

# 民勤青土湖区不同年限退耕地土壤水分和养分变化

柴成武<sup>1</sup>, 王理德<sup>1</sup>, 尉秋实<sup>1</sup>, 王方琳<sup>1</sup>, 吴昊<sup>1</sup>,  
郭春秀<sup>1</sup>, 陈思航<sup>1</sup>, 胥宝一<sup>1</sup>, 何芳兰<sup>1</sup>, 孟存宏<sup>2</sup>

(1. 甘肃省治沙研究所, 甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室,  
甘肃武威 733000; 2. 甘肃省武威市石羊河林业总场, 甘肃民勤 733399)

**摘要:**以石羊河下游—民勤青土湖区不同年限退耕地为研究对象,利用时空替代法分析了该区不同恢复年限退耕地土壤水分与养分时间变异规律。结果表明:(1)在退耕当年(CK),植被分布以一年生浅根性草本植物为主,但种类较为单一,此时土壤贮水量较高;随着施肥活动的停止,退耕 1~8 a,一年生及二年生草本植物逐渐恢复,对土壤水分的消耗量逐渐增大,此时土壤贮水量大幅度下降,以 0—20 cm 土层表现较为明显;退耕 13~20 a 演替为以多年生小灌木黑果枸杞为优势种的单一植物群落,此时土壤水分含量逐渐回升;退耕 30~40 a 时,多年生小灌木种类增加,对土壤水分的消耗量增大,土壤贮水量下降。(2)3 种土壤养分的总体变化均表现为随退耕年限增加而减小并最终趋于稳定的趋势,在同一年限内均表现为 0—20 cm 土层中的含量大于 20—40 cm,且同年内两层间的含量差异均虽退耕年限增加而逐渐减小,以土壤有机质和速效磷表现较明显;整个退耕时间内土壤全氮含量变化幅度较小;土壤速效磷含量在退耕当年(CK)的土壤表层 0—20 cm 含量最大,之后随退耕年限增加呈波动式下降趋势,并最终趋于稳定;土壤有机质含量在 CK 至退耕 8 a 间变化幅度较大,且在第 4 年时有一个剧烈上升的拐点,13~40 a 间变化较小。总之,青土湖区不同年限退耕地土壤水分和养分的变化基本一致,均表现为随退耕年限的增加而呈波动式降低的趋势。

**关键词:**青土湖区;退耕地;土壤水分;土壤养分

中图分类号:Q948

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)05-0101-05

## Soil Moisture and Nutrient Changes in Different Years of Abandoned Farmlands in Qingtu District

CHAI Chengwu<sup>1</sup>, WANG Lide<sup>1</sup>, WEI Qiushi<sup>1</sup>, WANG Fanglin<sup>1</sup>, WU Hao<sup>1</sup>, GUO Chunxiu<sup>1</sup>,  
CHEN Sihang<sup>1</sup>, XU Baoyi<sup>1</sup>, HE Fanglan<sup>1</sup>, MENG Cunhong<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Desertification Combating Prevention and Sandstorm

Disaster of Gansu Province, Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei, Gansu 733000,

China; 2. Shiyanghe Forestry Headquarters in Wuwei of Gansu Province, Minqin, Gansu 733399, China)

**Abstract:** Taking a typical area in Qingtuhu district of minqin in the lower reaches of Shiyanghe River as the research site, we analyzed the characteristics of soil particle composition and nutrient changes in the returned farmland of different restoration periods in this area by the spatiotemporal substitution method. The results show that: (1) in the first year of farmland conversion (CK), the vegetation distribution is dominated by annual shallow-root herbaceous plants, but the species is relatively single, and the soil water storage is relatively high; with the cessation of fertilization activities, farmland was returned after 1~8 years, and annual and biennial herbs gradually recover, and the consumption of soil water gradually increase; at this time, the soil water storage significantly decrease, which is more obvious in the 0—20 cm soil layer; The succession of 13~20 years is a single plant community dominated by the small perennial shrub black fruit lycium barbarum; after abandonment of 30~40 years, the species of small perennial shrubs increase, the soil water con-

收稿日期:2020-01-27

修回日期:2020-02-14

资助项目:国家自然科学基金(31760709);甘肃省科技计划项目(2017kj025,2017kj024);中央财政林业科技推广示范项目([2017]ZYTG14);  
甘肃省青年科技项目(18JR3RA019)

