

# 黄土高原水土流失区粮食增产潜力分析

常 国 庆

(西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 粮食生产是黄土高原地区的基本产业。对黄土高原典型区域粮食生产的监测数据进行了分析, 结果表明, 黄土高原水土流失区粮食增产潜力巨大。从中低产田改造, 气候和资源等方面分析了提高黄土高原水土流失区粮食增产潜力的途径。结果认为, 应通过加强良种繁育, 提高土壤水分利用效率, 推广中低产田改造技术, 强化农田基础设施建设等措施, 达到黄土高原水土流失区粮食增产的目的。

**关键词:** 粮食; 增产潜力; 黄土高原; 水土流失区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0320-05

中图分类号: F236

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.065

## Yield-increasing Potential of Grain in Soil and Water Loss Area of Loess Plateau

CHANG Guo-qing

(College Economics & Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Grain production is the most basic industry for the residence in soil and water loss area of Loess Plateau. Based on the data analysis in the representative counties of this region, the grain production potential is proved to be substantial in this region. The possible ways to realize the grain production potential were proposed according to the reconstruction of the low and medium production farm lands, climate and natural resources. To enhance the grain production, more efforts should be put on cultivating the good seed, improving the efficiency of soil water usage, popularizing the technology of reconstruction of low and medium production farms, and strengthening the farm infrastructure.

**Keywords:** grain; yield-increasing potential; the Loess Plateau; soil and water loss area

黄土高原包括陕西、甘肃、宁夏、山西、内蒙古 5 个省(区)的 20 个地区(市), 109 个县市(区)。土地面积  $4.72 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 耕地面积  $1.46 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 人均耕地面积  $0.544 \text{ hm}^2$ 。近代以来, 由于人口迅速增长, 土地不合理开发利用, 水土流失加剧, 生态环境薄弱, 自然灾害频发等成为该区农业发展的重要障碍因素, 粮食问题一直是阻碍该区人民生活和经济发展的重大问题。

从生态建设的角度来看, 要大力治理黄土高原水土流失, 需要大规模的退耕。1999—2000 年国家出台有关退耕政策以来, 黄土高原水土流失区的有关省、市、区大力开展了退耕还林(草)工作。但是黄土高原人口总量仍在增加, 需要消耗大量粮食, 如何协调退耕换生态与粮食安全之间的矛盾, 是亟待解决的问题。黄土高原耕地数量的变化必将影响该区粮食生产, 进而影响到粮食有效供给及粮食安全水平。有

学者<sup>[1-3]</sup>研究显示, 黄土高原地区未来粮食总需求小于粮食总供给。此外, 国家对黄土高原地区生态退耕也实施粮食补贴政策, 这意味着生态退耕不会对该区的粮食安全构成较大威胁, 但也决不能完全放松警惕。

黄土高原粮食可持续发展具有自身的优势, 主要表现在光热丰富, 耕地相对充足, 科技和投入有较大的空间, 其生产潜力值得期待<sup>[4]</sup>。在 21 世纪前 10 年间, 黄土高原地区在生态退耕, 农业结构调整, 耕地减少, 粮田收缩的情况下, 粮食生产仍然呈现出强劲的恢复性增长势头。有学者<sup>[5]</sup>预测, 到 2020 年, 黄土高原生态区粮食生产潜力将达到  $3.31 \times 10^7 \sim 3.56 \times 10^7 \text{ t}$ <sup>[6]</sup>。本研究对黄土高原水土流失区粮食生产的潜力进行了分析, 试图寻找提升黄土高原水土流失区粮食增产潜力的途径, 为挖掘该区粮食生产潜力, 加快粮食基地建设提供理论支撑。

收稿日期: 2013-10-11

修回日期: 2013-11-01

资助项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目“农田水土保持关键技术与示范”(2011BAD31B01); 中国清洁发展机制基金赠款项目(2012027)

作者简介: 常国庆(1971—), 男(汉族), 陕西省蒲城县人, 硕士, 讲师, 主要从事区域经济和农村金融教学与研究。E-mail: cgq701001@nwsuaf.edu.cn.

