

# 黄土高原实施退耕还林(草)工程对粮食安全的影响

王兵<sup>1,2</sup>, 刘国彬<sup>2</sup>, 张光辉<sup>1,2</sup>, 杨艳芬<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 2. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 3. 中国科学院 地理学与资源研究所 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101)

**摘要:** 退耕还林(草)工程作为黄土高原植被建设的主要措施,对于加速黄土高原生态环境恢复有着巨大的作用。基于耕地压力指数,以陕西省延安中尺度水土保持与生态环境建设试验示范区为实证研究对象,评估了该区退耕还林(草)工程实施以来对粮食安全的影响。结果表明,退耕还林(草)工程实现了以粮食换生态的目的,使北部森林草原区耕地压力下降了 75.5%,南部森林区则基本持平。2003 年以来,由于退耕还林(草)工程粮食补贴政策的变化以及随着该工程的结束,复垦现象时有发生。2004—2009 年北部森林草原区和南部森林区耕地压力较 2003 年分别增加了 1.8~4.8 倍和 1.1~1.7 倍。南部森林区 2007 年后耕地压力大于 1,应引起重视。今后仍需保证粮食补贴的长期性与稳定性,确保生态恢复可持续发展。

**关键词:** 粮食安全; 耕地压力指数; 退耕还林(草)工程; 中尺度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0241-05

中图分类号: S157.2

## Effects of Grain for Green Project on Food Security on Loess Plateau

WANG Bing<sup>1,2</sup>, LIU Guo-bin<sup>2</sup>, ZHANG Guang-hui<sup>1,2</sup>, YANG Yan-fen<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The grain for green project, as a major measure for vegetation construction, plays a very important role in accelerating eco-environment restoration on the Loess Plateau. Based on the arable land pressure index, the effects of the grain for green project on food security were evaluated by taking the Yan'an demonstration area of soil conservation and eco-environmental construction as a study object. Results showed that the grain for green project has achieved the purpose of "food for ecology". Arable land pressure decreased by 75.5% in northern forest—meadow region and remained balance basically in southern forest region to a large extent. However, arable land pressure rebounded and reclamation occurred sometimes due to the ending of the project and the change of food subsidy policy after 2003. Arable land pressure from 2004 to 2009 was 1.8~4.8 and 1.1~1.7 times of that of 2003 in the north and the south, respectively. Among them, arable land pressure for the south was greater than 1 after 2007, which should be paid more attention. Longevity and stability of food subsidy should be ensured in future, so as to insure the sustainable development of ecological restoration.

**Keywords:** food security; arable land pressure index; grain for green project; meso-scale

黄土高原具有独特的地貌特征,以其黄土连续大面积而深厚的分布、地貌形态之复杂、水土流失之严重,令国内外学者瞩目<sup>[1-2]</sup>,该区已成为国家水土保持

与生态建设的重点区域。黄土高原水土流失起源于土地的广种薄收,退耕还林还(草)工程作为黄土高原水土流失综合治理的主要措施,其实施对加速黄土高

收稿日期:2012-09-20

修回日期:2013-01-03

资助项目:中国科学院战略性先导科技专项“退耕还林(草)工程固碳速率和潜力研究”(XDA05060300);中国科学院百人计划择优支撑项目“土壤侵蚀机理”;黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室开放基金项目(K318009902-1313)

作者简介:王兵(1982—),男(汉族),陕西省杨凌区人,博士,博士后,主要从事水土流失综合治理研究。E-mail:enaboo@163.com。

通信作者:刘国彬(1958—),男(汉族),陕西省榆林市人,博士,博士生导师,研究员,主要从事流域生态恢复研究。E-mail:gblu@ms.iswc.ac.cn。

