

# 魏家沟小流域农业水土资源高效利用障碍诊断

刘祥柱<sup>1,2</sup>, 冷爱国<sup>1</sup>, 盛莎<sup>3</sup>, 陈克森<sup>1,4</sup>

(1. 山东水利职业学院, 山东日照 276826; 2. 中国海洋大学, 山东青岛 266100; 3. 山东省昌邑市交通局, 山东昌邑 261300; 4. 河海大学, 南京 210098)

**摘要:** 构建了农业水土资源开发利用评价指标体系, 提出了量化评价方法。采用熵技术支持下的层次分析法(AHP)确定指标权重。通过指标的“障碍度”计算, 确定区域水土资源高效利用影响因子的障碍排序。研究表明魏家沟小流域水土资源利用综合评价值为61.07, 其农业水土资源高效利用影响因子的障碍排序依次是水土流失治理率、植被覆盖率、水分生产率、土壤侵蚀模数等。加强水土流失治理、发展节水灌溉和提高农业综合技术水平是该流域今后应优先采取的措施。

**关键词:** 小流域; 水土资源; 障碍诊断

中图分类号: F303.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)02-0072-05

## Obstacle Diagnosis of Agricultural Soil and Water Resources High-efficient Utilization in Weijiagou Small Watershed

LIU Xiang-zhu<sup>1,2</sup>, LENG Aiguo<sup>1</sup>, SHENG Sha<sup>3</sup>, CHEN Ke-sen<sup>1,4</sup>

(1. Shandong Water Polytechnic, Rizhao, Shandong 276826, China; 2. Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China; 3. Changyi Traffic Bureau, Changyi, Shandong 261300, China; 4. Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** This paper constructs assessment index system of agricultural soil and water resources development and utilization, and brings forward quantificational assessment method. It confirms the index weight primary using the Analytic Hierarchy Process (AHP), then revises it basing the communication degree showed output entropy of the various indices, and confirms the obstacle ranking impacting regional soil and water resources high-efficient utilization by calculating ‘obstacle degree’ of indices. The results show that the comprehensive assessment value of agricultural soil and water resources development and utilization of Weijiagou small watershed is 61.07, the obstacle ranking of the soil and water resources high-efficient utilization is soil and water loss control rate, vegetation cover, water productivity, soil erosion modulus etc. For the future strengthening soil and water loss control, developing water saving irrigation and increasing agricultural integrate technical level should be the prior measure in this small watershed.

**Key words:** small watershed; soil and water resources; obstacle diagnosis

农业水土资源是人类赖以生存的自然资源, 是社会经济发展的重要基础。长期以来, 国内外众多学者围绕水土资源开发利用评价开展了大量研究。纵观已有研究, 主要侧重于两方面: 一是资源的可利用性评价研究, 主要是以水、土资源对一定用途的适宜性、作量和质的评价及其开发方向的研究<sup>[4]</sup>; 二是资源开发利用的可持续性评价研究, 主要是从可持续发展角度建立指标体系, 对区域水资源、土地资源开发利

用结果作可持续性评价<sup>[5-8]</sup>。上述研究多以水资源、土地资源分别研究为主。区域农业水土资源开发利用状况是长期以来自然演变、人类活动等的综合结果, 是一个多层次、多功能的自然生态经济复合系统, 对其作出科学评价, 找出影响水土资源高效利用的症结, 对于制定开发策略具有重要意义。谢高地等曾从农业资源高效利用角度提出了评价指标体系及评价方法<sup>[9]</sup>, 付强等以三江平原为研究平台, 提出了农业

\* 收稿日期: 2008-06-12

基金项目: 山东省教育厅 2007 年科技计划项目(J07WF10)

作者简介: 刘祥柱(1972-), 男, 山东蒙阴人, 讲师, 从事农田水利工程规划、施工等方面的教学与科研工作。E-mail: cks111@126.com

通信作者: 陈克森(1963-), 男, 山东昌邑人, 教授, 从事农业水土资源利用等方面的教学与科研工作。E-mail: cks631@yeah.net

水土资源综合评价模型<sup>[10]</sup>,但上述方法或模型在为制定工程措施提供指导方面缺乏针对性。为此,对农业水土资源高效利用障碍诊断问题作专门探讨。

## 1 研究区自然特征

魏家沟小流域中心位于山东省中部(东经 119° 10', 北纬 36° 12'),地处泰沂山脉东北麓与渤海山前平原之间,属片麻岩丘陵沟壑区,汶河水系,海拔高度 234.8~153.3 m,相对高差 81.5 m,流域总面积 672 hm<sup>2</sup>。该地区气候为温带大陆性季风气候,年平均气温 12℃,无霜期 189 d,日照时间 2 668 h,多年平均降雨量 674.3 mm,干旱指数 2.18。降雨集中在 6~9 月,其降雨量占全年降雨量的 70%,年径流深 181.5 mm。

