

# 长武县生态农业建设效益评价

普琼<sup>1</sup>, 郝明德<sup>2</sup>, 史培<sup>1</sup>, 陈旭<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部

水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 基于中尺度生态农业建设效益评价指标体系, 运用层次分析法确定指标权重, 建立了长武县生态农业建设效益评价指标体系。依据长武县 1980—2008 年间农业生态经济演变过程的资料 and 研究成果, 对长武县 29 a 来的生态农业综合效益进行了评价。结果表明, 生态农业效益由 1980 年的“差”上升到 2008 年“良”; 经济效益发展变化最明显; 生态效益总体上处于平稳发展期; 近几年来, 综合效益增长势头明显。为此, 需要进一步改善农业生态环境, 提高生态效益, 使系统整体功能得到增加。

**关键词:** 长武县; 生态农业; 层次分析法; 效益评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0168-05

中图分类号: S181

## Benefit Assessment of Eco-agricultural Construction in Changwu County

PU Qiong<sup>1</sup>, HAO Ming-de<sup>2</sup>, SHI Pei<sup>1</sup>, CHEN Xu<sup>3</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling,

Shaanxi 712100, China; 3. College of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Based on the assessment index system of eco-agricultural construction benefit at medium scale, the assessment index system of eco-agricultural construction benefit in Changwu County was established. The weights of indicators were estimated by analytic hierarchy process(AHP). According to the data and research achievements of the evolutionary process of agricultural eco-economic system from 1980 to 2008, the comprehensive benefit of Changwu County was assessed quantitatively. Results showed that the comprehensive benefit of eco-agricultural construction was raised from “inferior” in 1980s to “good” in 2008. Development of economical benefit is most obvious, while ecological benefit develops steadily. The comprehensive benefit has been increased significantly in recent years. In conclusion, the overall function of the agricultural system should be increased by improving agro-ecological environment and ecological benefit.

**Keywords:** Changwu County; ecological agriculture; analytic hierarchy process; benefit assessment

我国生态农业建设经历了 20 世纪 70 年代的试点, 80 年代的示范, 90 年代大面积推广, 已发展成为全国各地开发建设的重要活动, 不断涌现出生态农业示范村、乡、县。长武县作为所在省粮食主产区之一, 在全国兴起生态农业的大气候下, 其农业生产方式不断得到调整和改善, 开始形成了适合当地的农果复合型生态农业模式。2008 年, 粮食单产达 4 440 kg/hm<sup>2</sup>, 已接近该区域旱作农业潜势水平, 潜势实现率达到 92.8%<sup>[1]</sup>。果业生产实现了质的飞跃, 成为了“中国苹果之乡”。劳务输出、畜牧业成为农民重要收

入来源, 农民人均纯收入由 1980 年的 141 元增加到 2008 年的 2 895 元。森林覆盖率达到 32.8%, 农业生态环境得到了一定的改善。但是, 长武县作为黄河中游 100 个水土流失重点县之一<sup>[2]</sup>, 生态环境仍十分脆弱, 水土流失形势仍然严峻。长武县生态农业建设关系到当地经济社会的发展, 而且会对该地区的生态环境产生影响。为此, 笔者通过对其生态农业建设效益进行分析评价, 指出生态农业建设中存在的问题, 为加快当地生态农业建设步伐, 实现农业可持续发展提供依据。

收稿日期: 2009-12-18

修回日期: 2010-05-04

资助项目: 中国科学院知识创新工程重大项目“耕地保育与持续高效现代农业试点工程”(2006BAD05B07); 国家科技支撑计划(2006BAD09B04)

作者简介: 普琼(1981—), 男(藏族), 西藏日喀则市人, 硕士研究生, 研究方向为农业生态学。E-mail: puqiong1981@yahoo.com.cn.

通信作者: 郝明德(1957—), 男(汉族), 陕西省渭南市人, 研究员, 博士生导师, 从事土壤肥力与黄土高原综合治理研究。E-mail: mdhao@ms.iswc.ac.cn.

