm为第1层,含水量变化在5.1%~11.2%之间,平均为9.3%,由上向下呈波动递减趋势。第2层在210—400cm之间,含水量变化在9.5%~11.2%之间,平均为10.2%,较第1层略高。第3层在410—600cm之间,含水量变化在9.6%~11.5%之间,平均为10.9%,含水量又有所升高。b孔含水量特点、变化规律(图2d)与a孔差别不大,含水量也是第1层最低,第2层升高,第3层最高。c孔含水量变化与a,b孔不同,第1,2层含水量相近,第3层最高。其它各孔含水量变化与a,b孔大致相同,200—600cm平均含水量为10%左右。

2005年5月在靖边县城南16龄杨树林地黄土层上打了6个6m深的钻孔,每孔采集样品60个。由a孔含水量测定结果(图3a)得知,杨树林地0—600cm土层含水量变化在5.1%~11.2%之间,平均为7.0%。由含水量在纵向上的差异,可将a剖面分为三层。

上部0—150cm为第1层,含水量变化在5.1%~11.2%之间,平均为8.1%,由上向下呈波动递减趋势。第2层在160—400cm之间,含水量变化在5.3%~7.4%之间,平均为6.5%,较第1层降低,波动变化小。第3层在410—600cm之间,含水量变化在6.2%~7.5%之间,平均为6.9%,含水量又有所升高。b—d孔含水量特点、变化规律(图3b—d)与a孔差别不大,两剖面含水量也是第1层含水量最高,中间的第2层含水量最低,第3层含水量又略有升高。e,f孔的变化趋势不明显,含水量与a—d孔有一定差异。

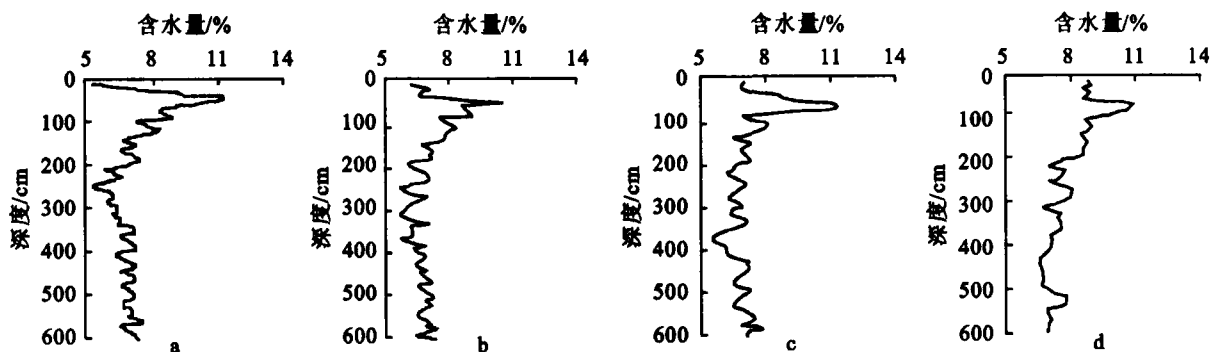


图3 靖边县城北16龄杨树林4个钻孔土层含水量变化

3 讨论

3.1 靖边县沙土与黄土人工植被土壤干层发育强度

按土壤干层发育强度,前人曾将土壤干层分为3级,含水量低于6%的为严重干土层,含水量在6%~9%之间的为中度干层,含水量在9%~12%的为轻度干层^[13]。靖边县黄土层中的干层可用这一标准划

分,而沙土层干层的确定则需要沙土层的干层标准。在2006年6月,我们对靖边县城北草地沙土进行了6个5m深度的钻孔采样,每孔取样50个左右。测定结果表明,草地沙土2m以上含水量为2.5%左右,2—5m平均含水量为4%左右。2—4m含水量应当是该区沙地正常含水量,我们初步以此作为确定沙地干层的标准,沙地含水量小于4%可认为有干层

发育。该区剖面的统万城沙地 6 个剖面 and 靖边城北 4 个剖面的样品平均含水量都低于 3%，相比之下，沙柳地沙土层含水量比杨树沙土层含水量要略高一点，但它们的含水量都低于 4% 的沙地干层标准，均有干层发育。该区人工林地黄土层的干化达到了中等干层。虽然沙土干层划分的含水量标准应与黄土不同，但从沙地杨树干稍严重和生长状况很差现象能够确定靖边县杨树林沙地和沙柳沙地都发育了严重的土壤干层。在垂向分布上，整个 4.5 m 的沙土剖面含水量都小于 3%，这表明靖边县区沙土干层发育深度至少达到了 4.5 m。