## 1 黄土高原粮食生产潜力分析

黄土高原是我国水土流失最严重的地区之一。

(1) 该区地处内陆腹地,降雨量少,因此植被覆盖差,对土壤保护弱;(2) 由于该区降水变率高,降雨高度集中增强了降雨侵蚀能力;(3) 由于黄土丘陵地貌与黄土属性,使得黄土易于被水流冲走流失,几个因素相叠加,加重了水土流失危害,恶化了脆弱的生态环境,滞后了地区经济。

黄土高原粮食产量因降水较少且水土流失的缘故,低而不稳。为了提高该区粮食产量,自“七五”期间开始,国家在此设立区域综合治理科技攻关项目,

建立了颇具代表性的乾县、淳化、长武、隰县、安塞、米脂、离石、固原、西吉、定西县和准格尔旗试验示范区。攻关项目实施前 11 个试区平均粮食产量为  $1\ 696\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,10 a 后产量上升到  $2\ 876\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ;项目实施前人均占有粮食  $382.2\ \text{kg}$ ,在人口以 2% 的速度增长的情况下,10 a 后人均占有粮食  $614.8\ \text{kg}$ ,增长了 60.9%(表 1)。如果粮食产量达到现实可实现产量水平,则人均占有粮食应为  $495.7\ \text{kg}$ ,粮食供给类型成为富裕型。但考虑人口增长和坡耕地退耕还林等因素,黄土高原水土流失区的粮食生产仍不能自给,需外调粮食。因此加大该区科技投入,提高粮食产量等方面应是水土流失区未来农业发展的重点。

表 1 黄土高原综合治理示范区粮食增产潜力

项目	乾县	淳化县	长武县	隰县	安塞县	离石县	米脂县	固原县	西吉县	定西县
现实可实现产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	4 144.0	4 297.7	4 342.4	4 990.5	3 312.9	3 690.8	2 980.6	2 953.6	2 838.6	2 867.2
试区平均产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	3 380.6	3 081.2	4 030.9	4 106.8	1 515.0	1 942.4	2 596.4	1 707.2	1 865.6	2 023.6
1986—1999 年实现率/%	81.6	71.1	92.8	82.3	45.7	52.6	87.1	57.8	65.7	70.6
平均产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	3 435.0	2 128.5	2 515.7	3 592.5	1 702.5	1 957.5	1 543.5	1 262.4	1 098.0	1 199.0
1986—1995 年实现率/%	82.9	49.5	57.9	72.0	51.4	53.0	51.8	42.7	38.7	41.8

黄土高原旱作粮食产量潜势主要由当地夏秋作物种植面积和夏秋作物旱作产量潜势决定。夏秋作物种植面积和 10 个试区(准格尔旗以灌溉农业为主,其产量水平不能代表旱作农业,故未考虑)的旱作粮食产量潜势计算结果详见表 2。由表 2 可知,10 个试区在目前夏秋作物种植比的条件下,理论上旱作粮食产量潜势可分为 3 个水平。达到  $6\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$  水平的为隰县,达到  $5\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$  水平的有乾县、淳化、

长武和离石县,略高于  $4\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2$  的有安塞、米脂、固原、西吉和定西县。这说明该区域旱作粮食产量潜势较高。中国科学院水土保持研究所<sup>[7]</sup>对黄土高原典型区域于 1997—2008 年经过长期监测,从农户粮食生产方面计算了黄土高原典型区域粮食产量的现实潜力,得出长武、吴起和米脂县的粮食生产可挖潜力分别为 2 168,12 665,4 205 t,人均粮食现实潜力为 324,553,395 kg(表 3)<sup>[8]</sup>。

