

## 安塞黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落土壤抗蚀性分析\*

张振国<sup>1,4</sup>,黄建成<sup>2</sup>,焦菊英<sup>1,3</sup>,白文娟<sup>1,4</sup>

(1. 中国科学院 水利部水土保持研究所,陕西 杨陵 712100;2. 宁夏农林科学院 资源与环境研究所,银川 750001;3. 西北农林科技大学 水土保持研究所,陕西 杨陵 712100;4. 中国科学院 研究生院,北京 100039)

**摘要:**以黄土丘陵沟壑区安塞县的纸坊沟小流域为例,对小流域内退耕地植被恢复后不同植物群落土壤抗蚀性进行了研究,研究结果表明:(1)从土壤有机质含量指标讲,老荒坡和狼牙刺群落抗侵蚀能力最强,其次是刺槐、沙棘等人工林地,以猪毛蒿为优势种的群落和农耕玉米地抗侵蚀能力最弱;(2)从土壤团聚度、分散率和分散系数指标看,刺槐和黄刺梅群落抗侵蚀性能最强,农耕地和以猪毛蒿为优势种的群落抗侵蚀性能最差,人工林地和其它退耕还草地抗蚀性能居中;(3)从土壤生物结皮盖度讲,抗蚀性能为以芨蒿为优势种的群落 > 以铁杆蒿为优势种的群落 > 以猪毛蒿为优势种的群落;(4)从土壤侵蚀量来看,刺槐和沙棘群落抗侵蚀性能最强,以猪毛蒿为优势种的群落抗侵蚀性能最弱。综合分析得出抗蚀性能为:老荒坡,狼牙刺 > 刺槐,黄刺玫,沙棘 > 柠条 > 白羊草,芨蒿 > 铁杆蒿 > 猪毛蒿,农耕地。随着退耕时间的延伸,退耕还林还草地的抗蚀性较农耕地不断提高,而与当地老荒坡群落的抗蚀性越来越接近。狼牙刺群落、刺槐和沙棘群落抗侵蚀性能最好,猪毛蒿群落抗侵蚀性能最弱,老荒坡各群落抗蚀性能较强,农耕地抗蚀能力有待提高。

**关键词:**退耕地;植被恢复;抗蚀性;水土保持

**中图分类号:**S157.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)01-0028-04

## Analysis on Erosion Resistance of Different Vegetation Communities in Abandoned Lands in An'sai Hilly-gully Loess Region

ZHANG Zhen-guo<sup>1,4</sup>,HUANG Jian-cheng<sup>2</sup>,JIAO Ju-ying<sup>1,3</sup>,BAI Wen-juan<sup>1,4</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;2. Academy of Ningxia Agriforestry Science Resource and Environment Institute, Yinchuan 750001, China;3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;4. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:**The study on anti-erodibility of different vegetation communities in the Zhifanggou basin of Ansai county,a national experimental site in hilly and gully region on the plateau,shows that (1) From soil organic matter contents index,the anti-erodibility of native lands and *Sophora viciifolia* is among the best and then artificial forests which include *Robinia pseudoacacia* and *Hippophae rhamnoides*,*Artemisia scoparia* and cropland are the weakest. (2) From soil aggregation degree and soil dispersion degree and dispersion coefficient index,*Robinia pseudoacacia* and *Rosa xanthina* are among the strongest,*Artemisia scoparia* and cropland are the weakest. (3) From the coverage of biological soil crusts index,soil erosion resistance is *Artemisia giraldii* > *Artemisia gmelinii* > *Artemisia scoparia*. (4) From the amount of soil erosion index,*Robinia pseudoacacia* and *Hippophae rhamnoides* are among the best,*Artemisia scoparia* is the weakest. In all soil erosion resistance is *Sophora viciifolia* > *Robinia pseudoacacia*,*Rosa xanthina*,*Hippophae rhamnoides* > *Caragana intermedia* > *Bothriochloa ischaemum*,*Artemisia giraldii* > *Artemisia gmelinii* > *Artemisia scoparia*,cropland. The anti-erodibility of abandoned lands is getting stronger and stronger as the ages increase,approaching that of communities of native lands. The soil erosion resistance of *Sophora viciifolia*,*Robinia pseudoacacia* and *Hippophae rhamnoides* is the best,*Artemisia scoparia* is the weakest,the soil erosion resistance of cropland is needed to be enhanced.

