

# 基于GIS的天祝县耕地地力等级评价

曹雪敏<sup>1</sup>, 杨虎德<sup>2</sup>

(1. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 以甘肃省天祝藏族自治县耕地地力调查数据为基础, 在GIS的支持下, 采用土壤分布图、农用地地块图、灌溉分区图、地貌类型分区图、行政区划图叠置的方法划分评价单元, 系统聚类与Delphi法相结合筛选参评因素, 以层次分析法(AHP)确定其权重, 模糊评判法确定耕地地力等级等方法, 将县域耕地地力划分为5个等级, 并针对不同等级耕地的属性特征提出了合理利用和改良建议。

**关键词:** GIS; 耕地地力; 层次分析; 模糊评价; 天祝县

**中图分类号:** S159.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2013)11-0014-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2013.11.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2013.11.005)

## Evaluation of Cultivated Land Fertility Based on GIS in Tianzhu County

CAO Xue-min<sup>1</sup>, YANG Hu-de<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Soil and Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The article is based on the survey data of cultivated land fertility in Tianzhu Tibetan Autonomous County of Gansu Province, using Delphi approach, cluster analysis, analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy evaluation based on GIS to establish the combinative method of qualitative and quantitative for evaluating cultivated land fertility and to provide the scientific basis for management and sustainable utilization of cultivated land resources. The results showed that the fertility of cultivated land could be divided into five grades, and the suggestions rationally utilize and improve cultivated land resources were proposed to analyze the characteristics of the cultivated lands with different fertility and problems in utilization of cultivated land.

**Key words:** GIS; Cultivated land fertility; Analytic hierarchy process (AHP); Fuzzy evaluation; Tianzhu county

土壤是人们赖以生存和发展的最根本的物质基础, 土壤质量是土壤特性的综合反映, 可以指示土壤条件差异及其动态变化<sup>[1-2]</sup>。耕地地力是指在特定气候区域由地形、地貌、成土母质、土壤理化性状、农田基础设施及培肥水平等要素综合

构成的耕地生产能力, 因此, 耕地地力除了受土壤本身理化性质的影响以外, 还受到排灌能力等自然条件和人为因素的影响<sup>[3-6]</sup>。耕地地力评价不仅可以评估耕地的生产能力水平, 及时掌握耕地土壤的基础地理变化规律, 而且可以用于指导耕

收稿日期: 2013-08-02

基金项目: 公益行业(农业)专项经费项目“主要农区面源污染监测预警与氮磷投入阈值研究”(201003014)部分内容

作者简介: 曹雪敏(1988—), 女, 山西长治人, 在读硕士, 研究方向土壤环境。联系电话: (0)18298365074。E-mail: 1748237549@qq.com

通讯作者: 杨虎德(1967—), 男, 甘肃民勤人, 副研究员, 主要从事土壤环境数字及农业研究工作。联系电话: (0931)7614846。E-mail: eduhgnye@sina.com

处理增产472.0 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率9.06%, 增收238.55元/hm<sup>2</sup>。

### 参考文献:

- [1] 佟屏亚. 河西地区玉米制种基地考察报告[J]. 种子世界, 2005(5): 4-8.
- [2] 韩素梅, 邹丽. 设施栽培环境下不良外界因素对蔬菜生产的影响[J]. 蔬菜, 2011(10): 28-30.
- [3] 龙明杰, 张宏伟, 曾繁森. 高聚物土壤结构改良剂的研究[J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 584-589.

- [4] 龙明杰, 曾繁森. 高聚物土壤改良剂研究进展[J]. 土壤通报, 2000, 31(5): 199-202.

- [5] 秦嘉海, 金自学, 刘金荣. 含钾有机废弃物糠醛渣改土培肥效应研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 705-708.

- [6] 秦嘉海, 吕彪. 河西土壤与合理施肥[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2001: 150-155.