表 2 黄土高原综合治理示范区产量现状与旱区产量实现率

项目	乾县	淳化县	长武县	隰县	安塞县	离石县	米脂县	固原县	西吉县	定西县
夏作产量潜力/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	4 533	4 215	4 563	3 545	3 636	3 759	3 336	2 904	3 194	2 970
秋作产量潜力/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	7 513	7 626	8 022	8 115	6 758	7 122	6 407	7 000	6 183	6 225
粮食产量潜力/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	5 180	5 372	5 428	6 654	4 417	5 272	4 258	4 219	4 055	4 096
综合影响因子	0.8	0.8	0.8	0.75	0.75	0.7	0.70	0.7	0.70	0.7
现实可实现产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	4 144	4 297	4 342	4 990	4 990	3 690	2 980	2 953	2 838	2 867
试区平均产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	3 380	3 081	4 030	4 106	4 106	1 942	2 996	1 707	1 865	2 023
1986—1999 实现率/%	81.6	71.1	92.8	82.3	82.3	52.6	87.1	57.8	65.7	70.6

表 3 黄土高原典型区域粮食生产潜力

地区	粮食生产现实潜力/t	统计数据/t	可挖掘潜力/t	人均现实潜力/kg
长武县	58 393	56 225	2 168	324
吴起县	69 759	57 094	12 665	553
米脂县	84 399	80 194	4 205	395

从自然情况来看,该地区土地类型复杂多样,为粮食生产提供了有利条件;中低产田量大面广,粮食增产潜力巨大;气候资源匹配较好,适于粮食作物生长;科技与资金投入后土地增产潜力大,有利于粮食增产。纵观 60 a 来的粮食生产情况,充分说明了黄土高原地区的增产潜力与粮食生产优势。

21 世纪,黄土高原粮食生产能否顺利再上新台阶,需要认真分析目前生产条件下有利因素与不利因素,根据实际情况提出相应的对策。

## 2 黄土高原水土流失区粮食增产潜力分析

随着国家战略中心的西移,生态环境建设步伐的加快,退耕还林(草)措施的实施,黄土高原水土流失区特别是丘陵沟壑区耕地面积的减少,区域粮食自给问题愈来愈受到关注。因此,从多层面深入研究黄土高原水土流失区生产发展的潜力,对当前和未来农业生产和生态环境建设与规划都具有重要意义。

### 2.1 中低产田增产潜力

以研究区大面积近 3 a 平均产量为基准,低于平均值 20% 以下土地为低产田,处于平均值 20% 以内

的为中产田,二者一起称为中低产田。由于黄土高原地区山高坡陡,地形破碎,坡耕地面积大,是全国坡耕地最为集中的区域。退耕还林后坡耕地面积减少,粮食作物产量相应减少,部分农民基本生活难以保障,经济收入受到一定的影响(表 4)。因此,中低产田改造显得更为重要。黄土高原地区有产量 4 500 kg/hm<sup>2</sup> 以下的中低产田 4.92×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>。如采取工程措施和生物措施进行重点改造,使生产水平提高一个档次,则总产潜力可达 4.07×10<sup>6</sup> t,相当于 1993 年全年粮食产量的 41.69%。近期改造以增加常规性投入为主,如化肥、农膜、增产菌等。据调查结果,新灌区的标准化肥与增产粮食之比为 1:3,其肥效高于其它地区,增加肥料投入,特别是增加化肥的投入,粮肥的相关性将得到极显著的增强。

表 4 黄土高原各生态类型区的粮食产量对比

区域	坡耕地总面积/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	粮食总产量/10 <sup>8</sup> kg	需退耕地总面积/hm <sup>2</sup>	需退耕地粮食总产量/10 <sup>7</sup> kg	需退耕的粮食产量在总产量中所占比重/%
长城沿线风沙区	8.83	0.98	47 592	0.20	20.3
丘陵沟壑区	25.60	2.44	28 794	1.10	4.5
黄土台塬区	4.34	3.93	13 331	1.03	2.6
合计	38.8	7.35	89 717	2.33	3.2

### 2.2 气候资源增产潜力

气候资源是作物生长发育必不可少的生态因素,它不仅影响作物的各种生理机能和土壤性质,而且对农林牧的分布、结构、品种和产量等均有重要影响。黄土高原地区属于暖温带季风气候,光、热、气等资源匹配相对较好。黄土高原地区年降水量在 300~600 mm 之间,从东南向西北逐渐减少,区域差异十分明显。大部分地区年内降水分布不均,多集中在 7—9 月份,冬季降水量只占全年的 3%~5%。植物生长季节降水量占年降水量的 70% 以上。随着海拔的升高,降雨日亦有所增加,在海拔 1 000 m 以上的山区,雨日可达 200 d 以上。

