

基于GIS的秦安县耕地地力评价单元划分

蔡立群^{1,2}, 张兴嘉^{1,2}, 董博³

(1. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070;

2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 将数字化好的秦安县土壤图、土地利用现状图、行政区划图叠加求交生成耕地资源评价单元,并分别对评价单元数据层中实体面积小于7 000、15 000 m²的小多边形进行合并及不合并多边形,从而对三种不同的小多边形合并方法产生的评价单元分别进行耕地地力评价结果比较。结果表明:以实体面积小于15 000 m²合并多边形得到的评价单元,由于评价单元面积较大,致使地貌类型作为评价因子的贡献率较小,从而影响评价结果,导致评价结果与实际情况存在较大差异;不合并多边形得到的评价单元,由于评价单元过小,定点测到的数据空间插值后不能具体到很小面积的区域上,从而影响评价结果。结论:地貌类型作为重要的参评因子及研究区域地域面积大小共同决定评价单元面积的大小。

关键词: 耕地地力评价;评价单元;3S技术

中图分类号: F301.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0224-07

国外耕地地力评价总体上经历了定性、定量评价阶段。总体来说,20世纪60年代以后,尤其是随着GIS技术、信息技术、最优化计算机技术的发展,国外土地评价研究中定量模拟模型应用更为广泛,这一阶段评价已经开始步入半定量、基本量化时期,且进一步向着综合化、多元化、精确化、量化、生态化和动态化方向发展^[1]。

耕地地力评价中评价单元是由对土地质量具有关键影响的各土地要素组成的基本空间单位,耕地地力评价就是要通过对每个评价单元的评价来确定其地力级别,最终把评价结果落实到实地,并编绘耕地地力等级图^[2]。目前,耕地地力评价单元的划分方法很多,但无统一方法,通常采用以下几种:地块法,其操作的关键是基础图件的选择和对分等区域实际情况的了解;网格法,此方法优点是简单,问题在于土地评价单元的土地性质获取较困难;叠置法,此方法评价结果容易落实到地面上,便于对现有土地利用的适用性做出评定,利于土地利用规划和土地利用结构的调整以及科学管理土地,这样确立的评价单元综合性强,考虑全面,其缺点是工作量大,成本增加^[3]。

评价单元划分的差异及大小的不同,致使单元内所包含的信息及反应的因素变化差异也不同。地貌类型、研究区域面积大小以及测土配方数据的有效性共同决定研究区域评价单元的大小^[4]。所以评价单

元划分的精度,直接关系到耕地地力等级的准确性,它是做好耕地地力评价工作的基础和先决条件^[5]。鉴于此,本研究通过开展不同评价单元对评价结果的影响,以期区域耕地地力评价提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

秦安县位于甘肃省东南部,天水市之北,渭河支流葫芦河下游。地处东经105°20′~106°20′之间,北纬34°44′~35°11′,属天水市辖县。县内海拔在1 180~2 000 m之间,县域东西长约65 km,南北宽约50 km,地势西北高而东南低。全县总面积为1 601.6 km²,辖5个镇、12个乡。多年平均气温10.4℃,秦安县总的气候特征是:气候温和,日照充足,降水较少,干旱频繁,夏无酷暑、冬无严寒,大陆季风气候显著。秦安县水系以纵贯南北的葫芦河水系为主,是渭河大支流之一,自南而北纵贯秦安中部。其东西两侧地势渐高,四大支流从两侧汇入葫芦河,东为清水河和南小河,西侧有显清河和西小河。秦安县县域内耕地土壤主要有褐土、红土、黄绵土、黑垆土、潮土、淀土和冲积土7个土类,14个亚类,35个土属,57个土种。据2009年末统计,县辖17个乡(镇),总人口61.61万人,乡村户12.39万户,乡村人口57.47万人,占总人口的93.28%,乡村劳动力29.84万人,劳动力资源丰富。2009年农业总产值(当年价)84 767

收稿日期:2011-12-14

基金项目:甘肃省科技支撑计划(1104NKCA093)

作者简介:蔡立群(1976—),男,甘肃永昌人,博士,副教授,主要从事恢复土壤学方面的教学与研究。E-mail: cailq@gsau.edu.cn。

通讯作者:张兴嘉(1986—),男,甘肃张掖人,硕士研究生,主要研究方向为恢复生态学。E-mail: zhangxj_52066@126.com。

万元,其中种植业 69 115 万元,农民人均纯收入 2 442 元。

1.2 数据库基础资料

空间数据包括行政区划图、土地利用现状图、土壤图、地形图。属性数据中较稳定的指标数据来源于第二次土壤普查后秦安县编写的《秦安县土壤志》^①,而土壤养分数据是 2008 年采样所获得的分析数据。

