

# 基于 GIS 的青海省县级耕地地力评价研究

李月梅, 杨文辉, 韩 燕

(青海省农林科学院 土壤肥料研究所, 青海 西宁 810016)

**摘要:** 采用 GIS 技术和层次分析法、综合指数法等, 对青海省乐都县耕地地力进行科学评价。结果表明, 全县 24 982.44 hm<sup>2</sup> 耕地可分为 5 级, 其中, 一等地 IFI(地力综合指数) > 0.814, 面积为 858.29 hm<sup>2</sup>, 占总面积的 3.44%; 二等地 IFI 0.660~0.814, 面积 3 621.80 hm<sup>2</sup>, 占 14.5%; 三等地 IFI 0.455~0.660, 面积 8 002.61 hm<sup>2</sup>, 占 32.03%; 四等地 IFI 0.390~0.455, 面积 9 236.56 hm<sup>2</sup>, 占 36.97%; 五等地 IFI < 0.390, 面积 3 263.85 hm<sup>2</sup>, 占 13.06%。并采用归纳法, 建立了包含立地条件、理化性状和土壤管理等地力要素的乐都县耕地地力评价指标体系。

**关键词:** 地理信息系统(GIS); 青海; 耕地地力评价; 指标体系

**中图分类号:** S1 F301.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)09-0066-04

## GIS Evaluation of Integrated Soil Fertilities of Cultivated Lands in Qinghai Province

LI Yue-mei, YANG Wen-hui, HAN Yan

(Soil and Fertilizer Institute, Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Science, Xining 810016, China)

**Abstract:** GIS technology, layer analysis method and integrated fertility index evaluation method were applied to evaluate the soil fertilities of the cultivated lands in Ledu county, Qinghai province. The result showed that the cultivated farmland of 24 982.44 ha in the whole Ledu county was divided into 5 grades. The integrated fertility index (IFI) of the cultivated land at the first grade was bigger than 0.814, and its area was 858.29 ha, accounting for 3.44% of the total cultivated area; the IFI of the cultivated land at the second grade was 0.660—0.814, and its area was 3 621.80 ha, accounting for 14.5% of the total area; the IFI of the cultivated land at the third grade was 0.455—0.660 and its area was 8 002.61 ha, accounting for 32.03% of the total area; the IFI of the cultivated land at the forth grade was 0.390—0.455, and its area was 9 236.56 ha, accounting for 36.97% of the total area; the IFI of the cultivated land at the fifth grade was less than 0.390, and its area was 3 263.85 ha, accounting for 13.06% of the total area. By applying the induction method, the evaluation index system of integrated soil fertilities of the cultivated land in Ledu county was established, including the site condition, physical and chemical characters and soil management.

**Key words:** Geographical information system (GIS); Qinghai province; Evaluation of integrated fertilities of cultivated lands; Index system

耕地作为农业生产最重要的载体, 对农业可持续发展和国家粮食安全具有非常重要的战略意义。

耕地地力是指在特定区域内的特定土壤类型上, 立足于耕地自身素质, 针对地力建设与土壤改良目标

收稿日期: 2011-06-18

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2006BAD05B07)

作者简介: 李月梅 (1974-), 女, 青海乐都人, 副研究员, 主要从事土壤肥料与 GIS 方面的研究。

E-mail: yuemeili2002@hotmail.com

确定的地力要素总和,包括耕地的立地条件、土壤条件和农田基础设施及培肥水平等<sup>[1-2]</sup>。耕地地力评价即主要以利用方式为目的评估耕地生产潜力和土地适宜性的过程<sup>[3]</sup>。