## 1 研究区域概况与资料来源

### 1.1 研究区域概况

长武县位于陕西省渭北旱塬西部,介于 $107^{\circ}38' - 107^{\circ}58'E$ ,  $34^{\circ}59' - 35^{\circ}18'N$ ,东临彬县,南、西、北分别与甘肃省的灵台、泾川、宁县、正宁县接壤,是陕甘边界重要的商品集散地,也是我国重要的旱作农业区。

1.1.1 气象水文条件 长武县属于暖温带半湿润大陆性季风气候区。年平均日照时数 2 226.5 h,无霜期 171 d,年均总辐射量为  $483.2 \text{ kJ/m}^2$ ,年平均气温  $9.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\geq 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温年均为  $3 692.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温年均为  $3 029.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。复种指数 113.4%。年均降水量 580 mm,地下水埋深在 60 m 左右,全县水资源贫乏,且开发利用困难,多数地区属于旱作农业,旱灾是制约农业生产的主要自然因素。

1.1.2 土地资源 总土地面积  $567 \text{ km}^2$ ,耕地面积  $1.14 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,人均耕地不足  $0.06 \text{ hm}^2$ 。境内的泾河、黑河、南河 3 条河流将全县切割成长武塬、巨路塬、枣元塬 3 大块,形成了塬高、沟深、坡陡的地貌特征。塬面、沟坡、河滩分别占总耕地面积的 35.6%, 56%, 8.4%。土地垦殖指数 45%。长武属黏黑垆土地带,母质是深厚的马兰黄土,中壤质地,全剖面土质均匀疏松,孔隙率 50%左右。深厚土层和良好的物理性质形成了土壤水库和养分库,可长期提供作物吸收利用,是优良的旱作土壤<sup>[3]</sup>。

1.1.3 社会经济基础 2008 年底,全县总人口 18.04 万人,人口自然增长率 8.53%。长武县作为以农为本的传统农业区,先民在长期劳动生产实践中,积累了适合自然特点的农耕技术,素有传统旱作农业的耕作习惯,形成了一年一熟或两年三熟的耕作制度,并不断演变和完善。

近年来,长武县种植结构得到了较大调整,耕地面积由 1980 年的  $2.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$  减少到 2008 年的  $1.14 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,果园面积由 1980 年的  $2 500 \text{ hm}^2$  增加到 2008 年的  $1.57 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。果业、劳务输出、畜牧业发展成为特色产业,2008 年,三者产值占该县整个国内生产总值的 40.25%。林业以生态效益为主。实现了村村通公路,乡村公路基本实现了柏油或水泥化。

### 1.2 资料来源

本研究所涉及的资料来源于 1980—2008 年的《长武统计年鉴》,近 10 a《长武政府工作报告》,2000 年出版的《长武县志》等。为做到所收集资料能够准确反映当地情况,笔者在当地农业、林业、水利、经济开发局等部门的帮助下,进行实地调查,详细了解长武县农业经济发展情况;以问卷调查形式走村入户开展调查,对获取的数据资料进行了核实和验证。

## 2 研究结果与分析

### 2.1 生态农业建设效益评价指标体系建立和权重的确定

以长武县近 30 a 来农业生态系统演变过程为依据,参照参考文献[4]研究确定的中尺度生态农业建设效益评价指标,结合长武县实际,聘请熟悉长武县情和生态农业建设的专家,从生态环境、经济社会、综合功能 3 个方面选取了 10 个具体评价指标,利用层次分析法(AHP)原理<sup>[5]</sup>,建立了长武县生态农业建设效益评价指标体系及其权重(表 1)。

表 1 中所有指标权重均通过一致性检验,0—U 层一致性指标  $C_R = 0$ ,说明具有完全一致性。U—T 层一致性指标分别为:U<sub>1</sub>—T<sub>1</sub> 层的  $C_R = 0.000 0288$ , U<sub>2</sub>—T<sub>2</sub> 层的  $C_R = 0.000 938$ , U<sub>3</sub>—T<sub>3</sub> 层的  $C_R = 0.001 14$ ,均具有满意一致性。