第一作者:柴成武(1980—),男,甘肃会宁人,副研究员,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail:chaichw@163.com

通信作者:王方琳(1985—),女,甘肃天水人,副研究员,主要从事植物生理生态和荒漠化防治研究。E-mail:wangfanglin2008@163.com

sumption increases, and the soil water storage decreases; (2) the overall changes of three kinds of soil nutrients decrease with the increase of a number of years of the farmland, and ultimately present the stable trend, in the same period, the contents of nutrients in 0—20 cm soil layer are greater than those in the 20—40 cm soil layer, and the content differences between the two layers in the same year, though a decreased gradually over years of the farmland abandonment, the changes in soil organic matter and available phosphorus are more obvious; the variation of total nitrogen content in soil during the abandonment is small; the content of available phosphorus in the soil surface (0—20 cm) of CK reaches the maximum value in the first year of abandonment, and then shows a fluctuating decreasing trend with the increase of the abandonment years, and stabilizes finally; the soil organic matter content varies greatly between CK and 8 years of abandonment, and there is a sharp increase abrupt point in fourth year of abandonment, and the change is small between 13~40 years of abandonment. The changes of soil moisture and nutrients in different years of farmland abandonment in Qingtuhu district are basically the same, showing a tendency of undulating decrease with the increase of years of farmland abandonment.

**Keywords:** Qingtu lake district; abandoned land area; soil moisture; soil nutrients

石羊河尾间的青土湖区,自古以来是阻止腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠合拢的天然生态屏障。近年来,由于上游农业生产规模不断扩大引起对水资源的需求逐年增加,流入下游水量急剧减少<sup>[1-2]</sup>,地下水开采严重过量<sup>[3]</sup>,导致下游生态环境遭到严重破坏,天然植被死亡、湖沼干涸、盐碱化和沙漠入侵,造成土地大面积弃耕而撂荒<sup>[4-5]</sup>。国家实施生态建设项目《甘肃石羊河流域重点治理规划》,采取“关井压田”和退耕政策后,退耕区的面积又增加至 3 万多 hm<sup>2</sup>,如果不及保护,随着这部分退耕地退耕年限的增加,有逐渐向裸露化或沙漠化发展的趋势,易形成恶性循环,使土壤生态系统遭到破坏,不利于石羊河流域综合治理工程的实施<sup>[6-7]</sup>。因此,保护和利用土地及水资源已成为该区生态建设的重点和目前人们亟需回答的科学问题,对促进和恢复该区生态经济具有十分重要的现实意义。

退耕还林的根本目的是改良土壤,从而改变地表植被特征及土地利用方式<sup>[8]</sup>。由于土壤水分和养分的变化之间存在着密切的联系,因此土地利用方式的转换必然引起土壤水分、养分含量的变化<sup>[9]</sup>,从而引起生态环境的改善。近年来,学者们在黄土高原地区广泛开展了关于退耕还林后植被恢复及生态效应改善的研究,主要包括退耕还林后的植被、水文、土壤、小气候效应<sup>[10-13]</sup>等方面;关于石羊河下游退耕地的植被、土壤、水文等方面的研究主要从 2013 年开始展开,但这些研究大多关注于退耕年限对某一单因子效应方面影响的研究<sup>[14-17]</sup>,而对两种因子综合效应影响的研究较少。因此,本文就民勤青土湖区不同年限退耕地土壤水分和养分变异特征进行分析,旨在为该区

退耕地的植被恢复和重建提供科学依据,对生态环境建设和石羊河流域综合治理项目的顺利实施具有重要的科学意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况与样地信息

研究区位于石羊河下游民勤县青土湖区煌辉村、志云村的农田退耕地,地理坐标为 103°35′03″—107°37′54″E, 39°01′49″—39°03′29″N,平均海拔 1 305 m,多年平均气温 7.5℃,极端最高温 38.1℃,极端最低温 -28.8℃,年均降水量 115 mm,主要集中在 7,8,9 月,占年总降雨量的 72%,年均蒸发量 2 644 mm,年日照时数 2 834.5 h,年平均风速 2.3 m/s,无霜期 175 d,年平均 8 级以上大风日数 37.6 d,沙尘暴日数 26.8 d。气候干旱、光照充足、降雨稀少、蒸发强烈、夜温差大、多风沙,属典型干旱荒漠气候;土壤以灰棕漠土为主,盐碱化程度高;植物以地肤(*Foeniculum vulgare*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、盐爪爪(*Kalidium foliatum*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)等为主(表 1)。