青海省虽地域辽阔,但耕地所占比重很少,全省现有耕地仅 68.8 万  $\text{hm}^2$ 。随着经济社会的发展,耕地资源的保护面临极大的挑战且日趋严峻。在以往工作中,由于青海地处偏远,技术力量相对薄弱,对耕地地力的调查和评价仅局限于 20 世纪 80 年代初的第二次土壤普查,但由于时隔 20 多年,且早期评价注重于土壤肥力方面,所以据此制定的施肥方针已远不能适应当前的农业生产实际,也不利于土壤改良与耕地质量管理。近年来,随着“3S”技术在农业上的逐步应用,在数据更新、动态评价、评价精度方面取得了很大进展,结合层次分析、模糊数学等现代统计分析技术,国内陆续开展了不同空间尺度的耕地地力评价研究<sup>[4-10]</sup>,但对于青海高寒农区开展的耕地地力评价研究还鲜有报道。因此,利用现代先进的耕地地力评价理论和方法(如 GIS 技术、层次分析法等)对青海省耕地进行准确评价和认识,建立适合当地实际的耕地地力评价指标体系,是青海省土壤肥料工作者面临的紧迫任务。本研究借助于 GIS 技术,综合运用层次分析、模糊数学方法,以青海省乐都县为例开展耕地地力评价,对准确认识当地耕地地力状况,实现农业可持续发展具有重要意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 调查区的基本情况

乐都县位于青海省东北部湟水中下游地区,县境地处祁连山地,位于达板山与拉脊山之间的湟水流域中游地区。县境内总的地势西高东低,北部的松花顶、娘娘山、克生岭为达板山脉,南部的阿夷山、马阴山、花抱山、尕长峡为拉脊山脉,东西属峡谷,湟水自西向东横贯全境,两岸沟梁相间,山峦起伏,并与西端的大峡,东面的老鸦峡共同形成乐都盆地。地理位置在东经  $102^{\circ}09' \sim 102^{\circ}47'$ ,北纬  $36^{\circ}16' \sim 36^{\circ}46'$ ,湟水河由西向东中流全境,县境地处在河谷盆地与拉脊山和达板南北山麓间。县境内有湟水河与大通河两大水系。湟水河由西向东横贯全境,出老鸦峡到民和享堂汇入大通河。由于乐都县地处青藏高原边缘地带,夏季受印度洋季风和冬季西伯利亚寒流影响,形成四季不分明的高原半干旱大陆性气候。全县行政区域土地面积  $3\,050\text{ km}^2$ ,森林面积

26 万  $\text{hm}^2$ ,森林覆盖率 24.7%,耕地面积 24 982.44  $\text{hm}^2$ ,县内山地面积约为总面积的 80%以上。耕地土壤主要类型为栗钙土、灰钙土、黑钙土、潮土和新积土。

### 1.2 材料

图件资料:主要图件比例尺确定为 1:50 000,包括乐都县地形图,乐都县土壤图,行政区划图,乐都县土地利用现状图(1:10 000),乐都县降雨量等值线图,乐都县水分生态分区图。以上图件配准、坐标系定义用 Erdas 8.7 软件或 Arcgis 9.2 软件,图件矢量化用 Arcgis 9.2 软件实现,对完成的 coverage 格式图件构建拓扑、属性库,土地利用现状图矢量化用 mapgis6.7 软件。矢量化完成的图件均转换为 shape 格式,属性表转换为 dbf 格式。

数据及文本资料:主要有第二次土壤普查形成的《乐都县土壤普查报告》,乐都县乡村代码表,乡镇村人口汇总表,县级土种与省级土种对照表,2005—2008 年县统计资料,采样地块表,农户调查表,土壤测试表等。

### 1.3 耕地地力评价方法

1.3.1 评价单元确定 评价单元确定主要应用矢量化后的土地利用现状图、土壤图和行政区划图在 Arcgis 软件下叠加形成。行政区划图细划到村界,而土壤图则以县级土种为最小单位,土地利用现状图提取至各个地类图斑要素,以上 3 个图层叠加形成的耕地管理单元图,空间界线 and 行政隶属关系明确,土壤类型及土地利用方式清晰,此条件下得出的评价结果可应用于农业布局规划,指导农业生产实际,还可为测土配方施肥及实施精准农业奠定良好的基础。通过图件的叠置和检索,将乐都县耕地划分为 4 278 个评价单元。

1.3.2 确定评价因子 针对乐都县的耕地资源特点,从全国耕地地力评价指标体系总集中筛选出 9 个指标作为乐都县地力评价因子,分别为:海拔、降雨量、有机质、速效磷、坡度、田面坡度、灌溉能力、设施类型、质地。