表 1 长武县生态农业建设效益评价指标体系及权重

目标层(O)	准则层(U)	指标层(T)	权重	总权重( $W_i$ )
建生 立 高农 效业 稳经 定济 的系 长统 武(O)	生态环境(U <sub>1</sub> ) 0.396	A <sub>1</sub> : 人均基本农田( $\text{hm}^2/\text{人}$ )	0.192	0.076 032
		A <sub>2</sub> : 林草覆盖率/%	0.326	0.129 096
		A <sub>3</sub> : 土壤侵蚀模数/( $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )	0.482	0.190 872
	经济社会(U <sub>2</sub> ) 0.476	B <sub>1</sub> : 人均纯收入(元/人)	0.578	0.275 128
		B <sub>2</sub> : 人均粮食(kg/人)	0.214	0.101 864
		B <sub>3</sub> : 农产品商品率/%	0.208	0.099 008
		C <sub>1</sub> : 种植业产投比/%	0.328	0.041 984
	综合功能(U <sub>3</sub> ) 0.128	C <sub>2</sub> : 劳动力转移程度/%	0.236	0.030 208
		C <sub>3</sub> : 土地利用结构/%	0.239	0.030 592
		C <sub>4</sub> : 产业链与资源相关度	0.197	0.025 216

## 2.2 评价指标的数据处理

为了消除在评价指标体系中定量化与定性指标的量纲不同带来的不可比性,在评价前,对定性指标进行定量化处理,使不同类型的指标数据具有相同的量纲,并对原始数据采取归一法进行标准化处理。结合专家经验,根据长武县农业发展实际,确定每个指

标的标度范围值(表 2),得出不同年份各个指标的标准化分值。用下面的公式处理原始数据。

$$P_{ij} = W_i \cdot S_{ij} \quad (1)$$

式中:  $P_{ij}$ ——各指标归一化值;  $W_i$ ——各指标总权重;  $S_{ij}$ ——打分值,利用公式(1)对所有指标原始数据进行归一化处理,结果见表 3。

表 2 长武县生态农业效益评价指标标度范围值

标度	1	2	3	4	5	6	7	8	9
人均基本农田 ( $\text{hm}^2/\text{人}$ )	$\leq 0.013$	0.013~ 0.026	0.026~ 0.039	0.039~ 0.053	0.053~ 0.066	0.066~ 0.08	0.08~ 0.093	0.093~ 0.107	0.107~ 0.12
林草覆盖率/%	$\leq 5$	5~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	$\geq 45$
土壤侵蚀模 ( $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )	$\geq 3500$	3500~ 3100	3100~ 2800	2800~ 2500	2500~ 2200	2200~ 1900	1900~ 1600	1600~ 1300	$\leq 1300$
人均纯收入 (元/人)	$\leq 300$	300~ 500	500~ 1000	1000~ 1500	1500~ 2000	2000~ 2500	2500~ 3000	3000~ 4000	$\geq 4000$
人均粮食( $\text{kg}/\text{人}$ )	$\leq 200$	200~250	250~300	300~350	350~400	400~450	450~500	500~550	$\geq 600$
农产品商品率/%	$\leq 20$	20~25	25~35	35~45	45~55	55~65	65~75	75~85	$\geq 85$
种植业产投比/%	$< 0.5$	0.5~1	1~1.5	1.5~2	2~2.5	2.5~3	3~3.5	3.5~4	4~5
劳动力转移程度/%	$\leq 5$	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	$\geq 40$
土地利用结构/%	$\leq 1:1$	1:1~ 1:1.5	1:1.5~ 1:2	1:2~ 1:3	1:3~ 1:3.5	1:3.5~ 1:4	1:4~ 1:4.5	1:4.5~ 1:5	$> 1:5$
产业链与 资源相关度	广种垦荒	广种	单一种粮	农果农牧 萌芽	农查发展, 林牧萌芽	主导产业 培育	相关产业 形成	产业间形 成有机统 一关系	生态经济 社会系统 良性循环