### 1.2 样品采集

样品采集时间为 2018 年 9 月,主要通过时空替代法来研究土壤颗粒组成与相应的养分变化。研究区在不同年代有大面积农田退耕,这些区域退耕地植被恢复以自然方式为主,为本研究提供了较为理想的基础条件;另外,项目组走访调查了当地居民和林业主管部门以确定植被群落恢复的时间,可确保调查样地退耕时间的准确性;其次,由于调查过程中样地距离比较近,两样地间高差小于 50m,因此研究中由海拔高度带来的影响可以忽略。以退耕当年的农田为

对照(CK),调查样方面积为 100 m ×100 m,每个样点 3 个重复,记录样方内群落的名称、物种组成及名称等;土壤取样采用环刀法,采取 S 形随机采样,取样深度 40 cm,分 0—20 cm 和 20—40 cm 两个层次,均匀混合后去除树根等杂物,每样 3 个重复,用四分法取大约 1 kg 土样带回实验室进行分析。

表 1 样地基本特征

退耕年限/a	经纬度	海拔/m	群落类型	土壤类型
CK	39°03′52″N,103°35′14″E	1308.1	灰绿藜	灰棕 漠土
1	39°03′57″N,103°35′07″E	1305.9	地肤+雾冰藜	
2	39°03′51″N,103°35′09″E	1306.6	盐生草+地肤+雾冰藜+碱蓬	
4	39°03′50″N,103°35′10″E	1307.9	碱蓬+地肤+芨芨草+白刺	
8	39°03′25″N,103°36′08″E	1305	怪柳+白刺+黑果枸杞	
13	39°02′30″N,103°36′18″E	1306.4	黑果枸杞	
20	39°02′39″N,103°37′29″E	1302	黑果枸杞	
30	39°03′54″N,103°37′55″E	1302.8	黑果枸杞+盐爪爪	
40	39°01′44″N,103°37′01″E	1308.1	黑果枸杞+盐爪爪	

1.3 测定方法

土壤水分采用常规土钻法取样,烘干法(105℃)测定,土壤容重采用环刀法取样测定,最后计算土壤贮水量,公式如下。土壤养分测定中有机质采用重铬酸钾容量法—外加热法测定,全氮采用半微量凯氏法测定,速效磷采用钼锑抗比色法测定,以上测定均每样 3 个重复,取平均值进行分析<sup>[18]</sup>。

$$WC=10\rho VH$$

式中:WC 为土壤贮水量(mm); $\rho$  为土壤含水量(%);H 为土层厚度(cm);V 为土壤容重(g/cm<sup>3</sup>)。

2 结果与分析

2.1 青土湖区不同年限退耕地土壤水分变异特征

CK 至退耕 40 a 间不同土层土壤贮水量变化趋势如图 1 所示,0—20 cm 和 20—40 cm 土层中,土壤贮水量总体随退耕年限增加先减小之后在退耕 13~20 a 时逐渐增大、之后又随退耕年限增加逐渐减小的趋势。两土层间表现为 20—40 cm 土层土壤贮水量大于 0—20 cm 土层,其中 0—20 cm,20—40 cm 土层中贮水量最大值均出现在 CK,分别为 37.88,80.87 mm,并分别与退耕 1~40 a 间各层土壤贮水量间呈显著差异,也表现为土壤贮水量随退耕年限增加先减小后逐渐增大的趋势,且退耕 13 a 和 20 a 时,土壤贮水量较之前退耕年限略有增大,其中以 20—40 cm 土层增大较为明显,分别为 59.15,53.77 mm,且两土层中土壤贮水量最小值均出现在退耕后 30 a,其中 0—20 cm 土层中为 20.29 mm,20—40 cm 土层中为 31.60 mm。