1.3.3 确定各因子隶属度 对定量数据(数值型指标)采用隶属函数法和特尔斐法确定出各评价因子的实际值和代表生产力水平的隶属度(0—1 值)间隶属函数关系,将各评价因子的值代入隶属函数(表 1),计算出相应的隶属度。对定性数据(概念型指标)则采用特尔斐法直接给出相应的隶属度。其他定性数据隶属度见表 2、表 3、表 4。

表 1 乐都县定量数据评价指标隶属函数

项目	函数类型	隶属函数	标准指标值(C)	指标下限值(Ut1)	指标上限值(Ut2)
有效磷/(mg/kg)	戒上型	$y=1/(1+0.00021739 \times (u-c)^2)$	157.35	8.8	—
年降雨量/mm	峰型	$y=1/(1+0.000163(u-c)^2)$	380	349	575
田面坡度/°	负直线型	$y=0.96667-0.03065x$	0	27	—
海拔/m	负直线型	$y=1.7388-0.004333x$	1800	3200	—
有机质/(g/kg)	戒上型	$y=1/(1+0.00631(u-c)^2)$	37.96	1.5	—
坡度/°	负直线型	$y=0.99851-0.01718x$	0	49	—

表 2 质地隶属度及其描述

质地	紧砂	松砂	重黏	中黏	砂壤	轻黏	轻壤	重壤	中壤
隶属度	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.65	0.75	0.8	0.9

表 3 设施类型(蔬菜地)隶属度及其描述

描述	大田	阳光温室	温床
隶属度	0.4	0.7	0.6

表 4 灌溉能力隶属度及其描述

描述	充分满足	基本满足	一般满足	无灌溉
隶属度	0.9	0.6	0.3	0.1

1.3.4 各评价因子权重 采用层次分析法确定每一个评价因素对耕地地力贡献大小。采用的主要方法和步骤:确定耕地地力(A)为目标层,B为准则层,C为指标层。根据专家评比,依据9项指标要素间的关系构造层次结构图,比较同一层次各因素对上层次的相对重要性,请专家给出数量化的评估,经多轮反复形成最终的判断矩阵,并计算层次分析结果(表5)。

表 5 层次分析结果

准则层 B	指标层 C	单因子权重 $B_i$ & $C_i$	组合权重 $\sum C_i B_i$
理化性状		0.1114	
土壤管理		0.3389	
立地条件		0.5497	
理化性状	质地	0.1818	0.0203
	有效磷	0.2727	0.0304
	有机质	0.5455	0.0608
土壤管理	设施类型	0.2500	0.0847
	灌溉能力	0.7500	0.2542
立地条件	坡度	0.0828	0.0455
	田面坡度	0.2531	0.1391
	海拔	0.3310	0.1820
	年降水量	0.3331	0.1831

### 1.3.5 计算耕地地力综合指数

乐都县耕地地力综合指数计算采用加法模型得出。主要依据各评价指标的权重和标准化取值,采用累加的方法,得出每个评价单元的综合地力指数。

$$IFI = \sum F_i \times C_i B_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, n)$$

式中:IFI代表耕地地力指数;F为第i个因素的评价评语;Ci为第i个因素的组合权重。

## 2 结果与分析

### 2.1 地力评价分级结果

根据综合地力指数分布,采用累积曲线法确定分级方案。经计算可知,乐都县耕地地力评价单元综合地力指数处于0.3259~0.83212。结合乐都县实际,利用累积曲线法将乐都县耕地分为5个等级,综合地力指数  $IFI > 0.814$  为一等地,  $0.660 \sim 0.814$  为二等地,  $0.455 \sim 0.659$  为三等地,  $0.390 \sim 0.454$  为四等地,  $< 0.390$  为五等地。

乐都县现有农田耕地 24 982.44 hm<sup>2</sup>,其中,旱田 18 362.88 hm<sup>2</sup>,占总面积的 73.5%,水浇地 6 220.32 hm<sup>2</sup>,占 24.90%;菜地 318.33 hm<sup>2</sup>。根据评级结果,全县耕地共划分 5 个等级,其各等级面积分布见表 6。

表 6 乐都县农田耕地地力分级统计结果

地力等级	地力综合指数 分级 (IFI)	耕地面积/ hm <sup>2</sup>	占总面积/ %
一	$> 0.814$	858.29	3.44
二	$0.660 \sim 0.814$	3 621.80	14.50
三	$0.455 \sim 0.659$	8 002.61	32.03
四	$0.390 \sim 0.455$	9 236.56	36.97
五	$< 0.390$	3 263.85	13.06
合计		24 982.44	100.00