原植被恢复起到了巨大的促进作用<sup>[3-4]</sup>。退耕还林(草)工程是一项以粮食换生态的工程,自实施以来,为黄土高原生态环境状况改善发挥了巨大的作用。随着耕地资源稀缺性的日益突出,许多学者从不同尺度对退耕还林(草)与粮食安全之间的关系进行了研究<sup>[5-7]</sup>。一方面,有学者认为退耕还林(草)工程可以有效地改善生态环境状况,为粮食生产提供一个良好生态环境系统,有利于粮食生产<sup>[8-11]</sup>;另一方面,也有学者认为退耕还林(草)工程使耕地面积大幅减少,粮食总产量下降,对粮食安全影响较大<sup>[12-14]</sup>。这些研究大都停留在耕地面积和粮食产量层面上,随着退耕还林(草)工程的实施以及社会经济的发展,人口—耕地—粮食系统之间的发展关系并不是一成不变的。因此,在一定时间段内去评价退耕还林(草)工程与粮食安全的动态关系就显得尤为重要。此外,退耕还林(草)工程实施与粮食安全之间关系也会在一定程度上受到研究尺度的影响。一般认为,在中尺度地域范围内,其生态建设的经验易于在大区域推广,其生态建设的实践和认知也有利于为政府在生态建设的宏观决策方面提供科学依据<sup>[15-16]</sup>。鉴于此,本文以延安水土保持与生态环境建设试验示范区为实证研究对象,研究中尺度下 1999—2009 年退耕还林(草)工程实施以来对粮食安全的影响,以期对退耕还林(草)工程决策提供理论依据。

## 1 研究区概况与分析方法

### 1.1 研究区概况

延安水土保持与生态环境建设试验示范区(以下简称研究区域,面积 707 km<sup>2</sup>)地理坐标为 109°04′06″—109°34′25″E,36°22′40″—36°32′16″N,属鄂尔多斯地台的组成部分,具有典型的黄土高原丘陵区地形地貌特征。主要土壤类型为黄绵土,在黄土高原土壤侵蚀分区中属于黄土丘陵沟壑区第 II 副区;气候属于暖温带半干旱向半湿润的过渡带,其中西北部属于半干旱区,东南属于半湿润区。同时,研究区地处森林带与森林草原带的交错地带,其南部属于暖温带落叶阔叶林带,北部属于森林草原过渡带。根据植被类型组合、自然环境特征及土壤水分状况,将研究区域划分为北部森林草原区和南部森林区 2 个类型区域<sup>[15]</sup>,共包括沿河湾、高桥、楼坪、枣园、河庄坪、桥沟、万花、柳林、川口等 9 个乡镇。

研究区退耕还林(草)工程经历了 1999—2001 年试验实施,2002—2003 年正式实施,2004—2005 年基本结束这 3 个阶段。在退耕还林(草)实施阶段(包括试验阶段和正式实施阶段),绝大部分坡耕地(≥15°)

通过撂荒和植被重建等方式转换为草地和林地(包括乔木林地和灌木林地)。截止到 2009 年研究区实施退耕还林(草)情况如图 1 所示。

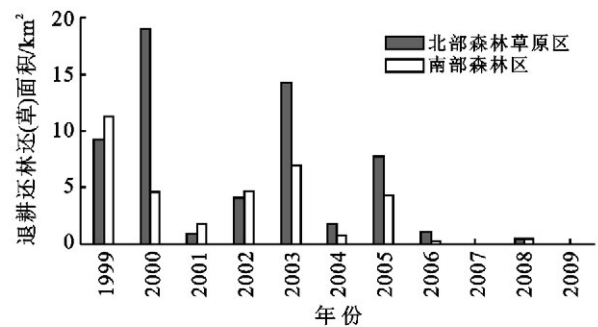


图 1 研究区退耕还林(草)面积变化情况

### 1.2 分析方法

1.2.1 最小人均耕地面积 蔡运龙等<sup>[17]</sup>将最小人均耕地面积定义为:在一定区域范围内,一定食物自给水平和耕地综合生产能力条件下,为了满足每个人正常生活的食物消费所需的耕地面积。最小人均耕地面积给出了为保障一定区域食物安全而需保护的耕地数量底线。最小人均耕地面积是食物自给率、食物消费水平、食物综合生产能力等因子的函数:

$$S_{\min} = \beta \frac{G_r}{P \cdot q \cdot k} \quad (1)$$

式中: $S_{\min}$ ——最小人均耕地面积(hm<sup>2</sup>/人); $\beta$ ——粮食自给率(%); $G_r$ ——人均粮食需求量(kg/人); $P$ ——单位面积粮食产量(kg/hm<sup>2</sup>); $q$ ——粮食播种面积占总播种面积之比(%); $k$ ——复种指数(%)。