2.2 青土湖区不同年限退耕地土壤养分的变异特征

由土壤全氮、速效磷、有机质含量的变化趋势可

以看到(图 2),3 种养分中全氮含量在 0—40 cm 土层中总体呈随退耕年限增加而波动式下降并最后达到稳定状态的变化趋势,其中在退耕当年(CK)的农田中,0—20 cm 土层全氮含量显著大于 20—40 cm 土层,退耕 1 a 时两土层间差异不显著,退耕 2~8 a 间,两土层全氮含量存在显著差异,且在退耕第 4 年时 0—20 cm 土层含量达到最大值 1.325 g/kg,之后两土层全氮含量均随退耕年限增加而持续下降;退耕 13~20 a 间,两土层全氮含量差异不显著,随着退耕年限的增加,在退耕 CK 至 40 a 时,两土层含量又出现显著差异,且在 30 a 时 20—40 cm 土层出现最小值,为 0.692 g/kg;总之,在 CK 至退耕 40 a 间,土壤中全氮含量总体呈下降趋势,主要表现为退耕前期变化较为剧烈,退耕中后期变化较为平缓至稳定。

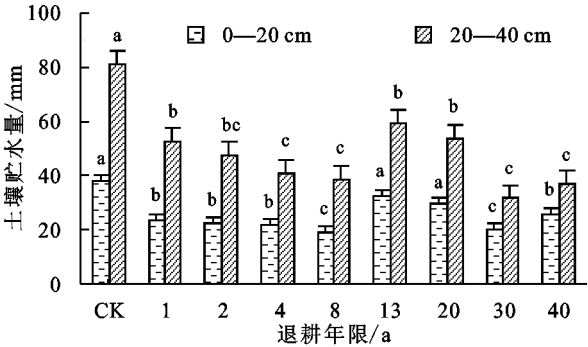


图 1 不同年限退耕地土壤水分特征

土壤中速效磷在不同年限退耕地总体表现为 0—20 cm 土层含量显著大于 20—40 cm,且两土层中 0—20 cm 速效磷含量变化相对较为剧烈,而 20—40 cm 土层中变化较为平缓,其中速效磷含量最大值出现在退耕当年(CK)农田的 0—20 cm 土层,为 2.879 g/kg,最小值出现在退耕后第 2 年的 20—40

cm 土层,为 0.198 g/kg。总之在整个退耕期间,土壤速效磷含量在退耕前期随退耕年限增加而逐渐减小,退耕中期又有所增加,而在退耕后期表现为逐渐减小并趋于稳定的趋势。

不同退耕年限间土壤有机质含量变化幅度较小,随着退耕年限增加,土壤有机质总体呈逐渐减小趋势,其中退耕初期,0—20 cm 土层间含量均存在显著差异,并在退耕后第 1 年达到峰值 0.041 g/kg,在退耕后第 4 年达到较大值 0.036 g/kg,之后随着退耕年限增加,差异性逐渐减小并趋于稳定,且两土层中,0—20 cm 土层在退耕 1~8 a 间有机质变化较为剧烈,之后趋于稳定;在整个退耕年限内,20—40 cm 土层中土壤有机质含量随退耕年限的增加变化幅度较小,总体呈较为平缓的波动式下降趋势,并在退耕初期含量较低,退耕后第 1 年达到峰值 0.029 g/kg,退耕后第 4 年达到较大值 0.026 g/kg,退耕第 20 年时达到最小值,0.015 g/kg。