(本文责编: 陈伟)



2.1.2 遥感影像 SPOT 5 遥感影像, 运用 Erdas 8.7 进行几何校正、图像处理并进行信息提取。

2.1.3 野外调查资料 野外调查点数据主要包括采样点经纬度坐标、地形地貌、障碍因素、土壤类型、表层质地、土壤母质、土层厚度、灌排条件、耕地利用现状、作物长势产量、管理措施水平等。根据野外调查资料, 在 Access 平台下, 建立土样数据库<sup>[10]</sup>, 并生成土壤采样点点位分布图。

2.1.4 室内化验分析资料 包括 pH 值、有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、全钾、缓效钾、速效钾等养分含量。

2.1.5 土壤养分分布图 基于土壤采集样点分布图, 采用 ArcGIS 中的地统计分析克里格(Kriging)差值法形成土壤养分分布图(图 1), 包括 pH 值、有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、全钾、缓效钾、速效钾等矢量分布图。

2.2 研究方法

耕地地力评价是一种综合性的多因素评价, 难以用单一因素的方法划定<sup>[11]</sup>。我们采用“全国耕地地力调查与质量评价技术规程”推荐的方法, 即综合应用相关分析因子分析, 模糊评价、层次分析等数学原理, 结合专家经验并进行计算机拟合、插值分析等方法构建定性定量相结合的耕地地力评价方法。

2.2.1 评价单元确定 利用耕地分布图、土壤图(以图种图斑为基础)和土地利用现状图、行政区划图、灌溉分区图、地貌类型分区图叠加求交形成的图斑作为评价单元, 将全县共划分耕地地力评价的基本单元 7 495 个, 每个单元都有专门的特征属性, 单元内部土壤类型、利用方式、耕作方法、田间设施条件、理化性状等基本一致。

2.2.2 参评因素的选择 选取评价因素主要有 4 个原则<sup>[12]</sup>。一是对土地的生产力有比较大的影响; 二是在评价区域内变异较大, 便于划分土地等级; 三是以稳定性高的因子为主, 对一些影响农业生产的不稳定因子也予以考虑; 四是因素之间要求相关性极小或不相关, 相关性大不宜同时选择评价因素。采用定量和定性方法结合, 进行了参评因素的选取, 建立天祝县耕地资源管理信息系统, 采用综合指数法对耕地地力进行评价, 通过系统聚类方法筛选影响耕地地力的理化性质等定量指标, 利用 Delphi 法筛选影响耕地地力的立地条件、物理性状等定性指标, 最后选取 5 类约束因素(土壤养分、土壤管理、剖面构型、立地条件、障碍因素)、11 个指标(速效钾、有效磷、有机质、灌溉模数、灌溉保证率、剖面构型、质地、海拔、地貌类型、障碍层厚度、障碍层位置)作为天祝县耕地地力评价的参评指标(参评因素层次结构关系如图 2)。

地貌类型、障碍层厚度、障碍层位置)作为天祝县耕地地力评价的参评指标(参评因素层次结构关系如图 2)。

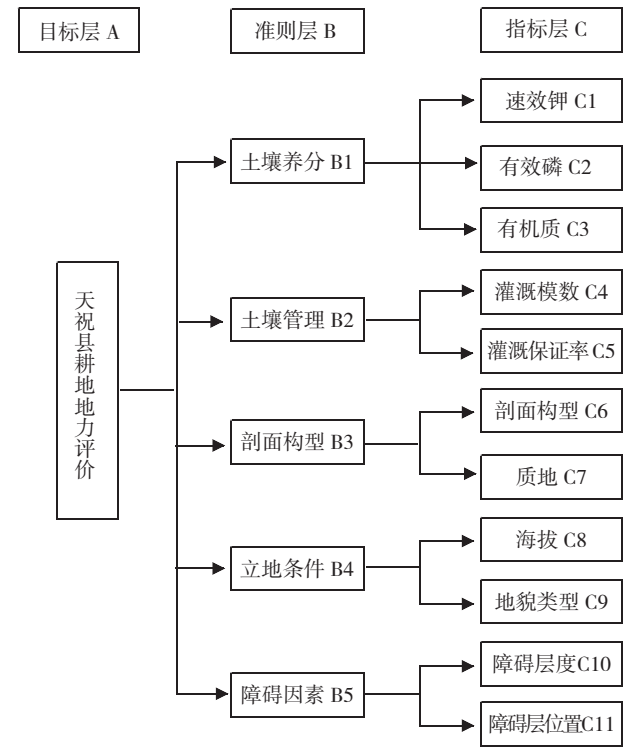


图 2 天祝县耕地地力评价因子层次结构

2.2.3 参评因素权重的确定 采用层次分析法(AHP), 在确定约束层和指标层的权重系数后, 将每个指标对应约束层的权重系数乘以约束层对耕地地力的权重系数<sup>[13]</sup>, 得到各参评因素的实际权重(表 1)。

