

# 黄土高原子午岭退耕地土壤物理性质与群落特征

刘 勇<sup>1</sup>, 王凯博<sup>1</sup>, 上官周平<sup>1,2,①</sup>

(1. 西北农林科技大学黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 通过对子午岭北部黄土丘陵沟壑区4、9、15和20 a退耕地的生境和植被群落特征的分析,研究了不同年限退耕地的植被群落、土壤水分、容重和生物量的变化。结果表明:随退耕年限的增加,杂草群落中物种分布较均匀,物种丰富度明显增加,植物种数和个体数增加,其优势种和亚优势种分属于6科9属;根系在土层中分布增多,在一定深度范围内土壤结构逐渐疏松,致使土壤容重随退耕年限的增加而减小;在0~80 cm土层内土壤含水量从高至低依次为4 a、20 a、15 a和9 a退耕地;80~300 cm土层的土壤含水量得到明显改善,土壤含水量从高至低依次为20 a、4 a、15 a和9 a退耕地;地面生物量随退耕年限的延长而增加,但增加幅度逐渐趋于缓慢。

**关键词:** 黄土高原; 退耕地; 土壤水分; 植被特征

**中图分类号:** S151.9<sup>+</sup>4; S152.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)02-0042-05

**Study of soil physical properties and community characteristics of different abandoned lands in Ziwuling area of Loess Plateau** LIU Yong<sup>1</sup>, WANG Kai-bo<sup>1</sup>, SHANGGUAN Zhou-ping<sup>1,2,①</sup> (1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(2): 42-46

**Abstract:** The evolution of environments and plant community characteristics in different abandoned lands were analyzed after abandonment for 4, 9, 15 and 20 a, and the plant community characteristics, bulk density, water content and biomass of the different abandoned lands were also researched in the course of succession in hilly-gully regions in north Ziwuling of Loess Plateau. Results showed that in the progress of slow succession, plant species were distributed equally in weed community and the number of species and individuals was increased prominently; dominant and sub-dominant species belonged to 9 genera and 6 families. The distribution of root systems was increased in soil and soil configuration got loosen. As a result, the bulk density was decreased in certain depth. Soil moisture was ordered from large to small; 4 a, 20 a, 15 a, 9 a and 20 a, 4 a, 5 a, 9 a abandoned lands in 0-80 cm and 80-300 cm depth soil respectively. Above-ground biomass was increased with abandoned time, but the trend was slow.

**Key words:** Loess Plateau; abandoned land; soil moisture; vegetation characteristics

黄土高原地区干旱少雨,加之掠夺性开发水土资源,致使水土流失严重,生态环境日益脆弱。退耕地是人为干扰下形成的一类退化生态系统,其演替是在原生植被遭到破坏后发生的,是一种较为原始的演替过程<sup>[1]</sup>。关于退耕演替研究已有大量相关报道,但多数是属于植物群落描述和植被恢复方面的研究,包括黄土退耕地退耕还林后土壤性质变化<sup>[2]</sup>、植被恢复<sup>[3]</sup>、土壤水文效应<sup>[4]</sup>、养分循环特征以及退耕后生物多样性对土壤性质的影响<sup>[5]</sup>等,但机理性研究相对缺乏,尤其缺乏实验植物学的相关

证据。因此,需对不同年限退耕坡地的群落组成、结构与动态及其与土壤物理特性的关系进行深入的研究,其结果对改善黄土高原地区严酷脆弱的生态环境、加速该地区植被建设具有重要意义。

收稿日期: 2005-11-07

基金项目: 教育部新世纪优秀人才培养计划项目、西北农林科技大学拔尖人才与创新团队建设计划项目和中国科学院西部之光人才培养计划联合学者项目资助

作者简介: 刘 勇(1981-),男,宁夏中卫人,硕士研究生,主要从事植物生态学的研究。

① 通讯作者 E-mail: shangguan@ms.iswc.ac.cn

子午岭林区位于黄土高原中心地带,其特殊的地理位置和不同的生态环境为各类生物提供了适宜的生存条件,使子午岭不仅有比较丰富的植物资源,而且成为西北半湿润、半干旱地区重要的天然种质资源库,同时也成为研究黄土高原植被及演替、气候变迁、土壤侵蚀及生物多样性监测的最佳区域<sup>[6,7]</sup>。笔者用空间代替时间的方法,针对子午岭地区不同年限的退耕地,研究其植被群落的演变、土壤容重、土壤含水量和地面生物量的变化及其之间的关系,为黄土高原地区植被恢复重建提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