**Key words:**abandoned land;vegetation restoration;erosion resistance;soil and water conservation

环境问题是当今国际社会普遍关注的热点问题,而水土流失是世界上的头号问题,是中国的最大隐患。水土流失不仅通过对土地的蚕食,造成上游侵蚀地区的土地面积减少、土地退化、土地生产力下降,而且被侵蚀的土壤还以泥沙的

形式造成了下游河道、水库以及河口的淤积<sup>[1-3]</sup>。目前,国家正在西部地区实施退耕还林还草工程,目的就是要解决我国西部地区严重的水土流失问题,而实施了 7 a 的退耕还林还草工程能否解决项目生态问题的疑问在不断升级,退耕还林

\* 收稿日期:2007-01-24

基金项目:国家自然科学基金(40271074;40571094);西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”(01140301);教育部留学基金项目

作者简介:张振国(1981-),男,山东寿光人,在读硕士,主要从事植被恢复与环境效应评价研究。

通信作者:焦菊英(1965-),女,研究员,博士,主要从事生态恢复环境效应研究。

还草防止土壤侵蚀的功能是其中一个非常重要的问题。

土壤抗蚀性(Soil anti-erodibility)是指土壤抵抗水的分散和悬浮的能力。土壤抗蚀性的强弱与土壤内在的物理和化学性质关系密切,包括土壤的颗粒组成、团聚体的稳定性、有机质、渗透率、紧实度、黏土矿物的性质及化学成分等,抗蚀性的大小主要取决于土粒和水的亲和力及土粒间的胶结力。土壤抗蚀性是评定土壤抵抗土壤侵蚀能力的重要参数之一,也是土壤侵蚀研究的重要内容之一。目前国内外主要从以下 3 个方面进行研究(1)根据土壤的理化性质来评价土壤的抗蚀性;(2)用统计方法对土壤抗蚀性的研究;(3)从侵蚀动力学角度对土壤抗蚀性的研究<sup>[4]</sup>。评价土壤抗蚀性能的指标有很多,目前常见的主要有土壤有机质含量、水稳性团聚体含量、平均重量直径、团聚度和分散系数等。以安塞县内的纸坊沟小流域为例,流域内不仅有近几年的退耕还林还草地,而且还有从 20 世纪 70 年代中期以来不同年份的退耕还林还草地,采用多项评价指标通过对流域内现有的各种植物群落土壤抗蚀性的研究,来回答退耕还林还草工程的水土保持功能的问题。

### 1 研究区概况

研究区设在地处陕北黄土高原丘陵沟壑区的安塞县,位于 105°51'44" - 109°26'18" E, 36°22'40" - 36°32'16" N,海拔 997~1 731 m。地形复杂,梁峁连绵,沟壑纵横,全县水土流失面积 2 832 km<sup>2</sup>,占总面积的 96%,是黄河中游水土流失重点县之一,也是西北典型生态环境脆弱区。安塞县属暖温带半干旱气候区,年平均降水量 500 mm 左右,且分布不均匀,降雨集中。年平均蒸发量 1 000 mm,无霜期 160~180 d,年日照时数 2 352~2 573 h, 10 积温 2 866,年均气温 8.9。土壤以黄绵土为主,约占总面积的 95%左右<sup>[5]</sup>。