### 2.2 各评价要素分析

按照耕地地力要素的概念,参评的 9 个评价指标可以划分为立地条件、理化性状与土壤管理等三大要素。并通过归纳法,归纳出各个地力等级(1—5 个等级)的评价指标体系(表 7)。

2.2.1 立地条件 包括耕地的年降水量、海拔、坡度、田面坡度等。一、二等地为高产地区,主要分布有海拔 2 129 m 以下,降水量在 400 mm 以下的川水、沟岔地区,坡度小于 10°,其田面坡度均小于 2°,皆为较平坦的地块;三、四等地大都处在坡度 15°左右的地块,其海拔也相对一、二等地较高,平均在 2 500 m 左右,降水量虽较一、二等地有所提高,但由

于地处浅山区域,蒸发量较大,所以此区域农业生产中水是主要的限制因素;五等地大部分处在海拔大于 2800 m 的地区,即脑山地区,地形起伏不平,坡度和田面坡度均大于 10°。

2.2.2 理化性状 包括耕层质地、有机质和有效磷等。总体来看,乐都县耕地质量属中等水平,基础地力较好,土壤养分较丰富。一、二等地土壤质地均属

于适于耕作的中壤,而三、四、五等地则均为质地较差的松砂。由于乐都县境的土壤分布具有明显的立体特点,自川水地区的一、二等地至脑山地区的五等地,其土壤有机质呈明显的增加趋势,但耕地地力等级则呈相反的规律。耕层理化性状在总体耕地地力评价中的作用相对较轻,层次分析结果表明,耕层质地、有机质和有效磷的权重指数和只占 11.15%。

表 7 乐都县耕地地力要素汇总

地力要素	指标	一等地	二等地	三等地	四等地	五等地
立地条件	年降水量/mm	400	356	418	426	478
	海拔/m	2 129	2 015	2 461	2 625	2 816
	坡度/°	8.4	4.2	14	16	13
	田面坡度/°	0	0.01	1.7	5.4	17
理化性状	质地	中壤	中壤	松砂	松砂	松砂
	有机质/(g/kg)	17	16	17	18	24
	有效磷/(mg/kg)	50	57	37	31	29
土壤管理	灌溉能力/%	70	70	21	0.28	0
	设施类型	大田	大田	大田	大田	大田

2.2.3 土壤管理 包括灌溉能力和设施类型。一、二等地由于地处灌溉便利的河湟川水地区,具有悠久的种植历史和较高的生产水平,田间沟渠设施较为完善,从而保证了较高的灌溉能力(70%);而三等地处于川水和浅山交错区,有时可以进行灌溉,但在四、五等地则是乐都县的典型“雨养农业区”,灌溉能力为 0。

参考文献:

[1] 王蓉芳,曹富有,彭世琪,等.中国耕地基础地力与土壤改良[J].北京:中国农业出版社,1996.

[2] 赵其国,孙波,张桃林.土壤质量与持续环境.土壤质量的定义及评价方法[J].土壤,1997(3):113-120.

[3] 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.

[4] 鲁明星,贺立源,吴礼树,等.基于 GIS 的华中丘陵区耕

地地力评价研究[J].农业工程学报,2006,22(8):96-101.

[5] 王瑞燕,赵庚星,李涛,等. 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] 林碧珊,汤建东,张满红.广东省耕地地力等级研究与评价[J].生态环境,2005(1):149-153.

[7] 吴立忠,郭世乾,张保田.基于 GIS 的黄土高原丘陵沟壑区的耕地地力评价研究——以天水市麦积区耕地地力评价为例[J].中国农业资源与区划,2009,30(6):35-41.

[8] 董雪莲.富裕县耕地地力评价与种植业布局探讨[J].现代农业科技,2011(2):311-312.

[9] 牛彦斌,许噪,秦双月,等. 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.

[10] 李铮,王晋民,王海景.耕地地力调查成果在耕地资源合理配置方面的探索与应用[J].山西农业科学,2006,34(1):16-18.