研究区域位于黄土高原子午岭北部甘肃省合水县连家砭林场,地理位置为 N35°03' ~ 36°37'、E108°10' ~ 109°08',属黄土高原丘陵沟壑区。海拔 1 300 ~ 1 500 m,相对高差约 200 m,梁峁顶部浑圆平缓,倾斜 3° ~ 5°。25 年年均气温 7.4℃,年均降雨量 587.6 mm,干燥度 0.97, ≥10℃ 积温 2 671℃,平均相对湿度 63% ~ 68%,为半干旱季风气候区。土壤为原生或次生黄土,厚度约为 50 ~ 100 m,其下为厚约 80 ~ 100 m 的红土,以石灰性褐土为主<sup>[8,9]</sup>。

子午岭林区是黄土高原地区目前保存最为完整的天然次生林。明清时期,由于人为破坏形成光秃裸露的丘陵。1862 年以后,当地人口外迁,田地荒芜,自然植被逐渐恢复,形成现在的次生落叶阔叶林。但因人类活动的干扰,该区域的植被目前并未全部演替为森林群落。子午岭北部植被主要演替阶段齐全,保存有空间上完整的植被正向演替系列。所选的退耕地在 1999 年以前有割草、采药等人为干扰,但干扰较小,1999 年后实行封禁管理<sup>[10-12]</sup>。

### 1.2 研究样地的选择

研究样地均为永久性样地。不同年限退耕地样地调查在 2005 年 7 月和 8 月进行,分别在 4、9、15 和 20 a 的封禁区选择具有典型植被特征的地段设置样地,进行群落学和环境因子调查。在 4 个不同恢复阶段,布设 5 m × 5 m 样方各 5 个,共设置样方 20 个。在每个样方内选取 4 个有代表性的 1 m × 1 m 的小样方进行植被调查。调查内容包括生境:地貌地形、坡向、坡位、海拔、土壤性质等(表 1);群落学特征:优势种和亚优势种的组成、物种

数、物种个体数、高度、盖度、频度等。

表 1 子午岭不同年限退耕样地的概况

Table 1 The characteristics of abandoned lands for different times in Ziwuling

退耕时间/a Abandoned time	坡向 Direction	坡度/° Slope	海拔/m Altitude	坡位 Location	面积/m <sup>2</sup> Area
4	峁顶	5	1 357		350
9	阳坡	30	1 290	中部	200
15	峁顶	4	1 394		450
20	峁顶	5	1 416		300

### 1.3 方法

1.3.1 土壤含水量测定 在不同退耕年限的标准样地中取样,测定深度为 300 cm,其中 100 cm 以内每 10 cm 取样 1 次,100 cm 以上每 20 cm 取样 1 次,按层次分别取土,于 105℃ 下烘 8 h,冷却后称重,计算土壤含水量。每个样地重复 3 次。

1.3.2 土壤容重测定 在植被调查和测定土壤水分含量的基础上,选取典型地段随机挖 1 个剖面,在同一深度内取 3 个平行样品,按土层深度 0 ~ 20 cm、20 ~ 40 cm、40 ~ 60 cm 分别采集土层环刀原状土,烘干后计算土壤容重。

1.3.3 生物量测定 在不同恢复阶段的植被群落中,每个样地设置 1 m × 1 m 的小样方 4 个,采集样方内显露于地表部分的各类植物,称其鲜重,再取每个样方生物量的 25%,在 70℃ 的条件下烘干至恒重,称其重并计算生物量。

1.3.4 数据处理与分析 对不同年限退耕地样地内的植被物种数、根系重、土壤水分及地上生物量变化特征均用采用 SAS 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 植被物种结构与多样性的变化

退耕后的退耕地植物群落的生物多样性明显增加,空间异质性增强,退耕地的群落特征也发生了明显的变化(表 2)。蕨类植物和禾本科植物主要分布于植被群落最下层,而菊科和豆科植物则形成不同演替阶段的主要优势种和亚优势种。不同科属的植物高度有很大差异,形成了明显的镶嵌型空间分布格局。退耕年限为 4、9、15 和 20 a 的退耕地植物种类分布比较均匀,物种丰富度明显增加,分别为 23、27、31 和 33 种,其优势种和亚优势种分属于 6 科 9 属,但植物种数和个体数都随着退耕地退耕年限的