黄土高原地区太阳辐射能量是全国丰富的地区之一,总辐射量为 2 090~2 717 kJ/cm<sup>2</sup>。日照时数一般为 1 900~3 200 h,日照率为 50%~70% 以上,年平均气温 8~12℃,大于 10℃ 积温 2 500~4 500℃。平均无霜期 150~200 d,无霜期东西差异较小,南北差异则较大。海拔每上升 100 m,气温下降 0.4~0.6℃,降水量增加 55 mm,由于时空分布不均,往往影响水热资源的有效利用。黄土高原大部分地区具有一年一熟、一年二熟到二年三熟的生产条件(表 5),在一些盆地和川道地区还可以种植喜温的水稻、棉花,对发展林草、畜牧有利。东南部可种植喜温作物及果木,绝大多数冬小麦可以安全过冬。

表 5 黄土高原地区主要农作物生长发育所需的≥10℃ 积温

作物	积温/℃	作物	积温/℃
冬小麦	1 300~1 600	糜子	1 300~2 500
春小麦	1 600~2 200	水稻	2 400~3 000
玉米	2 300~2 800	马铃薯	1 500~2 400
高粱	2 300~2 900	莜麦	1 600~1 900
棉花	3 100~4 300	甘薯	1 500~2 500

### 2.3 天然降水利用增产潜力

黄土高原地区降水量比同纬度华北平原降水量明显偏少,在无其它水资源可供开发条件下,应充分利用当地天然降水发掘旱地农业生产潜力,搞好旱作农业,这比在没有水源或水源不足的地区勉强发展井灌或建设水库更为经济高效。因此应该从治水和用水方面做工作,各项措施相互配合,促进农林牧综合发展。据中国科学院水土保持研究所在宁夏自治区固原试验站研究的成果,小麦拔节补灌 60 mm,单位产量为 3.8~4.0 t/hm<sup>2</sup>,比对照组增产了 42.0%~48.8%。甘肃省旱作研究所研究表明,进行补灌,水分生产效率可达 17.55 kg/(hm<sup>2</sup>·mm)。平均 1 mm 补灌水增产 15 kg/hm<sup>2</sup>,比 1 mm 降水的增产高出 1 倍。

从试验调查资料看,该区目前降水利用率仅为 25%~37%。主要是降水与农作物生产需水季节不

一致。针对这一情况,各地采取了不同的方法,不断提高土壤蓄水能力,取得了较好的效果。1997年合阳县甘井乡在大旱的情况下,利用西北农林科技大学李立科研究员课题组的全程覆盖技术,将自然降水的保蓄率由 25%~35% 提高到 50%~65%,每年为耕地增加了 600~1 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 的水分,基本上满足了农作物的需求,小麦产量顺利地由中产过渡到高产。玉米在较旱的年份产量为 6 000 kg/hm<sup>2</sup>,雨水丰沛之年可达 12 750 kg/hm<sup>2</sup>,平均在 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上,降水利用率提高了约 63%。彭珂珊<sup>[9]</sup>通过试验得出黄土高原地区通过不同的轮作方式也可以提高作物的有效水利用率(表 6)。