靖边县黄土层土壤含水量测定结果显示，杨树林黄土层含水量可达 7.1%，明显高于沙地，但是 2—6 m 之间含水量介于中等干层含水量 5%~8% 之间，这表明靖边县附近杨树林地黄土层发育了中等强度的干层，深度至少已达 6 m。由此得出，在年降水量 400 mm 左右的条件下，人工林地黄土干层发育强度至少已达到中等，并且接近发育严重的干层，发育深度大于 6 m。靖边县草地黄土层 0—6 m 平均含水量为 10% 左右，发育了较弱的土壤干层。

在土层含水量很低的情况下，植物不仅生长很差，而且可能造成植物的死亡。在黄土土层中，土壤

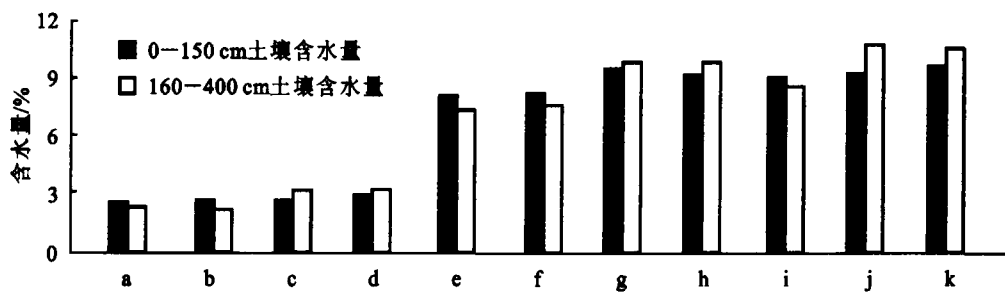
含水量小于 5% 就会导致植物的死亡。靖边县杨树和沙柳沙土层含水量不足 3%，而它们还能生长，这是沙土层供水性比黄土层高决定的。这也告诉我们沙土层中含水量接近 3% 就能维持沙柳的生长。

3.2 靖边县土壤干层发生的原因

靖边县土壤干层发生的原因应包括气候因素、土层因素和植被因素三个主要方面。

气候干旱是造成靖边县区土壤干层发育的决定因素。靖边县年均降水量仅有 395 mm，这是土壤干层发育强度大和垂向分布深度大的主要原因。与年均降水量 550 mm 和 600 mm 的西安黄土层人工林地相比(图 4)，靖边县区土壤干化的强度明显增大。西安地区黄土层上的杨树林地发育了弱的干层，干层分布深度在 2—4 m 之间^[14-15]。

靖边县的黄土层上同种植被干层发育强度比西安地区黄土上的人工植被高一个等级，甚至接近 2 个等级，发育深度比西安地区大 2 m 以上。靖边县和西安地区土壤干层发育强度与深度差异的原因显然是由于降水量不同造成的。气候暖干化也促进了土壤干层的发育。近 40 a 来陕西省黄土高原年降水量趋于减少(图 5)，这种变化促进了干层发育深度和强度的加大。



a, b 为靖边 a, b 孔沙柳沙土含水量; c, d 为靖边统万城 12 龄杨树林地 a, b 孔沙土含水量; e, f 为靖边城南杨树林地 a, b 孔黄土含水量; g, h 为靖边城南草地 a, b 孔黄土含水量; i 为延安市区附近 15 龄杨树林地土壤含水量; j 为西安市临潼区岳家沟 13 龄杨树林地土壤含水量; k 为西安高陵田家村 12 龄杨树林地土壤含水量

图 4 陕西黄土高原土壤含水量南北变化

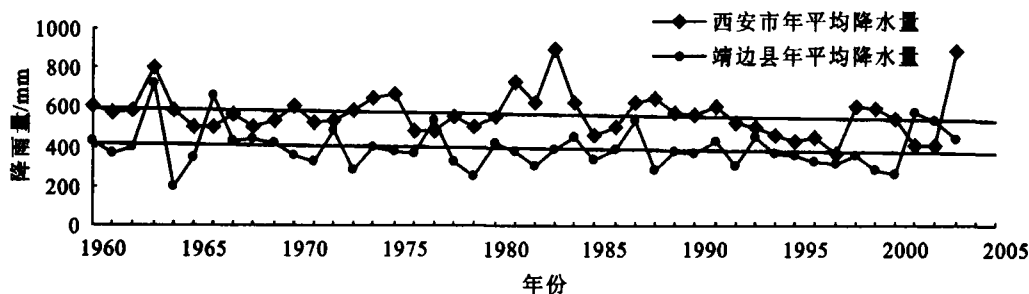


图 5 靖边县和西安市近 50 a 来年降水量变化

土层性质与植被的差别对干层发育强弱也起到了重要作用。引起沙土层含水量很低的原因是沙土

持水性能比黄土差。靖边县沙区地表沉积物以细沙为主，黏土成分很少，持水性差，是其含水量低的土层

质地因素。人工种植的杨树生长较快,消耗水分较多,沙柳比草本植物耗水也较多,这对干层的形成也起到了促进作用。杨树林地黄土层 2—4 m 平均含水量为 7.0% 左右,为发育中等的干层,而杨树林地沙土层 2—4 m 平均含水量小于 3%,根据植被生长很差确定为发育严重的干层,这都是植被消耗水分存在差异造成的。