延长而增加,从4 a到20 a的演替过程中,共有6个种消失,17个种得以保留,同时新增16个种。这种短时间内植物种类的更替反映出在退耕演替过程中

群落生境的改变和剧烈的种间竞争,说明退耕地的植被演替过程是缓慢的正向演替。

表2 子午岭坡地不同退耕年限的植被群落特征<sup>1)</sup>

Table 2 The vegetation community characteristics of abandoned lands for different times in Ziwuling<sup>1)</sup>

退耕时间/a Abandoned time	优势种 Dominant species	亚优势种 Sub-dominant species	物种数 Species number	个体数目 Individual number	平均高/cm Average height	覆盖度/% Coverage
4	达乌里胡枝子(幼苗)	披针苔草、委陵菜、茵陈蒿、狼尾花	23	185	0.20	63.0
9	茵陈蒿	多花胡枝子(幼苗)、达乌里胡枝子、刺儿菜	27	260	0.40	79.0
15	委陵菜	短花针茅、达乌里胡枝子(幼苗)、白头翁、芨芨	31	280	0.35	93.4
20	短花针茅	铁杆蒿、委陵菜、甘草、茵陈蒿	33	300	0.35	85.4

<sup>1)</sup> 达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica* Franch.); 披针苔草(*Carex lanceolata* Boett); 委陵菜(*Potentilla chinensis* Ser.); 茵陈蒿(*Artemisia capillaris* Thunb.); 芨芨(*Artemisia giraldii* Pamp.); 铁杆蒿(*Artemisia sacrorum* Ledeb.); 短花针茅(*Stipa breviflora* Griseb.); 狼尾花(*Lysimachia barystachys* Bge.); 刺儿菜(*Cirsium setosum* (Willd.) MB.); 白头翁(*Pulsatilla chinensis* (Beg.) Regel); 甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.); 多花胡枝子(*Lespedeza floribunda* Bge.).

### 2.2 退耕地土壤容重随时间的变化

在0~60 cm深度范围内土壤容重随退耕年限的增加而减小,退耕地土壤容重的平均值从高至低依次为4 a、9 a、20 a、15 a(表3)。15 a退耕地由于植被覆盖度高、植物生长优良、土壤相对疏松,因此土壤容重最小(表2)。单位体积的植物根系质量在0~60 cm土层范围内随着退耕年限的增加发生显著变化(图1),20 a退耕地单位体积根系最重,4 a退耕地最轻,说明退耕年限越长,根系越多且分布越广,导致土壤结构相对疏松,从而使得土壤容重随退耕年限的增加而减小,因此可认为,在0~60 cm范围内土壤容重随退耕年限的增加而减小。

表3 子午岭不同退耕年限的退耕地土壤容重的变化<sup>1)</sup>

Table 3 Bulk density change of abandoned lands for different times in Ziwuling<sup>1)</sup>

退耕时间/a Abandoned time	不同深度的土壤容重/g·cm <sup>-3</sup> Bulk density in different soil depth			土壤容重 均值/g·cm <sup>-3</sup> Average bulk density
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	
4	1.28 ab	1.18 a	1.22 b	1.23
9	1.32 a	1.20 a	1.15 a	1.22
15	1.10 c	1.21 a	1.28 a	1.19
20	1.18 bc	1.23 a	1.25 ab	1.22

<sup>1)</sup> 同列不同字母表示不同退耕年限间差异显著( $P \leq 0.05$ ) The different letters in same column mean the significant difference ( $P \leq 0.05$ ).

### 2.3 退耕地土壤水分特征的变化

随着土层深度的增加,土壤含水量发生显著变化,不同深度土壤水分含量的空间剖面变化自上而下分为活跃层和相对稳定层(图2)。在0~80 cm范

围内土壤含水量从4 a、20 a、15 a、9 a退耕地依次递减,其中在10~20 cm土层深度内土壤含水量增加极为明显,增加量分别为67.9%、5.9%、16.2%和27.5%。在20~70 cm相邻土层深度内土壤含水量增加缓慢,其增加量的平均值分别为2.5%、5.4%、4.9%和5.2%。造成这一现象的原因是10~20 cm的土层吸收了大部分降雨,并且植物根系主要分布于这一深度范围内,起到了良好的保水蓄水作用,导致土壤含水量增量变大。在80~300 cm土层深度内土壤含水量从20 a、4 a、15 a、9 a退耕地依次递减,且土壤含水量变化基本都呈V字型分布。一般在黄土丘陵沟壑区的退耕草地上,土壤含水量与坡向和坡度有关,同时也与植被盖度有关。4 a退耕地植被覆盖度只有63%(表2),且生长势较差,