安塞处于暖温带森林草原区,天然森林已全遭破坏,森林覆盖率为 17.7%<sup>[6]</sup>,人工林以刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨(*Populus Simonii*)、柠条(*Caragana intermedia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)为主,荒坡主要为铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、芨芨蒿(*Artemisia giraldii*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)等组成的处于不同演替阶段的草本植物群落,多数荒坡因过度放牧成为退化草地<sup>[5]</sup>。

### 2 材料与方法

#### 2.1 供试材料与方法

用于抗蚀性研究的地类包括退耕还林还草地、弃耕地、农耕地、老荒坡等,其上分布着纸坊沟小流域的主要天然、人工植物群落类型。由于土壤抗蚀性主要决定于表土性质,故本次试验只采取 0-20 cm 表层土样,样品均采 3 个点为重复,用团粒盒选取物理性质测定样品,用土袋取化学性质分析样品。本次调查共对典型植物群落取样进行了土壤理化性质的测定,各样地具体情况见表 1。其中调查土壤生物结皮时,为了包括尽可能多得种类,又不至于工作量过大,样方大小设为 0.5 m<sup>2</sup>,设重复 10 个。

#### 2.2 试验方法

土壤机械组成、微团聚体测定采用湿晒法。土壤有机质测定采用重铬酸钾氧化法<sup>[7]</sup>。土壤侵蚀量测定采用容积

法<sup>[8]</sup>。抗蚀性指标计算方法如下:

$$\text{团聚状况} = (> 0.05 \text{ mm 微团聚体分析值}) - (> 0.05 \text{ mm 机械组成分析值})$$

$$\text{团聚度} = \text{团聚状况} / (> 0.05 \text{ mm 微团聚体分析值})$$

$$\text{分散率} = (< 0.05 \text{ mm 微团聚体分析值}) / (< 0.05 \text{ mm 机械组成分析值})$$

$$\text{分散系数} = (< 0.001 \text{ mm 微团聚体分析值}) / (< 0.001 \text{ mm 机械组成分析值})$$

表 1 用于抗蚀性分析的主要植物群落基本情况

编号	植物群落	退耕年限/ a	坡度/ (°)	坡位	坡向	盖度/ %
S <sub>1</sub>	以猪毛蒿为优势种的植物群落	2	20	梁坡中	西偏南 20°	30
		6	25	梁坡上	北偏西 5°	25
		5	20	沟底	南偏东 20°	30
		5	30	梁坡上	正北	20
S <sub>2</sub>	以铁杆蒿为优势种的植物群落	20	10	梁坡中	西偏南 40°	35
		20	30	梁坡上	西偏南 21°	20
		25	30	梁坡中	东偏南 45°	45
S <sub>3</sub>	以芨芨蒿为优势种的植物群落	19	35	沟坡上	南偏西 10°	50
		20	25	沟沿线上坡	东偏南 45°	40
S <sub>4</sub>	以芨芨蒿为优势种的植物群落	19	20	沟沿线上坡	正南	70
		老荒坡	30	梁坡下	东偏南 30°	45
S <sub>5</sub>	以白羊草为优势种的植物群落	老荒坡	20	梁坡下	南偏东 5°	35
		20	30	梁坡中	东偏北 25°	35
S <sub>6</sub>	以白羊草为优势种的植物群落	13	30	梁坡上	西偏南 20°	35
		老荒坡	35	沟沿下荒坡	东偏南 30°	55
		老荒坡	20	梁坡下	西偏南 30°	70
S <sub>7</sub>	狼牙刺+芨芨蒿	老荒坡	20	梁坡上	正南	45
		30	25	沟坡	北偏西 25°	85
S <sub>8</sub>	刺槐林+铁杆蒿+长芒草	30	30	沟坡	北偏西 30°	80
		29	35	坡中	北偏西 5°	75
S <sub>9</sub>	刺槐+连翘	29	25	梁坡上	西偏南 12°	60
S <sub>10</sub>	刺槐+黄刺玫	30	25	梁坡上	西偏北 10°	80
S <sub>11</sub>	沙棘	23	20	梁坡下	南偏东 20°	90
		20	25	沟坡	南偏西 10°	90
S <sub>12</sub>	柠条+铁杆蒿群落	27	30	梁坡中	西偏南 35°	50
		29	20	梁坡上	东偏南 45°	80
		29	10	峁顶	西偏南 40°	85
		29	25	沟坡	南偏西 30°	90
S <sub>13</sub>	玉米地	29	30	梁坡中	东偏北 30°	75
		29	25	沟坡	东偏南 50°	75
		0	27	梁坡中	东偏南 35°	35
		20	20	梁坡中	东偏南 50°	40
S <sub>14</sub>	黄刺玫+黑枸杞	老荒坡	20	梁坡中	东偏南 50°	40
S <sub>15</sub>	丁香+黄刺玫	老荒坡	25	梁坡上	南偏东 5°	70
S <sub>16</sub>	中华卷柏+铁杆蒿	老荒坡	22	沟坡下	正南	70