表 1 天祝县耕地地力各评价因子权重

评价因子	土壤养分	障碍因素	剖面性状	立地条件	土壤管理	组合权重
	0.077 3	0.130 7	0.215 8	0.266 5	0.309 7	$\sum C_i A_i$
速效钾	0.113 5					0.008 8
有效磷	0.279 7					0.021 6
有机质	0.606 8					0.046 9
障碍层厚度		0.242 1				0.031 7
障碍层位置		0.757 9				0.099 1
剖面构型			0.726 1			0.156 7
质地			0.273 9			0.059 1
海拔				0.333 3		0.088 8
地貌类型				0.666 7		0.177 7
灌溉模数					0.202 0	0.062 6
灌溉保证率					0.798 0	0.247 1

2.2.4 参评因素的隶属函数拟合 将选定的评价指标与耕地生产能力的关系分为戒上型函数、戒

下型函数、峰型函数、直线型函数以及概念型函数5种类型的隶属函数，对不同类型的函数采用回归分析方法或Delphi法评估出相应的单因素隶属度，并且根据评估值拟合隶属函数。

2.2.5 综合指数计算与分级 资源管理信息系统采用加法模型计算耕地综合地力指数 (IFI)，根据综合指数的变化规律，运用累积曲线法确定等级标准，将天祝县耕地地力进行划分。

$$IFI = \sum_{i=1}^n F_i \times C_i (i=1, 2, \dots, n)$$

式中， $F_i$ 表示第*i*个因子隶属度， $C_i$ 表示第*i*个因素的权重。

### 3 结果与分析

#### 3.1 天祝县耕地地力等级划分

根据天祝县耕地地力综合指数结果，结合该地区的实际，将天祝县的耕地地力划分为5个等级，即一等耕地  $IFI > 0.5100$ ，二等耕地  $IFI$  为  $0.5100 \sim 0.4450$ ，三等耕地  $IFI$  为  $0.4450 \sim 0.4295$ ，四等耕地  $IFI$  为  $0.4295 \sim 0.3655$ ，五等耕地  $IFI < 0.3655$ 。各等级耕地比例相对较为均衡，其中一等耕地面积为  $0.81$  万  $hm^2$ ，占耕地总面积的  $14.6\%$ ；二等耕地面积为  $1.16$  万  $hm^2$ ，占耕地总面积的  $20.9\%$ ；三等耕地面积为  $1.62$  万  $hm^2$ ，占耕地总面积的  $29.2\%$ ；四等耕地面积为  $1.21$  万  $hm^2$ ，占耕地总面积的  $21.8\%$ ；五等耕地面积为  $0.75$  万  $hm^2$ ，占耕地总面积的  $13.5\%$  (表2、图3)。

表2 天祝县耕地地力等级分布情况

IFI	等级	评价单元数 (个)	耕地面积 (万 $hm^2$ )	所占比例 (%)
$>0.5100$	一等	1 031	0.81	14.6
$0.5100 \sim 0.4450$	二等	1 209	1.16	20.9
$0.4450 \sim 0.4295$	三等	2 364	1.62	29.2
$0.4295 \sim 0.3655$	四等	1 879	1.21	21.8
$<0.3655$	五等	1 012	0.75	13.5

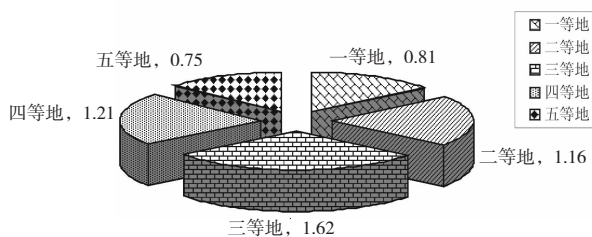


图3 天祝县不同等级耕地面积 (万 $hm^2$ )

#### 3.2 耕地地力等级的行政区域分布

由表3可以看出，天祝县一等耕地主要分布在打柴沟镇、华藏寺镇、哈溪镇、松山镇等庄浪河周边一带，二等耕地主要分布在哈溪、朵什、赛什斯、安远等乡 (镇)，三等耕地主要分布在松山、华藏寺、西大滩、赛什斯、祁连等乡 (镇)，四等耕地主要分布在松山、西大滩、安远、哈溪、朵什等乡 (镇)；五等耕地主要分布在大红沟、东大滩、打柴沟、旦马等乡 (镇)。