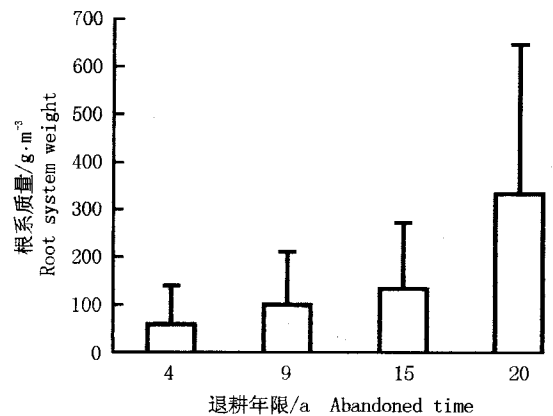


图1 子午岭不同年限退耕地0~60 cm土层根系质量(DW)变化  
Fig. 1 The change of dry weight of root system in 0-60 cm soil depth of different abandoned lands in Ziwuling

植物需水量和土壤水分蒸发量相对较小,因而其土壤含水量相对较大。故可以认为,超过一定的退耕年限后(4 a 以上),在 80 ~ 300 cm 深度范围内,退耕地的土壤含水量随退耕年限的增加而增加。

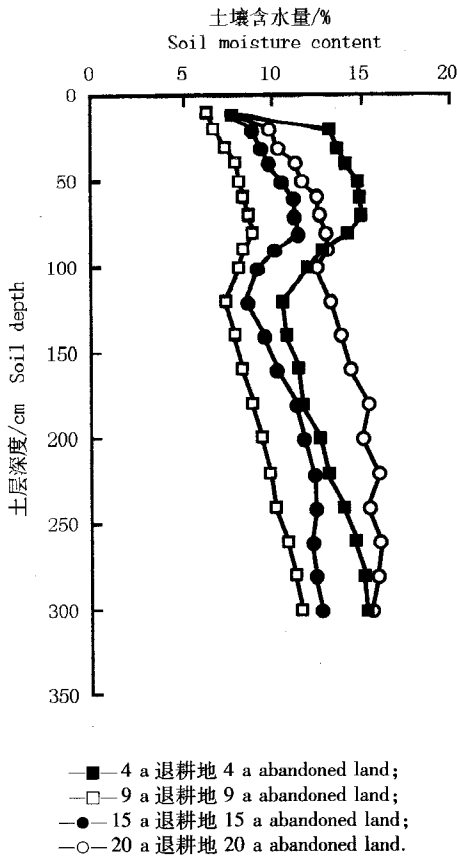


图2 子午岭不同年限退耕地土壤含水量的变化  
Fig. 2 The change of soil moisture content of different abandoned lands in Ziuling

#### 2.4 退耕地地表生物量的变化特征

随着退耕年限的增加,退耕地的植被组成和土壤含水量发生显著变化,致使退耕地地表生物量差异明显(图3)。4 a 至 20 a 退耕地按地表生物量从高至低依次排序为 20 a、15 a、9 a、4 a,其中 9 a 退耕地的地表生物量比 4 a 退耕地增加了 37.2%,差异极为显著。这主要是因为 9 a 退耕地地处阳坡(表2),植被对雨水的拦截作用使得植被生长繁茂,导致 2 块退耕地的地表生物量差异较大。15 a 和 20 a 退耕地的地表生物量差异很小,其差为  $0.05 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。由此可认为,在一定的退耕年限和土壤水分及植被承载力范围内,退耕地的地表生物量随着退耕年限的增加而增加。

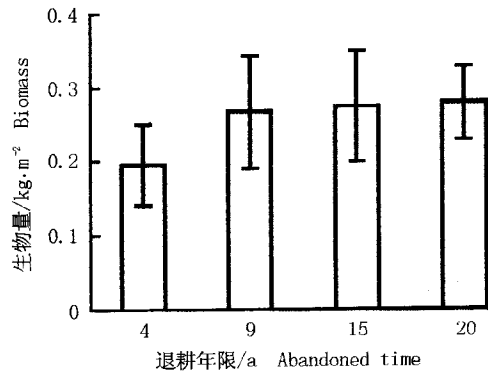


图3 子午岭不同年限退耕地地表生物量的变化  
Fig. 3 The change of above-ground biomass of different abandoned lands in Ziuling