表 6 不同地区轮作方式的作物有效水利用率 %

地点	麦连作	麦豆轮作	胡麻麦轮作	麦糜豆轮作
澄城县	87	94	—	—
固原县	51	48	60	53
海原县	76	78	82	74

## 2.4 耕作改制增产潜力

黄土高原地区农作物复种指数为 108%,如增加 10%,则产量可以提高 20%~30%,经济效益提高 35%以上。甘肃省根据不同作物的不同特性,如高秆与矮秆、富光与耐荫、早熟与晚熟、深根与浅根、豆科与禾本科,利用它们在生长过程中的时空差,合理地实行科学的间种、套种、混种、复种、轮种等配套种植,形成多种作物、多层次、多时序的立体交叉种植结构。甘肃农业大学主持的“双千田”项目,粮食产量达 7 770 kg/hm<sup>2</sup>,非粮经济收入达 1 72.5 元/hm<sup>2</sup>。1997年甘肃省各类带田达 2.4×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,间套面积 3.7×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,有力地促进了粮食产量的增长和经济收入的增长。山西省临汾市采用 11 和 15 a 保护性免耕覆盖技术使得小麦产量分别比采用传统耕作技术提高了 19.2%和 27.6%,尤其是干旱年份保护性技术的增产效果更高,分别达到 85.0%和 97.6%,这使得干旱少雨的黄土高原地区粮食增产效果明显(表 7)<sup>[10]</sup>。

表 7 保护性免耕覆盖技术对小麦产量的影响

耕作方式	1996—2007 平均		干旱年		常态年		丰水年	
	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/ %	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/ %	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/ %	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/ %
传统耕作	2 940		1 905		3 188		4 635	
11 a 免耕覆盖	3 506	19.2	3 525	85.0	3 610	13.3	4 875	5.2
15 a 免耕覆盖	3 750	27.6	3 765	97.6	3 967	24.5	5 175	11.7

## 2.5 基础设施开发增产潜力

农业基础设施建设一般包括:(1)农田水利建设,如防洪、防涝、引水、灌溉等设施建设;(2)农产品流通重点设施建设,商品粮棉生产基地,用材林生产基础和防护林建设;(3)农业教育、科研、技术推广和气象基础设施等。据统计,2002—2011年,国家共安排农业固定资产投资和农业综合开发资金 1 398 亿元;年度农业基本建设投资已从 2002 年的 56.4 亿元增长到 2012 年的 267.86 亿元,10 a 间实现连年递增,占中央基本建设投资总规模的比重也从 3.1% 上升到了 7%。农业建设投资的不断增长,为夯实农业建设基础,提升农业发展后劲,促进农业转型升级发挥了重要作用。

1949 年以来,黄土高原水土流失区的农业基本条件发生了巨大的变化。以陕西省黄土高原水土流失地区为例,20 世纪 50—60 年代对泾惠、渭惠渠进行了整修,70—80 年代又新建了洛惠灌区、宝鸡峡灌区、东方红灌区、冯家山水库等一批大型水利工程,90 年代修建了东雷灌区,使渭北 25 县的水浇地由 1949 年的 4.77×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> 扩大到 1995 年的 2.33×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>。梯田、坝地、埝地、人工造田面积由零星小块扩大到 1995 年的 3.09×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>。如邓西平等<sup>[11]</sup>的研究表明,在陕西省延安市不同土地类型的粮食生产潜力存在明显差异,潜力趋势表现为:水地坝地>川台梯田>坡耕地,说明整修农田水利、整修土地对作物生产潜力的影响明显(表 8)。

表 8 延安市不同土地类型各种作物生产潜力

土地利用类型	玉米	马铃薯	谷子	冬小麦	大豆	平均值
坡地生产潜力	8 837	7 366	6 993	3 262	3 519	5 995
水地坝地潜力	13 687	9 377	8 518	5 817	5 437	8 567
川台梯田潜力	10 239	8 302	7 850	5 009	3 852	7 050

## 2.6 农作物良种增产潜力

中国北方地区小麦良种近 60 a 来经历了 3 次大变化。(1) 20 世纪 50 年代,“碧玛一号”将小麦单产由 750 kg/hm<sup>2</sup> 提高到 2 250 kg/hm<sup>2</sup>; (2) 20 世纪 70 年代,“丰产三号”将小麦单产提高到 3 750 kg/hm<sup>2</sup>; (3) 20 世纪 90 年代,小麦单产又提高到 5 250 kg/hm<sup>2</sup>。作为最新技术结晶的“西杂一号”小麦试验田单产高达 9 371 kg/hm<sup>2</sup>,推广后将使中国小麦生产再上新台阶。60 a 来,黄土高原的小麦品种进行了 5 次更新换代,其产量由 750 kg/hm<sup>2</sup> 提高到 3 000 kg/hm<sup>2</sup>;对玉米实行了杂交良种化,产量由 1 050 kg/hm<sup>2</sup> 提高到 5 400 kg/hm<sup>2</sup>,在近几年的推广中,涌现出许多高产典型,有的玉米产量达 10 950 kg/hm<sup>2</sup>。高维恒等<sup>[12]</sup>对陕西省延安市燕儿沟流域不同土地类型引入 3 个玉米品种,通过对其产量的观察发现,陕单 931 较其它两个品种有明显的增产效果,从而将陕单 931 筛选成为适于当地推广种植的玉米新品种(表 9)。