### 4 结论与建议

1) 评价结果将天祝县耕地地力划分为5个等级，

表3 天祝县各乡 (镇) 不同等级耕地分布情况

乡 (镇) 名称	耕地面积 (hm <sup>2</sup> )	一等地		二等地		三等地		四等地		五等地	
		面积 (hm <sup>2</sup> )	所占比例 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	所占比例 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	所占比例 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	所占比例 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	所占比例 (%)
安远镇	2 985.3	9.2	0.3	848.6	28.4	614.4	20.6	1 134.8	38.0	378.4	12.7
打柴沟镇	4 585.3	2 478.5	54.1	318.0	6.9	480.7	10.5	384.2	8.4	923.9	20.1
大红沟乡	3 714.4	39.6	1.1	1 087.6	29.3	48.4	1.3	748.3	20.1	1 790.4	48.2
旦马乡	1 760.1	0	0	116.5	6.6	567.7	32.3	428.1	24.3	647.8	36.8
东大滩乡	1 389.5	13.8	1.0	0	0	10.4	0.7	223.3	16.1	1 142	82.2
东坪乡	1 104.7	0	0	464.7	42.0	0	0	639.4	57.9	0.6	0.1
朵什乡	3 462.5	11.5	0.3	1 900.1	54.9	220.7	6.4	894.4	25.8	435.7	12.6
哈溪镇	4 816.6	1 384.9	28.8	1 910.4	39.7	265.5	5.5	999.9	20.7	255.9	5.3
华藏寺镇	5 434.4	1 804.9	33.2	189.4	3.5	3 117.9	57.4	168.8	3.1	153.5	2.8
毛藏乡	31.3	0	0	21.8	69.7	0	0	9.2	29.3	0.3	1.0
祁连乡	2 860.9	594.3	20.8	664.6	23.2	1 008.2	35.2	182.4	6.4	411.3	14.4
赛拉隆乡	56.9	0	0	10.8	19.0	2.8	4.8	43.3	76.2	0	0
赛什斯镇	3 911.4	58.4	1.5	1 765.0	45.1	1 312.9	33.6	764.0	19.5	11.1	0.3
石门镇	1 800.4	171.9	9.6	285.8	15.9	733.4	40.7	171.8	9.5	437.5	24.3
松山镇	9 621.7	1 116.4	11.6	192.5	2.0	4 282.0	44.5	3 539.2	36.8	491.6	5.1
炭山岭镇	1 026.6	0	0	777.9	75.8	192.9	18.8	40.9	4.0	14.8	1.4
天堂镇	1 609.6	82.1	5.1	325.2	20.2	756.1	47.0	362.6	22.5	83.6	5.2
天祝羊场	720.2	6.6	0.9	0	0	592.3	82.2	32.9	4.6	88.4	12.3
西大滩乡	3 737.6	7.0	0.2	574.3	15.4	1 778.4	47.6	1 223.1	32.7	154.7	4.1
抓喜秀龙乡	976.7	360.8	36.9	151.8	15.5	245.3	25.1	138.3	14.2	80.5	8.2

其中一等耕地面积为0.81万  $\text{hm}^2$ ，占耕地总面积的14.6%；二等耕地面积为1.16万  $\text{hm}^2$ ，占耕地总面积的20.9%；三等耕地面积为1.62万  $\text{hm}^2$ ，占耕地总面积的29.2%；四等耕地面积为1.21万  $\text{hm}^2$ ，占耕地总面积的21.8%；五等耕地面积为0.75万  $\text{hm}^2$ ，占耕地总面积的13.5%。

2) 天祝县一等耕地土壤类型主要以山地黑钙土和山地栗钙土为主，含有少量的潮土和草甸土。土壤质地以中壤为主，熟化土层厚度大多在60 cm以上，地貌类型主要为河谷平原区和浅山区，耕地灌排设施健全，灌溉保证率高，灌溉水质好，地势平坦，无明显障碍层，土壤理化性状良好，可耕性强，土壤肥力高。耕层土壤含有机质33.5 g/kg、全氮1.88 g/kg、碱解氮117 mg/kg、全磷1.00 g/kg、有效磷26.4 mg/kg、全钾19.1 g/kg、速效钾265 mg/kg、缓效钾1 287 mg/kg。在农业利用中应主要推广测土配方施肥技术，加强耕地保护。

二等耕地土壤类型主要以山地黑钙土和山地栗钙土为主，也有少量的山地褐土，土壤质地以中壤为主，土壤熟化层厚，地貌类型以中山区为主，少量分布在河谷平原区和浅山区，灌溉保证率较高，可耕性较强，土壤肥力较高。耕层土壤含有机质30.9 g/kg、全氮1.87 g/kg、碱解氮116 mg/kg、全磷1.00 g/kg、有效磷25 mg/kg、全钾19.4 g/kg、速效钾251 mg/kg、缓效钾1 295 mg/kg。在农业生产利用中，要加强农业灌溉，推广农田节水技术，调整作物种植结构，种植低耗水作物，重视有机肥的生产和使用。