### 3 结果与分析

#### 3.1 土壤有机质含量

土壤有机质是土壤水稳性团粒的主要胶结剂,能够促进土壤中团粒结构的形成。含有有机质丰富的土壤能够形成良好结构,增加土壤的疏松性、通气性和透水性,从而提高土壤的抗侵蚀能力。

退耕地自然恢复随着退耕年限的增长和植物群落的演替,有机质的含量是逐步增加的(S<sub>1</sub> - S<sub>5</sub>,除去处于老荒坡的 S<sub>4</sub>)。在 16 种植物群落中,土壤有机质含量以处于老荒坡的黄刺玫+黑枸杞最高,达到了 29.3 g/kg,其次是以中华卷柏、芨芨蒿为优势种的老荒坡,老荒坡有机质含量平均达到了 21.2 g/kg。退耕还林还草地中以狼牙刺群落有机质含量最高,达到了 19.4 g/kg,由于狼牙刺达到了较高的演替阶段,土壤结构、质地得到了极大的改善,使得土壤有机质含量高,

与老荒坡的有机质含量相差不大;其后是人工刺槐群落(19.4 g/kg)和人工沙棘林(15.8 g/kg),主要是这两个群落生物归还量大,表面存在大量凋落物(厚度达到了 1.5 cm),并且凋落物容易分解转化,从而形成较多的土壤活性有机质<sup>[9]</sup>。有机质含量较低的是以铁杆蒿为优势种的群落、农耕地和以猪毛蒿为优势种的群落,以猪毛蒿为优势种的群落其含量仅为 6.2 g/kg,与狼牙刺群落有机质含量相差 16.6 g/kg。

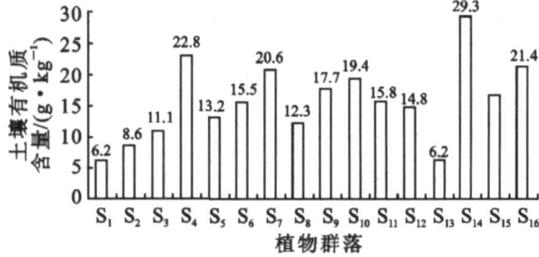


图 1 不同植物群落样地土壤有机质含量

由以上分析可以看出各种植物群落土壤有机质含量均低于老荒坡,其中狼牙刺群落和人工林地下降量不大,有机质含量仅比老荒坡平均低 2.9%~20%,而以铁杆蒿为优势种的群落、农耕地和以猪毛蒿群落为优势种的群落有机质含量明显降低,下降 62.3%~72.8%。从有机质含量指标讲,各种植物群落土壤抗蚀性较老荒坡和狼牙刺群落均有不同层次的下降,老荒坡植被和狼牙刺群落抗侵蚀能力最强,其次是刺槐、沙棘等人工林地,以猪毛蒿为优势种的群落和农耕地抗侵蚀能力最弱。当然,除了有机质指标以外,还必须结合团聚度、分散率和分散系数来加以分析。