### 3 小结和讨论

随着退耕时间的延长,退耕地上的植物群落逐渐趋于种类多样化和结构复杂化,植物的种数和个体数目明显增加,空间异质性增强。从 4 a 到 20 a 的演替过程中,共有 6 个种消失,17 个种得以保留,同时新增 16 个种。菊科和豆科植物占有重要地位,在群落中形成不同演替阶段的主要优势种和亚优势种。

在相同自然条件下,随着退耕年限的增加,群落中植物种类的多样化加速了土壤中物质的分解率和生物归还率,植被根系在土壤中分布越多且越广,进而促进了土壤物质的良性循环,使得土壤结构逐渐疏松,因而 0 ~ 60 cm 范围内土壤容重随退耕年限的增加而减小,单位体积的根系质量在 0 ~ 60 cm 土层内随着退耕年限的增加而提高。

土壤水分含量的垂直变化自上而下分为活跃层和相对稳定层,土壤含水量随土层深度增加而发生明显变化。0 ~ 80 cm 相邻土层深度内土壤含水量增加较为明显,而 80 ~ 300 cm 的深度范围内土壤含水量增加相对缓慢。土壤的含水量与坡向有很大关系<sup>[5,13]</sup>,9 a 退耕地坡度明显大于其他年份的退耕地,土壤水分的蒸发量较大,因而土壤含水量最小。

地上部生物量在一定的退耕年限和土壤植被承载力范围内随着退耕年限的增加而提高,主要是因为随着退耕年限的增长,植物群落物种多样性增加,新增物种数和个体数逐渐增多,致使地上部生物量逐渐增加。

## 参考文献:

- [1] 彭少麟. 恢复生态学与退化生态系统的恢复[J]. 中国科学院院刊, 2000, 8(3): 188-192.
- [2] 彭文英, 张科利, 陈瑶, 等. 黄土退耕地退耕还林后土壤性质变化研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(2): 272-278.
- [3] 万雪琴, 胡庭兴, 张健, 等. 退耕地退耕还林后的植被恢复[J]. 林业科学, 2005, 41(2): 191-194.
- [4] 王国梁, 刘国彬, 常欣, 等. 黄土丘陵区小流域植被建设的土壤水文效应[J]. 自然资源学报, 2002, 3(17): 339-345.
- [5] 郝文芳, 梁宗锁, 陈存根, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地群落演替与土壤性质演变研究[J]. 中国农学通报, 2004, 8(24): 226-231.
- [6] 张希彪, 上官周平. 黄土高原子午岭种子植物区系特征研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(8): 872-877.
- [7] 应俊生. 中国种子植物物种多样性及其分布格局[J]. 生物多样性, 2001, 9(4): 394-398.
- [8] 李裕元, 邵明安. 黄土高原子午岭森林群落演替与结构特征演化[J]. 西北植物学报, 2003, 23(5): 693-699.
- [9] 赵世伟, 周印东, 吴金水. 子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 119-124.
- [10] 邹厚远. 关于黄土高原植被恢复的生态学依据探讨[J]. 水土保持学报, 1995, 9(4): 1-4.
- [11] 邹厚远, 刘国彬, 王晗生. 子午岭北部近50年植被的变化发展[J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 1-8.
- [12] 周印东, 吴金水, 赵世伟, 等. 子午岭植被演替过程中土壤剖面有机质与持水性能变化[J]. 西北植物学报, 2003, 23(6): 895-900.
- [13] 郝文芳, 单长卷, 梁宗锁, 等. 陕北黄土丘陵沟壑区人工刺槐林土壤养分背景和生产力关系研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(9): 129-136.

## 《植物资源与环境学报》2005年审稿专家名单

《植物资源与环境学报》2005年审稿专家名单如下(按姓氏的汉语拼音排序):

安树青 安渊 包维措 蔡剑华 陈崇顺 陈树元 陈重明 邓懋彬 丁志遵 高山林 高绪评  
 韩留福 杭悦宇 郝日明 何开跃 贺善安 侯有明 冷平生 李国旗 李建宏 李建民 李先琨  
 李亚 刘厚诚 刘建秀 刘敏超 刘启新 刘友良 柳 臻 吕 晔 潘泽慧 强 胜 秦慧贞  
 沈其荣 盛下放 施国新 宋长铄 苏鸿雁 唐世蓉 唐述虞 王广东 王年鹤 王献溥 王振刚  
 吴承祯 吴国荣 徐增莱 殷云龙 於 虹 袁昌齐 张光富 张涵庆 张木清 郑伟娟 钟惠民  
 朱月林

本刊对各位审稿专家的支持表示诚挚的感谢。