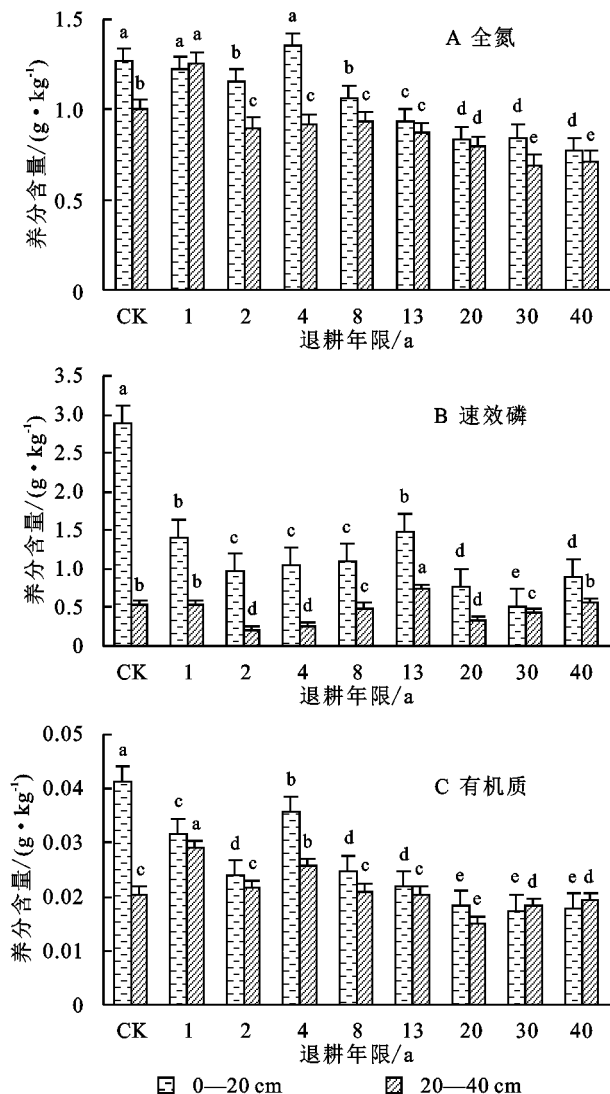


图 2 不同年限退耕地土壤养分变化特征

### 3 结论与讨论

石羊河下游青土湖区,气候干旱,自然条件恶劣,土壤水分是影响植物群落演替与植被恢复的关键因子,因此可以说植被生长与土壤水分之间的关系比其与土壤养分间的关系更为密切<sup>[20]</sup>。受前期农田耕作活动的影响,CK 中 0—40 cm 土层中土壤贮水量均较大;退耕 1~8 a 间,一年生浅根性草本植物对土壤水分的消耗较大,0—20 cm 土层贮水量变化较为稳定,但略有随退耕年限增加而减小的趋势,而相比较 20—40 cm 土层中土壤贮水量减小趋势较为明显,说明农田退耕后,一年生和多年生草本植物逐渐演替为群落内的主要植物种;退耕 13~20 a 时,土壤贮水量比退耕 1~8 a 有一个逐渐增大的过程,主要是由于此阶段植物群落逐渐演替为以黑果枸杞为主的单一群落,降低了对土壤水分的消耗,使其逐渐回升;而在退耕 30~40 a,植物群落发展逐渐稳定,由多年生单一群落逐渐演替为以黑果枸杞和盐爪爪为优势物种的稳定群落,此时土壤水分恢复并逐渐达到稳定状态。

3 种土壤养分在土层中的含量总体表现为随退耕时间的延长而呈波动式下降的趋势,其中土壤全氮含量表现出和有机质相同的变化趋势;前人研究表明,土壤养分中的有机质和氮主要来源于上部植被凋落物的分解及根系分泌物<sup>[21]</sup>,而本文中土壤中全氮含量表现为和有机质相同的变化趋势,也验证了这一结论,说明灌木与草本植被相比,其较深的根系对土壤中 N 的消耗量较大,并且随着群落演替的进行,产生大量的枯枝落叶,使归还土壤的有机质不断增加,而土壤中的 N 元素可以通过有机质来供给,从而出现了上述现象<sup>[22]</sup>;土壤磷素是土壤中的矿质营养元素,在无外源施肥条件下,土壤磷含量主要来源于土壤母质及大气沉降,本研究 0—20 cm 土层速效磷含量受退耕年限影响较大且变化较为剧烈,其含量显著大于 20—40 cm,而 20—40 cm 土层中速效磷含量受退耕年限的影响较小,变化较为平缓,这种现象和杨万勤等<sup>[23]</sup>研究的关于地表植物对土壤磷素的生物表聚作用有关,而在较深土层中,只有当地上植物非常丰富时,这种现象才比较明显,但在干旱荒漠地区的退耕地上,这种结果很难实现,这可能也是不同年限退耕地中,0—20 cm 土层速效磷含量显著大于 20—40 cm 土层的主要原因。