通常给定人均粮食需求量  $G_r = 400$  kg/人,由于退耕还林(草)的实施有粮食补贴,故将其修订为  $G_r = (400 - \text{人均粮食补贴量})$  kg/人。为了对比分析退耕还林(草)工程对粮食安全的影响程度,假设不实施退耕还林(草)工程(即维持原状),并对最小人均耕地面积部分参数进行了修正,令  $G_r = 400$  kg/人。

$$P = (a + b) / (a + b + c) \quad (2)$$

式中: $a$ ——退耕还林(草)面积; $b$ ——退耕后粮食播种面积; $c$ ——除粮食播种面积外农作物的面积。

$$q = (Q + a \times 1020) / (a + b) \quad (3)$$

式中: $Q$ ——退耕后粮食产量;1020——西部地区坡耕地平均单产<sup>[18]</sup>(kg/hm<sup>2</sup>)。

$$k = (a + b + c) / (a + d) \quad (4)$$

式中: $d$ ——退耕还林(草)后耕地面积。

1.2.2 耕地压力指数 耕地压力指数是指最小人均耕地面积与实际人均耕地面积之比,计算公式如下:

$$K = S_{\min} / S \quad (5)$$

式中: $K$ ——耕地压力指数; $S_{\min}$ ——最小人均耕地

面积( $\text{hm}^2/\text{人}$ );  $S$ ——实际人均耕地面积( $\text{hm}^2/\text{人}$ )。

耕地压力指数反映出一定区域为保障食物安全所需的最小人均耕地面积与实际人均耕地面积的对比关系,可以衡量一个地区耕地资源的紧张程度。 $K$ 值大小反映了此时此处耕地资源所承受的压力水平,耕地压力指数给出了耕地保护的阈值,可作为耕地保护的调控指标。

### 1.3 数据来源

人口数量、耕地面积、粮食产量等数据由沿河湾、高桥、楼坪、枣园、河庄坪、桥沟、万花、柳林、川口等 9 个乡镇政府部门提供,退耕还林(草)面积数据由安塞县和宝塔区退耕办公室提供。

## 2 结果与讨论

### 2.1 研究区人口变化情况

研究区人口数量北部森林草原区总体低于南部森林区,整个研究区人口数量呈缓慢增长趋势(图 2)。截止到 2009 年,北部森林草原区和南部森林区人口数量分别较 1999 年分别增加了 5.0% 和 10.1%。就人口密度而言,研究区人口密度均高于联合国于 1997 年提出的半干旱地区人口密度不应超过 20 人/ $\text{km}^2$  的标准,其中北部森林草原区为 64~68 人/ $\text{km}^2$ ,南部森林区为 64~71 人/ $\text{km}^2$ ,南部森林区人口密度略高于北部森林草原区。

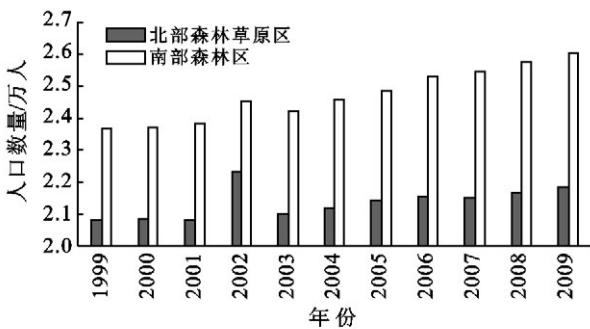


图 2 研究区人口数量变化情况

### 2.2 研究区耕地面积与粮食产量变化情况

研究区耕地面积从 1999—2009 年总体上较 1999 年呈现不同程度降低(图 3)。北部森林草原区耕地面积总体高于南部森林区,是南部森林区的 1.1~1.5 倍。1999—2003 年,研究区耕地面积呈现逐年下降趋势,截止到 2003 年,北部森林草原区和南部森林区耕地面积达到最小值,分别较 1999 年减少了 27.6% 和 34.8%。2004—2009 年,研究区耕地面积仍较 1999 年小,但均较 2003 年出现了不同程度的增加。北部森林草原区耕地面积 2004—2009 年较

2003 年增加了 20.0%~26.6%,南部森林区耕地面积 2004—2009 年较 2003 年增加了 13.8%~28.9%,其中北部森林草原区和南部森林区 2004 年耕地面积均增幅最大。