表 3 1980—2008 年长武县生态农业效益评价指标归一化值

项目	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
A <sub>1</sub>	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684
A <sub>2</sub>	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645	0.645
A <sub>3</sub>	0.382	0.382	0.382	0.382	0.382	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.763	0.763	0.763
B <sub>1</sub>	0.275	0.275	0.275	0.275	0.275	0.550	0.550	0.550	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825
B <sub>2</sub>	0.204	0.407	0.509	0.509	0.509	0.306	0.407	0.204	0.407	0.509	0.509	0.407	0.204	0.407	0.204
B <sub>3</sub>	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.198	0.198	0.198	0.297	0.297	0.297
C <sub>1</sub>	0.210	0.336	0.378	0.336	0.336	0.252	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.252	0.252	0.378
C <sub>2</sub>	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
C <sub>3</sub>	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.061	0.061	0.061	0.061	0.092	0.092	0.092
C <sub>4</sub>	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.050	0.050	0.076	0.076	0.076	0.101
项目	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
A <sub>1</sub>	0.684	0.608	0.608	0.608	0.608	0.608	0.608	0.608	0.532	0.532	0.380	0.380	0.380	0.380	
A <sub>2</sub>	0.645	0.645	0.645	0.775	0.775	0.775	0.904	0.904	0.904	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	
A <sub>3</sub>	0.763	0.763	0.763	0.763	0.763	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	1.145	1.145	
B <sub>1</sub>	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825	1.101	1.101	1.101	1.101	1.101	1.376	1.376	1.376	1.651	
B <sub>2</sub>	0.102	0.306	0.306	0.306	0.407	0.306	0.306	0.306	0.407	0.407	0.407	0.407	0.407	0.407	
B <sub>3</sub>	0.396	0.495	0.495	0.594	0.594	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693	0.792	0.792	0.792	
C <sub>1</sub>	0.336	0.210	0.210	0.210	0.210	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.210	0.210	0.252	0.252	
C <sub>2</sub>	0.060	0.060	0.060	0.060	0.091	0.091	0.151	0.211	0.211	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	
C <sub>3</sub>	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.153	0.153	0.153	0.153	0.184	
C <sub>4</sub>	0.101	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.151	0.151	0.177	0.177	0.177	0.177	

根据表3计算结果,采用综合加权模型〔公式(2)〕,计算得出长武县生态农业效益值(表4)。

$$L_j = \sum_{i=1}^{10} P_{ij} \quad (2)$$

式中: $L_j$ ——各代表年份生态农业效益功能值。

表4 长武县生态农业效益功能值

年份	生态效益 功能值	经济效益 功能值	综合效益 功能值	生态农业 效益功能值
1980	1.712	0.578	0.296	2.585
1981	1.712	0.782	0.422	2.915
1982	1.712	0.883	0.464	3.059
1983	1.712	0.883	0.422	3.017
1984	1.712	0.883	0.422	3.017
1985	1.902	0.955	0.338	3.195
1986	1.902	1.057	0.296	3.255
1987	1.902	0.853	0.296	3.051
1988	1.902	1.332	0.327	3.561
1989	1.902	1.533	0.352	3.787
1990	1.902	1.533	0.352	3.787
1991	1.902	1.431	0.377	3.710
1992	2.093	1.326	0.450	3.869
1993	2.093	1.530	0.450	4.073
1994	2.093	1.326	0.601	4.020
1995	2.017	1.323	0.620	3.960
1996	2.017	1.626	0.519	4.162
1997	2.146	1.626	0.519	4.291
1998	2.146	1.725	0.519	4.390
1999	2.146	1.827	0.549	4.522
2000	2.466	2.099	0.507	5.072
2001	2.466	2.099	0.567	5.133
2002	2.390	2.099	0.628	5.117
2003	2.519	2.201	0.653	5.373
2004	2.367	2.201	0.744	5.312
2005	2.367	2.476	0.811	5.655
2006	2.367	2.575	0.811	5.754
2007	2.558	2.575	0.853	5.987
2008	2.558	2.850	0.884	6.292

### 2.3 长武县生态农业效益综合分析评价

计算出生态农业效益功能评价值后,可判断效益应属等级。表5是由相关专家根据经验判断所得。

表5 生态农业建设效益评价等级标准

等级	优	良	中	差
数量评价(分)	9~7	7~5	5~3	3~0

从表4—5可以看出,生态农业效益功能由1980年的“差”上升到2008年“良”。其过程可以分3个阶段:一是1980—1987年间,农业生产还处于传统方式,农业科技水平不高,生态农业效益功能值提高速度相对较慢;二是1987—1999年间,生态农业效益功