3.3 靖边县土壤干层与植被恢复

关于土壤干层发育区能否造林还存在很大分歧。有的研究者认为采取一定措施是可以造林^[4],也有相当一部分研究者认为不适合造林。我们根据野外考察资料和土壤含水量测定认识到,在土壤干层发育较轻的情况下可以造林,在土壤干层发育较严重的情况下一般不适于造林。具体说来,若有发育中等的干层存在一般就不适于造林。然而需要说明的是不能造林不等于不能种树。因为在年均降水量为 400 mm 地区为森林草原区,在这样的地区发展消耗水分少的林草相结合的植被是可行的。如在榆林东部保留有一定面积的天然杜松疏林草原,证明发展适于当地气候的疏林草原是可行的。但是,由于在该区造林常引起土壤水分的过量消耗,所以该区不宜大面积的发展乔木林,只有在地形低洼和有外来水源的情况下,可以发展小范围乔木林。而且要选择生长缓慢,耗水少的树种,并应加大树木的植株间距,采取乔、灌、草相结合的措施,促使其正常生长。

在沙土分布区,由于土壤含水量很低,不宜种植乔木。沙土区稀疏的乔木起不到防风固沙的作用,还会过量消耗深部的土壤水分,这只会导致环境的退化。所以靖边县沙土分布区不宜发展乔木林。旱生灌木沙柳等具有较强的抗旱能力,长势较好,盖度大,保持水土的作用大,能很好起到防风固沙的作用。因此靖边县沙土分布区应发展以灌草为主的植被。

4 结论

(1) 在靖边县区,不论是黄土层还是沙土层,人工杨树林和沙柳灌木植被下都有明显的土壤干层发育。沙地发育了严重土壤干层,杨树林地黄土层发育了中等强度甚至接近严重的土壤干层。

(2) 在年降水量 400 mm 左右的条件下,无论是黄土层还是沙土层,人工杨树林和沙柳灌木植被下的土壤干层发育深度都超过了 6 m。

(3) 靖边县区土壤干层发育的决定因素是自然因素,干旱的气候是其干层发主要原因。人工灌木和

树种消耗水分较多,也促进了干层的发育。

(4) 在靖边县区进行生态环境建设时,沙土区应以发展耗水量较少的耐旱草灌为主,在黄土分布区的低洼处和有外来水源的情况下,可发展小范围耐旱乔、灌、草相结合的植被。

[参 考 文 献]

- [1] 王志强,刘宝元,王晓兰. 黄土高原半干旱区天然锦鸡儿灌丛对土壤水分的影响[J]. 地理研究, 2005, 24(1): 113—120.
- [2] 侯庆春. 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.
- [3] 赵景波,侯雨坚,黄春长. 陕北黄土高原人工林下土壤干化原因与防治[J]. 中国沙漠, 2003, 23(6): 612—615.
- [4] 杨文治. 黄土高原土壤水资源与植树造林[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 433—438.
- [5] 黄明斌,杨新良,李玉山,等. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 7—13.
- [6] 王力,邵明安,张青峰. 陕北黄土高原土壤干层的分布和分异特征[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 436—442.
- [7] 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.
- [8] 徐宗学,张楠. 黄河流域近 50 年降水变化趋势分析[J]. 地理研究, 2006, 25(1): 27—34.
- [9] 陈云明,侯喜禄,刘文兆. 黄土丘陵半干旱区不同类型植被水保生态效益研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 57—62.
- [10] Yuin E. An infiltration model to predict suction changes in the soil profile[J]. Water Resource Research, 1998, 34(7): 1617—1622.
- [11] Rapp I. Evaporation and crust impedance role in seedling emergence[J]. Soil Science, 2000, 165(4): 354—364.
- [12] Cairns J, Audebent A, Towend J, et al. Effect of mechanical impedance on root growth of two rice varieties under field drought stress[J]. Plant and Soil, 2004, 267(1—2): 309—318.
- [13] 王力,邵明安,侯庆春. 土壤干层量化指标初探[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 87—90.
- [14] 赵景波,杜娟,周旗,等. 西安附近苹果林地的土壤干层[J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2115—2120.
- [15] 赵景波,陈宝群,肖军,等. 陕西咸阳人工林地土壤干层研究[J]. 地理科学, 2005, 25(3): 322—328.