### 3.2 土壤团聚度和分散率

分析团聚度、分散率和分散系数也是评价土壤抗蚀性的较好指标。团聚度反映了土壤团聚化程度,其值越大,则土壤抗蚀性越强;而分散率则反之,它的数值越大,则表示土壤抗侵蚀能力越弱。

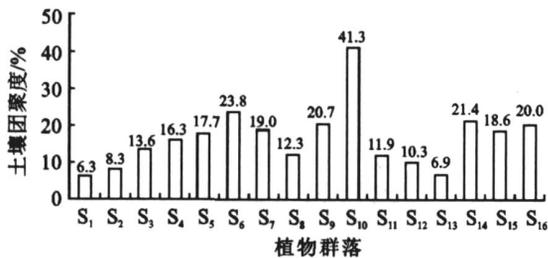


图 2 不同植物群落样地土壤团聚度

从图 2、图 3 可以看到,退耕地自然恢复随着退耕年限的增长和植物群落的演替,土壤团聚度是逐步提高的(S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub>)。不过各植物群落团聚度都不太高,刺槐和黄刺玫群落团聚度最高为 41.3%,同时分散率和分散系数却基本在 70%以上,说明土壤团聚化程度不好,容易分散。土壤团聚度较高的有老荒坡各群落和人工林地,狼牙刺群落和白羊草群落团聚度也较高;同样,分散率和分散系数较低的是老荒坡和人工林地、狼牙刺和白羊草群落。农耕地和以猪毛蒿为优势种的群落土壤团聚度分别只有 6.9%和 6.3%,在各种植物群落中最低;而分散率达到了 96.8%和 96.2%,分散系数也分别达到了 93.4%和 92.3%,又是各种植物群落中最高的,图 2、图 3 也揭示了农耕地和以猪毛蒿为优势种的群

落土壤抗蚀能力弱的事实。其它植物群落团聚度、分散率和分散系数 3 个指标仍都处于中等。从土壤团聚度、分散率和分散系数指标可以看出,刺槐和黄刺玫群落抗侵蚀性能最强,其次是老荒坡各植物群落,农耕地和以猪毛蒿为优势种的群落抗侵蚀性能最差,人工林地和其它退耕还草地抗蚀性能居中。

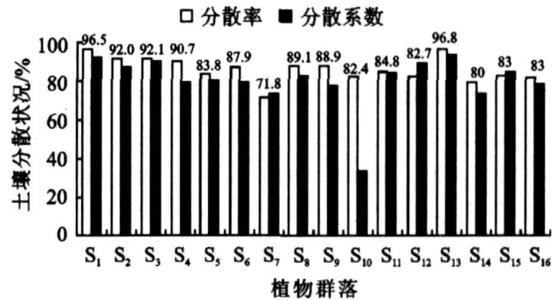


图 3 不同植物群落样地土壤分散率和分散系数

### 3.3 结皮盖度

此次调查当中发现各种植物群落样地表面均有不同程度的结皮和枯枝落叶物,土壤生物结皮盖度也反映了抗蚀性能的大小,生物土壤结皮由于水吸力和地形地貌异质性增加,使土壤表面持水力增大,最后导致入渗量增加,改变了土壤水分的传导,使得地表径流不易形成,降低了土壤表面的侵蚀量<sup>[10]</sup>;另一方面,土壤生物结皮中的藻类、地衣、苔藓及其残体使得结皮层及其土壤表层增加了有机质的含量,改善了土壤结构,从而使得地表侵蚀量减少,提高了土壤的抗侵蚀性能<sup>[11]</sup>。