能值发展速度得到了提高。“七五”以来,随着王东沟试验示范区的建立,长武县农业受到其科技攻关的辐射带动作用,生态农业建设发展较为迅速;三是1999—2008年间,生态农业效益功能值增长较快,开始由传统农业向农业产业化方向转变。

近30a来,长武县生态农业建设取得了显著成绩。生态效益总体上处于平稳发展期,增长幅度为49.4%;经济效益发展变化最明显,增长幅度达到393.1%;虽然在1987,1995年出现下降,其主要原因是这2个年份出现了大面积干旱,特别是1995年长武县发生了50年一遇的特大旱灾,严重影响作物的生长,导致了粮食减产。综合效益在1994年之前处于相对较低水平,近年来增长势头明显,增长幅度为198.6%。

现阶段由于受社会经济发展水平、技术进步的影响,长武县生态农业功能效益值相对较低。2007年,长武县农民人均纯收入排所在省第69位,人口密度高达279人/km<sup>2</sup>,比所在省平均水平高1.9倍,农业人均耕地面积较全省低0.04hm<sup>2</sup>,在全省属于相对落后地区。农业生态环境十分脆弱,旱灾是制约农业生产的主要自然因素,粮食产量容易受到年际降水不均的影响,出现产量波动的特点。人均耕地面积呈不断减少趋势,农业科技水平仍有待提高。农业经济发展与生态环境之间的矛盾依然存在,近30a来,经济效益的增长幅度较大,综合效益次之,生态效益的增长幅度最小。“资源与产业”还有待不断协调发展,资源不足与资源浪费同时并存的现象没有得到解决。

### 3 结论

近30a来,长武县生态农业建设的经济效益、生态效益与综合效益逐年增长,说明生态和经济获得增长统一性。果业、畜牧业、劳务输出发展迅速,形成了“果—畜—沼”联动循环经济发展模式。农业生态环境得到了明显改善,农业生态经济系统结构趋于合理。其主要措施有:

(1)长武县为了保护有限的土地资源,积极开展水土保持综合治理工作。近30a来,共植树造林面积4.39×10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>,提高了林草覆盖率。根据不同地形、不同利用方式下的水土流失规律,因地制宜采用水土流失治理措施,在塬面完成了农田土地平整和防护林建设,在沟坡基本实现梯田化,采用水平阶和鱼鳞坑方式造林,在沟道实施筑小土坝和柳谷坊工程,拦蓄泥沙,土壤侵蚀得到了控制,改善了生态环境,提高了生态农业建设的生态效益。

(2) 优化农业产业结构, 果业快速发展, 2007 年全县水果总产  $1.54 \times 10^5$  t, 水果产值占农业总产值的 54.5%。农林牧土地利用结构趋于合理, 增加了群众的经济收入和农业投入的能力。根据王东沟试区旱作产量潜势和水肥效应试验示范结果, 长武县通过采取增加化肥投入, 优化施肥, 引入良种组合, 优选播种期种植密度, 提高农业机械化程度, 在耕地面积减少的情况下, 保证了粮食总产量有所增加, 依靠粮食种植业和果业, 农民收入出现明显增长, 实现脱贫致富。

(3) 在综合效益方面, 使群众有更多的季节性富余劳动力, 增加劳务输出收入, 农村剩余劳动力转移程度得到了提高, 2007 年, 全县劳务输出人员占到了剩余劳动力的 86%, 创造经济收入约 1.73 亿元, 其收入占农民家庭总收入的 40% 以上。

应严格落实计划生育政策, 控制农村人口增长速度, 提高农业从业人员的科学文化素质, 采取最严格的耕地保护措施, 提高土地利用效率。应充分发挥已有农业节水技术作用, 提高有限的水资源利用率和抗旱灾能力。要克服片面追求生态农业的经济效益, 忽视其生态及综合效益, 促进三者的协调发展。进一步提