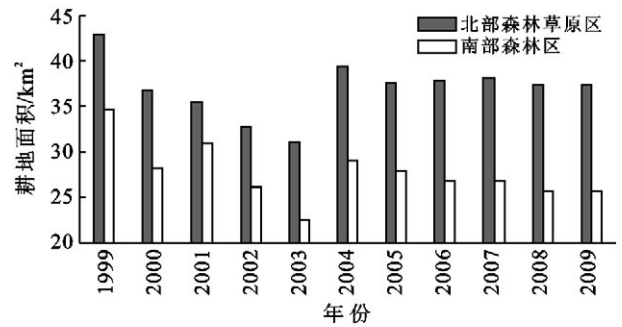


图 3 研究区耕地面积变化情况

粮食产量北部森林草原区 1999—2001 年总体略低于南部森林区,是南部森林区的 94.0%~98.8% (图 4)。2002—2009 年北部森林草原区粮食产量总体高于南部森林区,是南部森林区的 1.1~1.2 倍。由于退耕还林(草)工程的实施,研究区粮食产量均有不同程度的降低,1999—2009 年,北部森林草原区粮食产量下降了 9.2%~26.7%,南部森林区粮食产量下降了 22.0%~36.5%。就单位粮食产量( $\text{t}/\text{hm}^2$ )而言,南部森林区水热条件总体优于北部森林草原区,其单位粮食产量总体高于北部森林草原区,1999—2009 年,南部森林区单位粮食产量是北部森林草原区的 1.1~1.4 倍。

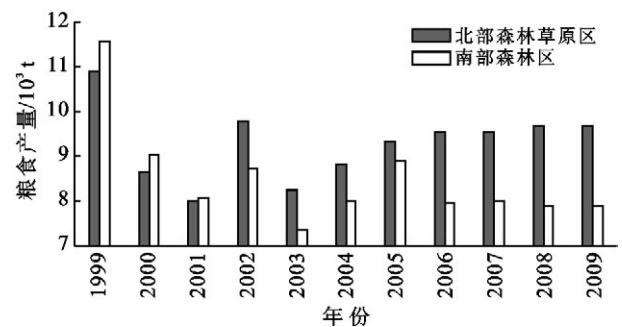


图 4 研究区粮食产量变化情况

退耕还林(草)工程自 1999 年实施以来,北部森林草原区和南部森林区耕地面积和粮食产量均出现不同程度的下降,尤其是在退耕还林(草)工程试验阶段(1999—2001 年)和大规模实施阶段(2002—2003 年),研究区耕地面积和粮食产量均降到最低。在退耕还林(草)工程实施过程中,当年的粮食补贴需要通过验收合格才能领取,粮食的运输和调配也需要时间,农户领取粮食补贴的时间就会滞后一段时间,这与“手中有粮,心中不慌”的传统观念有所冲突。此

外,陕西省从 2003 年起实施退耕还林(草)工程粮食补贴折算成部分现金支付的政策,粮食折算现金依然按照以前的价格不变,而 2003 年粮食价格上涨幅度较大,在这种情况下,农户普遍认为粮食补贴偏少。随着人口数量的增加,人均粮食量下降幅度就更为明显。由于上述原因,复垦现象开始有所出现,这也是自 2004 年起,北部森林草原区和南部森林区耕地面积均不同程度地高于 2003 年耕地面积的主要原因。