土壤水分和养分是土壤环境的一部分,对植被恢复具有极其重要的作用,影响着植被恢复的程度和速



度,并能协调植物生长的环境条件、营养物质。从青土湖区不同年限退耕地土壤水分和养分的变化分析,两者的变化趋势基本一致,即均表现为随退耕年限的增加而呈波动式降低。这一结论与黄土高原<sup>[24]</sup>或高寒草地<sup>[25]</sup>的试验结果随着耕地撂荒年限的增加,土壤养分增加的趋势相反,显示了该地区的特殊性,出现这一现象的主要原因是由于该地区干旱少雨、土壤非常瘠薄,退耕初期,由于之前农业生产中施入的水、肥尚有残余,因此次生草地呈正向发展,但随着退耕年限的延长,残存水、肥逐渐耗减,土壤微生物数量多样性发生了改变,植物残体分解缓慢,土壤质量下降。因此,该区农耕地在退耕 4~5 a 后,如果不采取任何的农业管理措施,随着退耕年限的延长土壤中养分含量呈现出下降趋势,土壤盐渍化与沙漠化程度会越来越严重<sup>[26]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 冯绳武.民勤绿洲水系演变[J].地理学报,1963,29(3):241-249.
- [2] 王世金,何元庆,赵成章.西北内陆河流域水资源优化配置与可持续利用[J].水土保持研究,2008,15(5):22-29.
- [3] 李丁,马金珠,南忠仁.民勤盆地地下水位下降特征与可持续利用评价[J].中国沙漠,2004,21(6):734-739.
- [4] 刘恒,钟华平,顾颖.西北干旱内陆河区水资源利用与绿洲演变规律研究[J].水科学进展,2001,12(3):378-384.
- [5] 王理德,姚拓,何芳兰,等.石羊河下游退耕地次生草地自然恢复过程及土壤酶活性的变化[J].草业学报,2014,23(4):253-261.
- [6] 赛胜宝.内蒙古北部荒漠草原带的严重荒漠化及其治理[J].干旱区资源与环境,2001,15(4):35-39.
- [7] 吕桂芬,吴永胜,李浩,等.荒漠草原不同退化阶段土壤微生物 土壤养分及酶活性的研究[J].中国沙漠,2010,30(1):104-109.
- [8] 李晓兵.国际土地利用—土地覆盖变化的环境影响研究[J].地球科学进展,1999,14(4):395-400.
- [9] 孔祥斌,张凤荣,齐伟,等.集约化农区土地利用对土壤养分的影响[J].地理学报,2003,58(3):333-342.
- [10] Vitousek P M. Beyond global warming: Ecology and global change[J]. Ecology, 1994,75(7):1861-1876.
- [11] Richey J E, Nobre C, Deser C. Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985[J]. Science,1989,246(4926):101-103.
- [12] 代亚丽,蔡江碧,王宏丽.植被建设在黄土高原生态环境建设中的地位和作用[J].西北农业大学学报,2000,28(6):130-134.
- [13] 吕世华,陈玉春.西北植被覆盖对我国区域气候变化影响的数值模拟[J].高原气象,1999,18(3):416-424.
- [14] 郭春秀,王理德,韩福贵,等.石羊河下游民勤绿洲不同年限退耕地土壤物理性质变化研究[J].中国农学通报,2014,30(27):72-76.
- [15] 王方琳,王理德,韩富贵,等.石羊河下游民勤绿洲退耕地植被自然演替特征及物种多样性分析[J].西北植物学报,2013,33(7):1459-1464.
- [16] 王方琳,王理德,韩富贵,等.民勤绿洲退耕地土壤养分分布特征研究[J].中国农学报,2014,30(17):195-199.
- [17] 王理德,姚拓,王方琳,等.石羊河下游退耕地土壤微生物及土壤酶活性[J].生态学报,2016,36(15):4769-4779.
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [19] 胡定宇.土壤学[M].陕西杨凌:天则出版社,1992.
- [20] 郭胜利,刘文兆,史竹叶,等.半干旱区流域土壤养分分布特征及其与地形、植被的关系[J].干旱地区农业研究,2003,21(4):40-43.
- [21] 焦峰,温仲明,焦菊英,等.黄丘区退耕地植被与土壤水分养分的互动效应[J].草业学报,2006,15(2):79-84.
- [22] 胡良军,邵明安,杨文治.黄土高原土壤水分的空间分异及其与林草布局的关系[J].草业学报,2004,13(6):14-20.
- [23] 杨万勤.土壤生态退化与生物修复的生态适应性研究[D].重庆:西南农业大学,2001.
- [24] 王兵,刘国彬,张光辉,等.黄土高原实施退耕还林(草)工程对粮食安全的影响[J].水土保持通报,2013,33(3):241-245.
- [25] 赵垦,杨小林,马和平,等.拉萨半干旱河谷砂生槐灌丛生态恢复过程的群落特征与土壤微生物动态分析[J].林业科学,2013,49(2):15-20.
- [26] 韩福贵,王理德,王方琳,等.石羊河流域下游退耕地土壤酶活性及土壤肥力因子的相关性[J].土壤通报,2014,45(6):1396-1401.