高农业科技水平, 不断优化种植业结构布局, 提高农业附加值, 进一步提高水肥资源利用效率, 促使区域社会经济持续发展。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 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, 4(10): 34-40.
- [ 2 ] 李玉山, 苏陕民. 长武王东沟小流域高效生态经济系统建立技术综合研究[ Q ] // 李玉山, 苏陕民. 长武王东沟高效生态经济系统综合研究. 西安: 科学技术文献出版社, 1991: 1-28.
- [ 3 ] 郝明德. 黄土高原沟壑区农业生态经济系统研究[ C ] // 郝明德, 梁银丽. 长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术. 北京: 气象出版社, 1998: 3-14.
- [ 4 ] 王继军, 郑科, 郑世清, 等. 中尺度生态农业建设效益评价指标体系研究[ J ]. 水土保持研究, 2000, 7(9): 243-247.
- [ 5 ] 曾建权. 层次分析法在确定企业家评价指标权重中的应用[ J ]. 南京理工大学学报, 2004, 28(1): 99-104.
- [ 6 ] 长武县统计局. 长武县统计年鉴 1980—2008 [ Z ]. 长武: 长武县统计局, 1981—2009.
- [ 7 ] 长武县志编辑委员会. 长武县志[ Z ]. 西安: 陕西人民出版社, 2000: 87-144.

(上接第 160 页)

- [ 4 ] 黄聿刚, 丛振涛, 雷志栋, 等. 新疆麦盖提绿洲水资源利用与耗水分析: 绿洲耗散水文模型的应用[ J ]. 水利学报, 2005, 36(9): 1062-1066.
- [ 5 ] 贾宝全, 慈龙骏. 新疆生态用水量的初步估算[ J ]. 生态学报, 2000, 20(2): 243-250.
- [ 6 ] 司建华, 冯起, 张小由. 植物蒸散耗水量测定方法研究进展[ J ]. 水科学进展, 2005, 16(3): 451-459.
- [ 7 ] 沈言俐, 杨诗秀, 段新杰, 等. 防护林带的排水及耗水作用初步分析[ J ]. 灌溉排水, 1999, 18(2): 38-40.
- [ 8 ] 于渲, 吉腾飞, 魏蒙淳, 等. 河套灌区新疆杨农田防护林耗水特性的研究[ J ]. 内蒙古水利, 2004(4): 5-6.
- [ 9 ] 刘绍民, 李银芳. 箭杆杨林地蒸散的研究[ J ]. 干旱区研究, 1996, 13(2): 74-76.
- [ 10 ] 雷志栋, 杨诗秀, 谢森传. 土壤水动力学[ M ]. 北京: 清华大学出版社, 1988: 204-205.
- [ 11 ] 康绍忠, 熊运章. 干旱缺水条件下麦田蒸散量的计算方法[ J ]. 地理学报, 1990, 45(4): 475-483.
- [ 12 ] 康绍忠, 蔡焕杰. 农业水管理学[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 101-120.
- [ 13 ] 赵聚宝, 李克煌. 干旱与农业[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 146-212.
- [ 14 ] 刘绍民, 刘志辉. 新疆玛纳斯河流域玉米田蒸散量的估算研究[ J ]. 灌溉排水, 1998, 17(1): 14-17.
- [ 15 ] 刘绍民, 刘志辉. 作物农田蒸散计算模型的研究[ J ]. 生态学杂志, 1998, 17(4): 66-69.
- [ 16 ] 洪嘉琏, 谢贤群. 土壤水分不同调控条件下冬小麦蒸散量与产量关系[ M ] // 刘昌明, 于沪宁. 土壤—植物—大气系统水分运动试验研究. 北京: 气象出版社, 1997: 145-151.
- [ 17 ] 洪嘉琏. 灌溉农田蒸散量与计算[ M ] // 许越先. 节水农业研究. 北京: 科学出版社, 1992: 117-125.
- [ 18 ] 芮孝芳. 水文学原理[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 126-130.
- [ 19 ] 赵人俊. 流域水文模拟[ M ]. 北京: 水利电力出版社, 1984: 71-73.