该流域耕地面积 399.84 hm<sup>2</sup>,占总土地面积的 59.5%。土壤以沙壤土为主,具有较好的通气性,适宜种植块根茎植物。目前,农作物以种植小麦、玉米、甘薯为主,经济作物主要是花生、芋头等。流域内沟壑密度 1.79 km/km<sup>2</sup>,坡陡沟深,地形复杂,植被稀少,现有水土流失面积 418 hm<sup>2</sup>,占总面积的 62.2%,土壤侵蚀模数 2 850 t/(km<sup>2</sup>·a)。农业用地存在土地不平整、地块零散、土层薄、肥力差、保水能力差等突出问题。

## 2 指标体系构建

### 2.1 构建原则

(1) 科学性原则。深入分析水土资源高效利用内涵及基本要求,所选指标意义要明确,口径要规范

一致,整个指标体系从元素构成到结构,从每个指标的计算内容到计算方法都必须科学、合理、准确,能客观真实地反映水土资源利用程度及其内在联系。

(2) 层次性原则。水土资源评价指标涉及到众多方面,是一个复杂的巨系统,确定指标时必须运用系统的观点,将总体目标层分解,以便从各个侧面全面、完整地反映出评价对象的主要影响因素,要体现出指标的层次性和隶属关系。

(3) 系统协调性原则。研究区域是一个统一的整体,水土资源的高效利用与经济、社会、生态环境等密不可分,选取的指标要能综合反映影响高效利用的各种因素,如水土资源的协调性、可持续利用性,经济系统的效益状况,生态环境的保护与治理状况等等。

(4) 综合完备性原则。在指标筛选过程中选取具有代表性的指标,并加以高度概括,使其简明准确,能全面、概括地反映出核心内容,目的性明确。同时,指标体系要与分析评价方法相适应。

(5) 可操作性原则。指标体系中的指标内容简单明了,容易理解,通常以人均、百分比、增长率、效率等表示。选取的指标与专业考核、社会统计等指标尽可能一致,以便于取值,并对指导制定工程措施有针对性。

### 2.2 指标体系

参阅相关文献,在对现有与水资源、土地资源及其开发利用相关的指标进行识别、分析和测算的基础上,通过单项指标的关联性检验、方向性检验、关键点检验、可行性检验和指标体系整体性检验后,确定的指标层次结构体系见图 1。