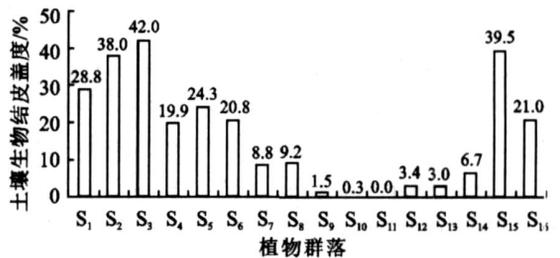


图 4 不同植物群落样地土壤生物结皮盖度

从图 4 我们可以看出,随着退耕年限的增加,植物群落不断演替(S<sub>1</sub>-S<sub>3</sub>),生物结皮盖度逐渐增加,土壤的抗侵蚀性能也是逐步增加,即抗蚀性能为以芨芨草为优势种的群落 > 以铁杆蒿为优势种的群落 > 以猪毛蒿为优势种的群落,这是由于植物盖度小,使得生物结皮起了一定的抗侵蚀性作用。由于白羊草这个物种地上生物量所占面积大,植物盖度大,从而使得生物结皮盖度减少,同理,由于人工林地和老荒坡样方土层表面存在大量的枯枝落叶量,也使得生物结皮盖度减少,但这不能说明这些群落抗侵蚀性能差。从生物结皮这个指标来看,抗蚀性能为以芨芨草为优势种的群落 > 以铁杆蒿为优势种的群落 > 以猪毛蒿为优势种的群落,其它还不能判断,有待于进一步的研究。

### 3.4 样方侵蚀量

土壤侵蚀量从客观上直接反映了土壤抗侵蚀性能的大小,样方上土壤侵蚀量越大,说明该群落的土壤抗蚀性越弱,反之则表示该群落的抗侵蚀能力越强。

从图 5 中可以看出,各种植物群落中人工林地刺槐、沙

棘和以中华卷柏为主要群落的老荒坡土壤侵蚀量最小,沟蚀量为 0.10 kg/m<sup>2</sup>,刺槐和沙棘由于其地表存在大量的枯枝落叶,对降水起拦截作用,增加了土壤表层降水入渗,减少了地表径流,从而使得样方侵蚀量很小。而柠条等人工林地表面枯枝落叶量少,加之坡度、坡位等因素,从而导致样地侵蚀量较刺槐和沙棘大;以白羊草、铁杆蒿和芨芨草为优势种的群落土壤侵蚀量差异不大,农耕地土壤侵蚀量较大,土壤侵蚀量最大的依然是以猪毛蒿为优势种的群落,其土壤侵蚀量达到了 7.51 kg/m<sup>2</sup>,是沙棘和刺槐土壤侵蚀量的 71 倍。从样地沟蚀量来看,人工刺槐、沙棘群落抗侵蚀性能最强,以猪毛蒿为优势种的群落抗侵蚀性能仍旧是最弱的,其它群落抗蚀性能依旧居中。