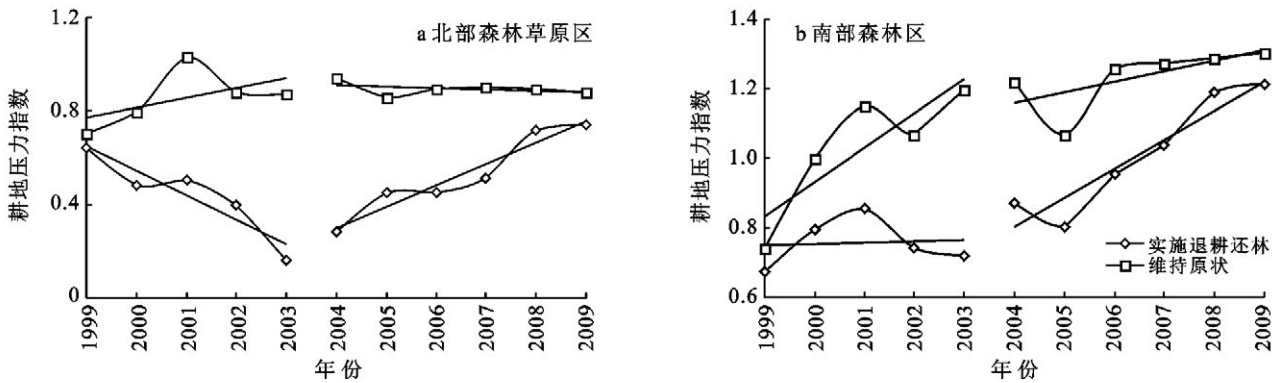


图 5 研究区耕地压力变化情况

退耕还林(草)工程自 1999—2001 年开始试验实施,到 2002—2003 年大规模实施,耕地压力得到了不同程度的缓解。北部森林草原区耕地压力 2003 年达到最小值,耕地压力较 1999 年减少了 75.5%,而南部森林区耕地压力虽有变化,但总体差异不大,截止到 2003 年,南部森林区耕地压力较 1999 年基本持平。2003 年后,研究区退耕还林(草)基本结束,北部森林草原区和南部森林区耕地压力均出现不同程度的增加,2004—2009 年北部森林草原区耕地压力较 2003 年增加了 1.8~4.8 倍,南部森林区耕地压力较 2003 年增加了 1.1~1.7 倍。总体而言,北部森林区耕地压力虽在退耕还林(草)工程大规模实施结束后有所增加,但均小于 1,在可接受的范围内;南部森林区耕地压力在 2007 年后均大于 1,粮食安全受到了一定程度的挑战。

为了评价退耕还林(草)工程实施对研究区粮食安全的影响程度,假定不实施退耕还林(草)工程,参照修订的式(1)~(2)计算了研究区耕地压力的变化情况。若不实施退耕还林(草)工程,即维持原状,北部森林草原区耕地压力在 1999—2001 年持续增加,截止到 2001 年,耕地压力是 1999 年的 1.5 倍,随后趋于稳定,2002—2009 年耕地压力是 1999 年的 1.2~1.3 倍。北部森林草原区在 1999—2001 年气候比较干旱,导致粮食产量减产,这一时期耕地压力增加较快。随后由于相对稳定的粮食产量和缓慢的人口

### 2.3 研究区耕地压力变化情况

研究区耕地压力南部森林区总体高于北部森林草原区,1999—2009 年南部森林区耕地压力是北部森林草原区的 1.1~4.6 倍。一方面是由于南部森林区人口基数大于北部森林草原区,一方面则是由于南部森林区耕地面积本身较北部森林草原区少。就整个研究区而言,耕地压力变化情况基本上可以分为退耕还林(草)大规模实施前和后 2 个阶段(图 5)。

增长速度,耕地压力缓慢增加并趋于稳定。南部森林区耕地压力起初持续增加,截止到 2000—2006 年,耕地压力是 1999 年的 1.3~1.7 倍。随后耕地压力变化趋于平稳,截止到 2009 年,耕地压力是 1999 年的 1.7 倍。南部地区经济较北部森林草原区发达,且人口基数较大,人口增长较快,因而在 1999 年以后很长的一段时间内,其耕地压力均表现出持续增加的势头。随着经济的发展,人均耕地的减少,很多人抛弃了传统的靠天吃饭、广种薄收耕作观念,转而发展高效设施农业,提高了作物的产量,因而耕地压力在这一时期基本维持不变。总体而言,北部森林草原区耕地压力总体趋近 1,相对稳定,而南部森林区耕地压力自 1999 年后总体大于 1,表明该区粮食安全已突破阈值。

耕地面积和退耕还林(草)粮食补贴均对研究区粮食安全产生不同程度的影响。在退耕还林(草)工程实施过程中,研究区北部森林草原区和南部森林区耕地压力均较假定维持原状(即不实施退耕还林(草)工程)大幅降低。1999—2003 年北部森林草原区耕地压力较 1999 年减少了 9.4%~82.0%,南部森林区较 1999 年减少了 9.7%~40.2%。2004—2009 年,研究区耕地压力持续增加,实施退耕还林(草)工程与假定维持原状对应年份耕地压力差值不断缩小,直至基本持平。北部森林草原区耕地压力差值由 2004 年的 0.7 缩小到 2009 年的 0.1,南部森林区耕地压力差