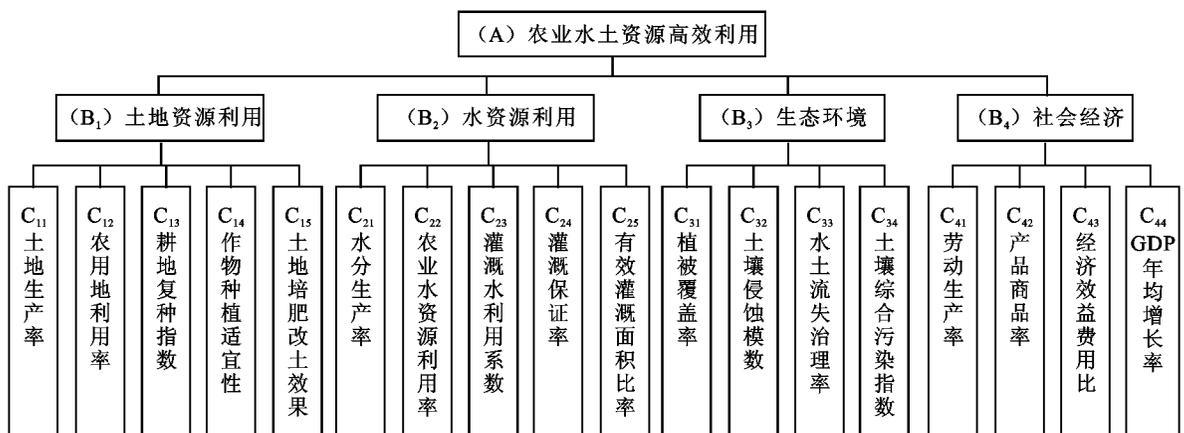


图 1 农业水土资源利用分析评价指标体系

### 2.3 指标内涵

2.3.1 土地资源利用 土地生产率是指(一年内)土地总产出与土地总面积之比[kg/(hm<sup>2</sup>·a)或元/(hm<sup>2</sup>·a)],反映土地生产能力;农用地利用率为已开发利用农地面积占农业可利用土地面积的比率

(%),体现土地资源利用程度;耕地复种指数为一年内耕地上农作物播种面积与耕地面积之比(%),反映已开发农用地的利用效率;作物种植适宜性为反映因地制宜种植状况的指标;土地培肥改土效果为体现土地可持续利用指标。

2.3.2 水资源利用 水分生产率为单位水量所获得的作物产量(kg/m<sup>3</sup>),反映水分生产能力;农业水资源利用率为农业实际利用水量占农业可利用水资源量的百分数(%),反映对农业水资源的开发利用程度;灌溉水利用系数指作物生长实际用水量占灌溉取水总量的比例(%),体现水资源的有效利用水平;灌溉保证率指多年灌溉期间保证正常灌溉供水年数所占的百分数(%),体现灌溉供水的保证程度;有效灌溉面积比率指有效灌溉面积占流域耕地总面积的比例(%),体现灌溉工程的建设规模。

2.3.3 生态环境 植被覆盖率为植被覆盖面积占地表面积的百分数(%),表征区域生态状况;土壤侵蚀模数指每年每平方千米的土壤侵蚀量(t/km<sup>2</sup>·a或mm/a),反映土壤侵蚀状况,表征生产、生态环境条件;水土流失治理率为水土流失治理面积占水土流失总面积的比例(%),体现水土流失治理程度;土壤综合污染指数为反映土壤污染状况指标,体现生态保护和可持续利用。

2.3.4 社会经济 劳动生产率指一定时期(一年内)总产出与投入的物化劳动量和活化劳动量之比(元/工日或kg/人·a),表征劳动生产率水平;产品商品率为作物产品商品量占作物产品总量的比例(%),反映高效种植水平,体现农产品高附加值程度;经济效益费用比指单位费用所获得的效益;GDP年均增长率为计算期内GDP平均增长率(%)。

### 3 评价与诊断

#### 3.1 指标量化评价确定

设  $x_j$  和  $t_j$  分别为  $j$  指标的状态值与目标值,运用模糊数学中的隶属函数对指标进行量化处理。其量化评价价值可用式(1),式(2)计算。

当  $x$  属大则优类型指标时

表 1 魏家沟小流域农业水土资源利用评价指标状态值与评价价值

指标	目标值	状态值	评价价值 $a_j$	指标	目标值	状态值	评价价值 $a_j$
C <sub>11</sub>	30000	18780	62.60	C <sub>21</sub>	2.30	1.23	53.48
C <sub>12</sub>	98	94.55	96.48	C <sub>22</sub>	95	57.00	60.00
C <sub>13</sub>	200	174.00	87.00	C <sub>23</sub>	0.66	0.38	57.58
C <sub>14</sub>			54.32	C <sub>24</sub>	75	50.00	66.67
C <sub>15</sub>			64.31	C <sub>25</sub>	85	52.00	61.18
C <sub>31</sub>	22.5	6.01	26.71	C <sub>41</sub>	50	30.00	60.00
C <sub>32</sub>	1300	2850	45.61	C <sub>42</sub>	55	26.00	47.27
C <sub>33</sub>	70	17.60	25.14	C <sub>43</sub>	5.0	2.90	58.00
C <sub>34</sub>	1.0	1.18	84.75	C <sub>44</sub>	7.0	5.50	78.57