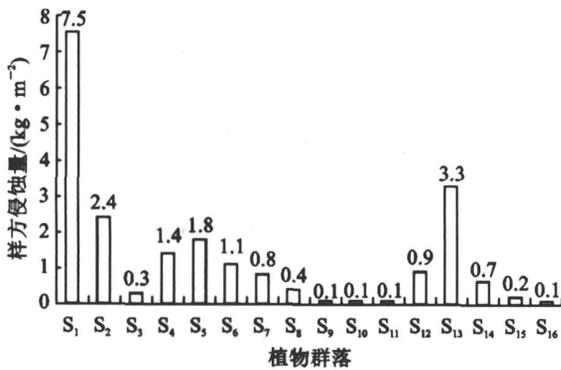


图 5 不同植物群落样地土壤侵蚀量

### 4 结 论

(1)从土壤有机质含量指标讲,老荒坡和狼牙刺群落抗侵蚀能力最强,其次是刺槐、沙棘等人工林地,以猪毛蒿为优势种的群落和农耕地抗侵蚀能力最弱。

(2)从土壤团聚度、分散率和分散系数看,刺槐和黄刺玫群落抗侵蚀性能最强,农耕地和以猪毛蒿为优势种的群落抗侵蚀性能最差,人工林地和其它退耕还草地抗蚀性能居中。

(3)从土壤生物结皮看,抗蚀性以芨芨草为优势种的群落 > 以铁杆蒿为优势种的群落 > 以猪毛蒿为优势种的群落。

(4)从土壤侵蚀量来看,刺槐和沙棘群落抗侵蚀性能最强,以猪毛蒿为优势种的群落抗侵蚀性能最弱。

从以上结果可以看出,植物群落抗侵蚀能力大小排序为:老荒坡,狼牙刺 > 刺槐,黄刺玫,沙棘 > 柠条 > 白羊草,芨

蒿 > 铁杆蒿 > 猪毛蒿,农耕地。退耕还草还林地以狼牙刺群落、人工沙棘群落和白羊草群落抗侵蚀性能最好,有效地减少了水土流失,其它群落抗蚀性能居中,猪毛蒿群落抗侵蚀性能最弱,容易产生水土流失,应注意加强防治措施,否则一旦水土流失加剧,将给治理带来较大困难。老荒坡抗蚀性能较强,农耕地抗蚀能力有待提高,生产上应注意精耕细作,增施有机肥,逐步改善土壤结构,增强土壤抗侵蚀能力。

### 参考文献:

- [1] 曲格平. 保护水土资源,改善生态环境,造福子孙后代[J]. 中国水土保持,1996(8):4-5.
- [2] 朱波,陈实,游祥,等. 紫色土退化旱地的肥力恢复与重建[J]. 土壤学报,2002,39(5):743-749.
- [3] 程积民,万惠娥,王静. 黄土丘陵区山桃灌木林地土壤水分过程与调控恢复[J]. 土壤学报,2003,40(5):691-696.
- [4] 丁文峰,李占斌. 土壤抗蚀性的研究动态[J]. 水土保持科技情报,2001(1):36-39.
- [5] 高旺盛,董孝斌. 黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价:以安塞县为例[J]. 自然资源学报,2003,18(2):182-188.
- [6] 李代琼,姜峻,梁一民,等. 安塞黄土丘陵区人工草地水分有效利用研究[J]. 水土保持研究,1996,3(2):66-74.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978:34-88.
- [8] 郑粉莉,高学田. 黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟[M]. 西安:陕西人民出版社,2000:49-67.
- [9] 姜培坤,钱新标,余树全,等. 千岛湖地区天然次生林地植落物与土壤状况的调查分析[J]. 浙江林学院学报,1999,16(3):260-264.
- [10] 李新荣,张景光,王新平,等. 干旱沙漠区土壤微生物结皮及其对固沙植被影响的研究[J]. 植物学报,2004,42(9):965-970.
- [11] 邵玉琴,赵吉. 库布齐固定沙丘土壤微生物数量与土壤生态因子的研究[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,1997,28(5):715-719.

(上接第 27 页)

- [7] 刘文宏,赵安成,张西宁. 黄土高原沟壑区集水造林整地形式试验研究[J]. 中国水土保持,2006(10):62-64.
- [8] Wang Baitian, Tian Jinghui, Zhang Fu-e. Design method of rainwater harvesting system for afforestation in Loess Plateau[J]. Forestry Studies in China,2002,4(1):29-34.

- [9] 王斌瑞. 土内保墒措施在黄土高原对油松生长的影响[J]. 干旱区研究,2000,1(17):12-16.
- [10] 王斌瑞,王百田. 黄土高原径流林业[J]. 北京:中国林业出版社,1996:17-31.
- [11] 沈芳,贺康宁,张光灿. 黄土半干旱区集水造林地刺槐的林木生产力和水分生产潜力[J]. 水土保持学报,2002,1(5):58-60.