三等耕地土壤类型以山地黑钙土和山地栗钙土为主，有少量山地灰褐土，土壤质地以均质中壤为主，灌溉保证率较差，地貌类型以浅山区为主，少量分布在中山区。土壤理化性状良，可耕性较强。耕层土壤含有机质33.4 g/kg、全氮1.98 g/kg、碱解氮110 mg/kg、全磷1.00 g/kg、有效磷24 mg/kg、全钾18.5 g/kg、速效钾281 mg/kg、缓效钾1 279 mg/kg。在农业生产中，应针对性的采取工程措施，加强和完善排水系统设施建设，增施有机肥料和秸秆还田，调整种植结构，推广农田节水技术。

四等耕地土壤类型以山地黑钙土和山地栗钙土为主，有少量山地灰褐土和亚高山草甸土，土壤质地中壤为主，主要为旱地，无灌溉条件。地貌类型以浅山区、中山区和亚高山区为主。耕层土壤含有机质32.4 g/kg、全氮1.88 g/kg、碱解氮112 mg/kg、全磷1.00 g/kg、有效磷23.6 mg/kg、全钾19.4 g/kg、速效钾260 mg/kg、缓效钾1 267 mg/kg。

在农业生产上应注意增施有机肥，推广地膜覆盖技术及储水保墒技术。

五等耕地土壤以山地栗钙土为主，有少量山地黑钙土、山地灰褐土和亚高山草甸土，土壤质地以中壤为主，无灌溉条件，地貌类型以浅山区和亚高山区为主。耕层土壤含有机质33.9 g/kg、全氮1.94 g/kg、碱解氮123 mg/kg、全磷1.00 g/kg、有效磷26.5 mg/kg、全钾19.8 g/kg、速效钾280 mg/kg、缓效钾1 295 mg/kg。在农业生产中，应推广地膜覆盖栽培技术，种植节水作物，推广储水保墒技术，或进行种植业结构调整，合理利用土地资源，开展退耕还草发展畜牧业。

#### 参考文献:

- [1] 丁文斌, 朱中华, 陶吉平, 等. 基于GIS的江苏省溧阳市耕地地力评价研究[J]. 农学学报, 2011, 1(2): 19-24.
- [2] 王良杰, 赵玉国, 郭敏, 等. 基于GIS与模糊数学的县级耕地地力质量评价研究[J]. 土壤, 2010, 42(1): 131-135.
- [3] 王静宇, 袁希平, 甘淑. 基于GIS技术的县域耕地地力评价—以云南省寻甸县为例[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2008, 33(3): 1-6.
- [4] 鲁明星, 贺立源, 吴礼树. 我国耕地地力评价研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15(4): 866-871.
- [5] 王瑞燕. GIS支持下的耕地地力等级评价[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 307-310.
- [6] 黄健, 李会民, 张惠琳, 等. 基于GIS的吉林省县级耕地地力评价与评价指标体系的研究[J]. 吉林农业科学, 2007, 32(1): 57-62.
- [7] 朱海媛, 陈英, 郭天文, 等. 基于GIS的庄浪县耕地地力等级评价[J]. 甘肃农业科技, 2011(6): 50-52.
- [8] 陈晓佳, 吕晓男, 麻万诸, 等. 基于GIS的耕地地力等级评价研究——以浙江省海宁市为例[J]. 浙江农业学报, 2008, 20(2): 100-103.
- [9] 陈署晃, 耿庆龙, 张昀, 等. 基于GIS的新疆县级耕地地力评价研究[J]. 新疆农业科学, 2010(1): 184-188.
- [10] 牛彦斌, 秦双月, 周亚鹏. GIS支持下的耕地地力评价方法研究[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(3): 84-88.
- [11] 赵越, 李品隽, 杨凤海, 等. 基于GIS的林口县域耕地地力评价[J]. 经济技术协作信息, 2011(24): 112-113.
- [12] 吴国庆. 土地资源利用合理性评价的原则指标体系及其方法初探[J]. 国土与自然资源研究, 1991(4): 19-23.
- [13] 方灿华, 马友华, 钱国平, 等. 基于GIS的明光市耕地地力评价[J]. 土壤肥料科学, 2008, 24(12): 308-312.

(本文责编: 王建连)