(1) 采用 AHP 法计算各指标权系数。根据层次分析法原理,对图 1 中同一层次各元素关于上

$$a_j = (x_j / t_j) \times 100\% \quad (1)$$

当  $x$  属小则优类型指标时

$$a_j = (t_j / x_j) \times 100\% \quad (2)$$

指标的状态值可通过实测或统计调查分析获得,其目标值(或称期望值)即评价标准是根据规划值、技术规范或国民经济发展要求等确定。

对定性指标,采用专家打分法赋值。邀请一批本领域的专家,请他们按百分制各自独立地对指标评价打分。计算专家们打分的平均值(式 3)以及每位专家的打分与平均值的偏差(式 4),将这些信息反馈给所有专家,请他们再进行第二轮打分,特别是让那些偏差较大的专家充分发表意见,分析讨论后,再进行下一轮打分。这样经过若干轮之后,即可得到可靠度较高的指标评价价值。

$$a(x_j) = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k x_{ij} \quad (3)$$

式中:  $a(x_i)$  ——  $k$  个专家对  $x_j$  指标打分的均值;  $x_{ij}$  ——  $i$  专家对  $j$  指标的打分;  $k$  —— 专家总人数。

$$\Delta_j = |x_{ij} - a(x_j)| \quad (4)$$

式中:  $\Delta_j$  ——  $i$  专家对  $j$  指标打分与均值的偏差。其他符号意义同前。

在资料缺乏地区,某些定量指标状态值难以确定时,亦可采用专家打分法赋值。

根据图 1 给出的指标体系,采用综合调查和测定等方法,获得了 2006 年魏家沟小流域相关数据,分析整理后确定了指标的状态值及目标值,运用式(1)、(2)逐一计算各单项指标的量化评价价值(见表 1)。其中指标 C<sub>14</sub>、C<sub>15</sub> 的评价价值系直接通过专家打分所得。

#### 3.2 指标权重确定

本研究采用熵技术支持下的层次分析法(AHP)确定指标权重。

一层次的重要性作两两比较,比较时赋分采用 Saaty T L 教授提出的“1~9 标度”法,构造出判断矩阵

$P = \{d_{ij}\}_{n \times n}$ , 矩阵中  $d_{ij}$  表示指标  $i$  比指标  $j$  对上一层的相对重要性。利用和积法求判断矩阵  $P$  最大特征值及其对应的特征向量, 对该向量归一化处理并通过一致性检验后即得各指标的权系数  $P_j$ 。

(2) 采用熵技术修正各指标权重

1 归一化处理

对判断矩阵  $P = \{d_{ij}\}_{n \times n}$ , 按公式  $\bar{d}_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{k=1}^n d_{kj}}$  作

归一化处理, 得标准矩阵:  $\bar{P} = \{\bar{d}_{ij}\}_{n \times n}$

④ 计算指标  $j$  输出的熵值  $\lambda_j$

$$\lambda_j = -(\ln n)^{-1} \sum_{k=1}^n \bar{d}_{kj} \ln \bar{d}_{kj} \quad (5)$$

(四) 计算信息权重

设指标  $j$  的偏差度为  $\mu_j = 1 - \lambda_j$ , 则其信息权重

$$v_j = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j} \quad (6)$$

1/4 利用信息权重  $v_j$  修正, 求各指标权重  $r_j$ 。

利用信息权重  $v_j$ , 对由 AHP 法获得的指标权系数  $P_j = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  按式 7 进行修正, 得到各

指标修正后的权重  $r_j$ :

$$r_j = \frac{v_j P_j}{\sum_{j=1}^n v_j P_j} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (7)$$

按上述方法确定并作修正后的各层次指标权重在表 2 中给出。

3.3 综合分析评价

综合评价采用多目标线性加权函数法。

$$D_i = [\sum_{j=1}^m (a_j r_j)] \times 100\% \quad (8)$$

$$D = [\sum_{i=1}^l (D_i \omega_i)] \times 100\% \quad (9)$$

式中:  $D_i$  ——  $i$  子目标的综合评价价值;  $a_j$  ——  $j$  指标的量化评价价值;  $r_j$  ——  $j$  指标的权重;  $m$  ——  $i$  子目标中指标个数;  $D$  —— 水土资源利用系统综合评价价值;  $l$  —— 子目标个数;  $\omega_i$  ——  $i$  子目标的权重。