值则由2004年的0.3缩小到2009年的0.1。

国家在退耕还林(草)实施过程中对当地农户的粮食补贴为 $1\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ <sup>[19]</sup>, $\geq 15^\circ$ 的坡耕地平均粮食产量比较低,仅为 $1\ 020\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,且随着坡度的增加,粮食产量逐渐减少。在退耕还林(草)工程实施过程中, $\geq 15^\circ$ 的坡耕地基本上都被转化为草地及林地,粮食的贴补量大于坡耕地粮食产量,在降低耕地压力的同时也很好地调动了当地农民的积极性,即保证了当地粮食安全,又促进了研究区生态植被的恢复,取得了很好的效果。然而研究区从2003年起实施退耕还林(草)工程粮食补贴折算成部分现金支付的政策,粮食折算现金依然按照以前的价格不变,如此农民折算到手的粮食量基本依赖粮食市场的价格变化。加上2003年后粮食价格均较以前有了大幅度的上涨,粮食安全再度受到挑战。

### 3 结论

退耕还林(草)工程实现了以粮食换生态的目的,其实施在很大程度上降低了研究区耕地压力,使该区的粮食处在一个安全的范围内。而后由于退耕还林(草)工程粮食补贴政策的变化以及该工程的结束,耕地压力持续上升,不少地方开始出现不同程度的复垦,对退耕还林(草)工程阶段性生态成果构成威胁,粮食安全问题又有所凸显。今后仍要进一步完善退耕还林(草)工程粮食补贴政策,保证粮食补贴的长期性与稳定性,确保生态恢复可持续发展。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 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.
- [2] 李占斌,朱冰冰,李鹏. 土壤侵蚀与水土保持研究进展[J]. 土壤学报,2008,45(5):802-809.
- [3] 姜娜,邵明安. 黄土高原小流域不同坡地利用方式的水土流失特征[J]. 农业工程学报,2011,27(6):36-41.
- [4] 温仲明,焦峰,赫晓慧,等. 纸坊沟流域黄土丘陵区土地生产力变化与生态环境改善[J]. 农业工程学报,2006(8):91-95.
- [5] Xu Zhigang, Xu Jintao, Deng Xiangzheng, et al. Grain for green versus grain: Conflict between food security and conservation set-aside in China[J]. World Development, 2006, 34(1): 130-148.
- [6] Naylor R L, Adam J L, Marshall B B, et al. The ripple effect: biofuels, food security, and the environment[J]. Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 2007,49(9):30-43.
- [7] Feng Zhiming, Yang Yanzhao, Zhang Yaoqi, et al. Grain-for-green policy and its impacts on grain supply in West China[J]. Land Use Policy, 2005,22(4):301-312.
- [8] 李奇睿,王继军. 退耕还林工程对米脂县农业生态经济演替过程的影响[J]. 水土保持通报,2010,30(3):206-210.
- [9] 李文卓,谢永生,李晓,等. 吴起县退耕后农户生产经营与粮食供需状况[J]. 水土保持通报,2010,30(4):209-213.
- [10] 苏鑫,王继军,李慧,等. 退耕还林后吴起县农业生态经济系统态势分析[J]. 水土保持通报,2010,30(1):186-190.
- [11] 贾晓娟,常庆瑞,薛阿亮,等. 黄土高原丘陵沟壑区退耕还林生态效应评价[J]. 水土保持通报,2008,30(3):182-185.
- [12] 钟甫宁,朱晶. 结构调整在我国农业增长中的作用[J]. 中国农村经济,2000(7):4-7.
- [13] 贺涛,吴正武. 1991—2003年我国粮食产量变动的原因分析和未来变动趋势预测[J]. 中国粮食经济,2004(5):30-31.
- [14] 刘诚,刘俊昌. 我国退耕还林政策的实施对粮食安全的影响[J]. 北京林业大学学报:社会科学版,2007,6(4):42-47.
- [15] 田均良,梁一民,刘普灵. 黄土高原丘陵区中尺度生态农业建设探索[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.
- [16] 徐勇,田均良,刘普灵. 黄土高原中部丘陵区生态适宜型农村经济发展模式案例研究[J]. 水土保持通报,2002,22(3):43-46.
- [17] 蔡运龙,傅泽强,戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. 地理学报,2002,57(2):127-134.
- [18] 唐华俊,毕于运. 坡耕地梯化:西部农业基础设施建设重点[J]. 中国农业资源与区划,2000,21(4):16-21.
- [19] 成六三,吴普特,赵西宁. 黄土丘陵区退耕还林工程对县域粮食安全的影响:以陕西省清涧、米脂、子洲、吴堡县为例[J]. 自然资源学报,2010,25(10):1689-1697.