表 9 延安市燕儿沟不同玉米品种增产比较

项目	品种	单产/(kg·hm <sup>2</sup> )	增产/%
坝地	陕单 931	12 897	83.4
	农大 60	7 227	2.8
	中单 2 号	7 033	0.0
梯田	陕单 931	18 057	67.4
	农大 60	11 535	7.0
	中单 2 号	10 785	0.0

## 3 挖掘研究区粮食增产潜力的对策

(1) 加强良种繁育体系建设,选择和推广适宜于黄土高原的耐旱与丰产性能较好的早肥型优良品种。解决品种的退、劣、杂、乱等质量不高的问题,建立较为稳固的良种繁育基地以提高良种覆盖率,发挥大面积良种的增产潜力。

(2) 提高黄土高原土壤水分利用效率。影响黄土高原粮食生产可持续发展的主要因素是水分供应不足,天然降水少,而地下水资源量更少。要解决作物生长需水与缺水的矛盾,就必须充分利用现有水分,减少水分的无效损耗。例如,可采用人工集水工程,应用化学制剂提高土壤对降水的入渗速率,利用管灌,滴灌等高效节水灌溉技术。

(3) 推广农业应用技术,进行中低产田改造,改善粮田生产环境。黄土高原中低产田改造需要统一规划和实施节水灌溉、农田防护、间作套种等各种农业技术的配套组装,使粮食生产力提高到中高产水平。

(4) 强化恢复农田基础设施建设。可通过兴修水平梯田,打坝淤地,治沙造田,造林种草,同时开展小型农田水利工程建设,大力维护和建造小水塘、小水库、小水窑、小型引水水利工程,以达到使黄土高原粮食增产的目的。

### [参 考 文 献]

- [1] 衣华鹏,刘贤赵,张鹏宴.生态退耕对粮食生产的影响探讨:以陕西黄土高原水土流失区为例[J].2005,12(5):197-205.
- [2] 贺金红.黄土高原地区退耕还林(草)与粮食安全研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2006:39-40.
- [3] 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.
- [4] 张希彪,上官周平.黄土高原粮食生产潜势及可持续发展途径探讨[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):102-106.
- [5] 王立祥,廖允成.中国粮食问题:中国粮食生产能力提升及战略储备[M].宁夏银川:黄河出版传媒集团阳光出版社,2013:646-649.
- [6] 卢布,吴凯,陈印军,等.2020年我国区域粮食生产潜力及实现途径[J].中国软科学,2009(S):188-192.
- [7] 黄明斌,董翠云,李玉山.黄土高原水土流失区粮食现状与增产潜力研究[J].自然资源学报,2001,16(4):366-372.
- [8] 李文卓.基于农户尺度陕西省典型区粮食安全研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2011:38-39.
- [9] 彭珂珊.黄土高原地区农田土壤水分高效调控技术[J].水利水电科技进展,2001,21(1):5-8.
- [10] 王改玲,郝明德,许继光,等.保护性耕作对黄土高原南部地区小麦产量及土壤理化性质的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(3):539-544.
- [11] 邓西平,张成娥,王拴全,等.延安中尺度生态农业研究区域中不同土地类型粮食生产潜力的评估[J].水土保持学报,2000,14(S1):87-91.
- [12] 高维恒,邓西平.延安市旱作梯田水分有效保持与高效利用技术[J].水土保持通报,2007,27(6):225-229.