本评价方法满分为 100 分, 根据  $D$  值的大小可以对流域水土资源利用总体状况作出评价, 根据  $D_i$  值的大小可以对各子目标状况作出评价。

根据式(8)、(9)计算, 得出魏家沟小流域水土资源利用综合评价价值和各子目标的评价价值(表 2)。

表 2 魏家沟小流域农业水土资源利用综合分析评价

子目标	指标	权重	$I_j$	$D_j$	$A_j$	子目标	指标	权重	$I_j$	$D_j$	$A_j$
B <sub>1</sub> (0.298)	C <sub>11</sub>	0.241	37.40	15.087	6.90	B <sub>2</sub> (0.298)	C <sub>21</sub>	0.241	46.52	12.889	8.58
	C <sub>12</sub>	0.219	3.52	21.129	0.59		C <sub>22</sub>	0.199	40.00	11.940	6.09
	C <sub>13</sub>	0.216	13.00	18.792	2.15		C <sub>23</sub>	0.181	42.42	10.422	5.88
	C <sub>14</sub>	0.163	45.68	8.854	5.70		C <sub>24</sub>	0.181	33.33	12.067	4.62
	C <sub>15</sub>	0.161	35.69	10.354	4.40		C <sub>25</sub>	0.198	38.82	12.114	5.88
	$D_1 = \sum D_j$			74.22			$D_2 = \sum D_j$			59.43	
B <sub>3</sub> (0.202)	C <sub>31</sub>	0.254	73.29	6.784	9.66	B <sub>4</sub> (0.202)	C <sub>41</sub>	0.256	40.00	15.360	5.31
	C <sub>32</sub>	0.255	54.39	11.631	7.20		C <sub>42</sub>	0.258	52.73	12.196	7.06
	C <sub>33</sub>	0.258	74.86	6.486	10.02		C <sub>43</sub>	0.254	42.00	14.732	5.54
	C <sub>34</sub>	0.233	15.25	19.747	1.84		C <sub>44</sub>	0.232	21.43	18.228	2.58
	$D_3 = \sum D_j$			44.65		$D_4 = \sum D_j$				60.52	
	综合评价 ( $D = \sum \omega_i D_i$ )									61.07	

由表 2 得知, 魏家沟小流域水土资源利用综合评价值为 61.07, 此数值表明该流域水土资源高效利用处于一般水平。4 个子目标的评价值由大到小排序为: 土地资源利用(74.22)、社会经济(60.52)、水资源利用(59.43)、生态环境(44.65)。从中可以看出生态环境评价结果处于较低水平, 表明生态问题是该流域大系统发展中应该解决的首要问题。水资源利用评价结果也比较差, 需要通过工程措施和非工程措施全面提高水资源开发利用水平。

3.4 影响因子障碍度排序

为找出区域水土资源高效利用影响因子的障碍

性排序, 本研究引入“因子贡献率”、“指标偏离度”和“障碍度”等概念。

(1) 因子贡献率( $C_j$ )反映单项因素对总体目标的影响程度, 即指标对总体目标的权重, 按式(10)计算。

$$C_j = r_j w_j \quad (10)$$

式中:  $r_j$  ——  $j$  指标的权重;  $\omega_i$  ——  $j$  指标所隶属的  $i$  子目标的权重。

(2) 指标偏离度( $I_j, \%$ ) 指标与目标值(或期望值)之间的差距, 按式(11)计算。

$$I_j = 100 - a_j \quad (11)$$

(3) 障碍度( $A_j$ ) 指标对流域水土资源高效利用

的障碍程度值,按式(12)计算。

$$A_j = [C_j I_j / \sum_{j=1}^m (C_j I_j)] \times 100\% \quad (12)$$

对计算出的  $A_j$  由大到小排序即可得到流域水资源高效利用的障碍因子主次关系,同时从  $I_j$  值的大

表 3 魏家沟小流域水资源高效利用障碍排序

次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
障碍因素	$C_{33}$	$C_{31}$	$C_{21}$	$C_{32}$	$C_{42}$	$C_{11}$	$C_{22}$	$C_{25}$	$C_{23}$
障碍度( $A_j$ )	10.02	9.66	8.58	7.20	7.06	6.90	6.09	5.88	5.88
次序	10	11	12	13	14	15	16	17	18
障碍因素	$C_{14}$	$C_{43}$	$C_{41}$	$C_{24}$	$C_{15}$	$C_{44}$	$C_{13}$	$C_{34}$	$C_{12}$
障碍度( $A_j$ )	5.70	5.54	5.31	4.62	4.40	2.58	2.15	1.84	0.50

由表 3 可以看出,魏家沟小流域水资源高效利用障碍因子(仅列出障碍度指数在 6 以上的)依次是:( $C_{33}$ )水土流失治理率、( $C_{31}$ )植被覆盖率、( $C_{21}$ )水分生产率、( $C_{32}$ )土壤侵蚀模数、( $C_{42}$ )产品商品率、( $C_{11}$ )土地生产率、( $C_{22}$ )农业水资源利用率。

水土流失治理率和植被覆盖率是两个反映生态状况的指标,其障碍度位居前两名。土壤侵蚀模数是与水土流失治理率和植被覆盖率密切相关的指标,其障碍度排序亦处于靠前的位置(第 4 位),这表明生态问题是该流域水资源利用中存在的突出问题。加强水土流失治理,是今后应优先采取的措施。通过水土保持措施减少土壤侵蚀,提高植被覆盖率。

水分生产率和农业水资源利用率障碍度高是说明了该流域科学用水水平低、农业水资源开发利用程度差。通过工程措施开源节流和采取农艺措施减少作物水分无效蒸腾是解决这一问题的有效途径,发展节水灌溉是今后应优先采取的措施。

土地生产率是对流域农业生产水平的综合反映,该指标障碍度高说明其已成为流域发展的制约因素,今后应注重全面提高农业综合技术水平。结合该流域“产品商品率”指标的障碍度较高的情况,综合分析认为,发展“名、优、特”作物种植业,采用高效种植模式和先进农业技术是解决上述问题的有效途径。

### 4 结语

(1) 构建了农业水资源开发利用评价指标体系,提出了量化综合评价方法。采用熵技术支持下的层次分析法(AHP)确定指标权重。通过指标“障碍度”计算,确定区域水资源高效利用影响因子的障碍排序,为水资源高效利用分析评价提供了研究方法。

(2) 魏家沟小流域水资源利用综合评价值为 61.07,四个子目标的评价值由大到小排序为:土地

小可以判断各因子的差距。

运用式(10)、(11)、(12)对魏家沟小流域水资源利用各单项指标因素进行障碍度计算,其结果列于表 2,排序结果见表 3。

资源利用(74.22)、社会经济(60.52)、水资源利用(59.43)、生态环境(44.65)。改善生态环境是该流域今后发展中应该解决的首要问题。

(3) 魏家沟小流域水资源高效利用影响因素障碍性排序依次是(前 7 位):水土流失治理率、植被覆盖率、水分生产率、土壤侵蚀模数、产品商品率、土地生产率、农业水资源利用率。加强水土流失治理、发展节水灌溉和“名、优、特”作物种植业、提高农业综合技术水平是该流域今后应优先采取的措施。

### 参考文献:

- [1] 刘黎明.土地资源学[M].北京:中国农业大学出版社,2004.
- [2] 陈家琦,王浩,杨小柳.现代水资源学[M].北京:科学出版社,2003.
- [3] 刘彦随.区域土地资源优化利用配置[M].北京:学苑出版社,1999.
- [4] 冯艳,付强,冯登超,等.基于 PCNN 的农业水资源利用状况评价方法研究[J].农业工程学报,2007,23(8):80-83.
- [5] 戴尔阜,蔡运龙,傅泽强.土地可持续利用的系统特征与评价[J].北京大学学报:自然科学版,2002,38(2):231-238.
- [6] 刘恒,耿雷华,陈晓燕,等.区域水资源可持续利用评价指标体系的建立[J].水科学进展,2003,14(3):265-270.
- [7] 刘彦琴,郝晋珉.区域土地可持续利用系统状态评价研究[J].农业现代化研究,2004(6):410-414.
- [8] 范纯增,于守悦,郑新奇.山东农业土地资源的可持续利用水平评估研究[J].农业系统科学与综合研究,2001(5):90-93.
- [9] 谢高地,章予舒,齐文虎.农业资源高效利用评价模型与决策支持[M].北京:科学出版社,2002.
- [10] 付强.农业水资源系统分析与综合评价[M].北京:中国水利水电出版社,2005.

全社会固定资产投资和粮食单产因素对耕地面积的变化起着重要作用。

(3) 通过后向多元线性回归分析, 耕地面积与总人口、GDP、全社会固定资产投资、粮食单产、农业机械总动力、社会消费品零售总额、农业总产值、农民人均纯收入、化肥施用量、平均温度、年降水量和日照成正相关, 与蒸发量、平均风速和大风日数成负相关。回归方程的系数大小反映了耕地变化对驱动因子的敏感性, 即耕地面积对总人口、GDP、全社会固定资产投资和粮食单产最为敏感, 而对气候因素敏感性较小。

(4) 经过气象资料分析得出, 于田年均温度和年降水量都是增加的, 与中国西北气候由暖干向暖湿转型相一致<sup>[15]</sup>。虽然气候对耕地面积变化影响不大, 但耕地面积变化对气候有一定影响。随着于田耕地面积的增大在一定程度上促使年蒸发量和年均风速减小, 有利于田绿洲化进程。

#### 参考文献:

[1] Walker B, Steffen W. The Terrestrial Biosphere and Global Change: Implications for Natural and Managed Ecosystems[M]. A Synthesis of GCTE and Related Research, Stockholm: IGBP, 1997: 31.

[2] 塔西甫拉提·特依拜. 干旱区环境演变与遥感应应用研究[M]. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 2001: 1-115.

[3] 赵睿. 中国西部干旱区 LUCC 空间影响因子的合理性验证: 以新疆于田绿洲为例[J]. 资源科学, 2007(7):

213-218.

[4] 毛小军, 陈腊娇, 孙华, 等. 浙江省耕地资源时空变化的驱动力分析及对策研究[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2006, 29(2): 201-207.

[5] 王楠君, 吴群, 陈成, 等. 耕地数量变化及驱动力研究: 以徐州市为例[J]. 国土与自然资源研究, 2006(1): 22-24.

[6] 熊鹰, 王克林, 郭娴. 近 50 年湖南省耕地数量动态变化研究[J]. 经济地理, 2004, 24(5): 654-656.

[7] 蒋贵彦, 刘峰贵. 青海省近 50 年耕地资源变化及驱动力研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2): 71-74.

[8] 冷中笑, 格丽玛, 努尔巴衣, 等. 全球变暖背景下的乌鲁木齐市气温及降水气候特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 1003-757.

[9] 何清, 杨青, 李红军. 新疆 40 年来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 423-427.

[10] 汤姿, 尹怀宁, 朱恒锋, 等. 大连市耕地变化及人文驱动因子的定量研究[J]. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 2004, 27(3): 344-348.

[11] 高志强, 刘纪远. 1980-2000 年中国 LUCC 对气候变化的响应[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 61-8.

[12] 谭少华, 倪绍祥. 区域土地利用变化驱动力的成因分析[J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(3): 47-50.

[13] 于田县地方志编纂委员会. 于田县志[M]. 新疆: 新疆人民出版社, 2006.

[14] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京, 高等教育出版社, 2004: 8-93.

[15] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 154-164.

(上接第 76 页)

[11] 傅伯杰, 马利顶, 马诚. 土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 112-118.

[12] 方先知. 土地利用效率测度的指标体系与方法研究[J]. 系统工程, 2004(12): 22-26.

[13] 来海亮, 汪党献, 吴涤非. 水资源及其开发利用综合评价指标体系[J]. 水科学进展, 2006, 17(1): 95-101.

[14] 牟瑞芳. 县域农业土地利用多目标决策指标体系的研究[J]. 中国水土保持, 200(5): 14-16.

[15] 吴湘婷. 区域水资源可持续利用水平评价指标体系研究[J]. 人民黄河, 2007(6): 31-34.

[16] 李新举, 方玉东, 田素锋, 等. 黄河三角洲垦利县可持

续土地利用障碍因素分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 71-75.

[17] 陈莹, 赵勇, 刘昌明. 节水型社会的内涵及评价指标体系研究初探[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 21(2): 125-129.

[18] 何淑媛, 方国华. 农业节水综合效益评价指标体系构建[J]. 中国农村水利水电, 2007(7): 44-46.

[19] 李贵宾, 张文雷. 节水型社会建设评价指标体系简介[J]. 中国标准化, 2007(6): 6-8.

[20] 刘新卫, 张定祥. 安塞县粮食生产的资源高效利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 23(7): 65-72.