1.3 研究方法

本研究利用 ArcGIS9.2 和 MapGis6.7 等 GIS 软

件作为空间数据处理工具,在 Excel 数据统计分析等应用软件中处理属性数据。采用叠置法得到评价单元,运用模糊评价法确定评价因子的隶属度,运用层次分析法确定评价因子的权重值,然后采用累加法计算出耕地的综合地力指数,运用累积频率曲线法划分出地力等级,生成耕地地力评价等级图,再利用 ArcGIS 的叠加功能将不同大小评价单元得到的耕地地力等级图进行叠加,得到评价结果对比图,最后运用归纳法进行对比分析,见图 1。

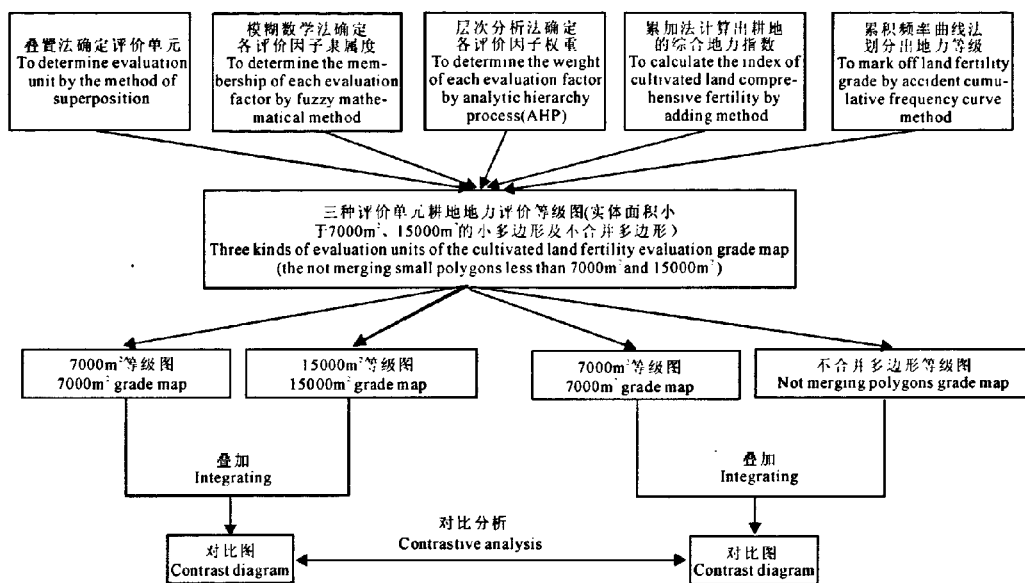


图1 技术流程图

Fig.1 Flow chart of technology

2 耕地地力评价

2.1 评价单元的确定

本研究根据评价单元划分的原则以及数据结构的特点,采用叠置法,将数字化好的秦安县土壤图、土地利用现状图、行政区划图叠加求交生成耕地资源管理单元图。此方法生成的评价单元内土壤种类相同,土地利用类型相同,区位、交通、水利条件、经营集约程度等基本一致。评价单元界线由形成耕作地块的线状地物以及权属界线围成^[6]。

利用县域耕地资源管理信息系统和 Arcgis 9.2,采取与相关属性数据相关联的土壤图、土地利用现状图、行政区划图叠加求交以后,将实体面积小于 7 000 m² 的小多边形在兼顾土壤属性的情况下与相

邻的多边形进行合并,最终生成了秦安县耕地资源管理单元图,共生成 10 995 个管理单元,其中耕地单元总面积为 84 250.28 hm²,最小管理单元耕地面积为 0.70 hm²,最大管理单元耕地面积为 249.51 hm²,平均为 7.66 hm²;将实体面积小于 15 000 m² 的小多边形在兼顾土壤属性的情况下与相邻的多边形进行合并共生成 9 003 个管理单元,其中耕地单元总面积为 84 250.28 hm²,最小管理单元耕地面积为 1.03 hm²,最大管理单元耕地面积为 249.51 hm²,平均为 9.36 hm²;不对评价单元进行合并,共生成 19 431 个管理单元,其中耕地单元总面积为 84 250.28 hm²,最小管理单元耕地面积为 1.03 m²,最大管理单元耕地面积为 234.82 hm²,平均为 4.34 hm²。

① 秦安县土壤办公室.秦安县土壤志,1957.

2.2 评价指标的确定

参考农业部“全国耕地地力调查与质量评价”指标体系,结合秦安县耕地资源特点,依据重要性、差异性、稳定性、易获取性、必要性、精简性 6 个原则^[7]。采用特尔斐法从全国 66 个“评价指标”中选

取了 8 个指标作为秦安县耕地地力评价指标,见表 1。

以不同实体面积合并小多边形得到 3 种不同的评价单元,均选取 8 个相同的评价指标进行评价。

表 1 秦安县耕地地力评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of farmland fertility in Qin'an County

准则层 Criterion layer	指标 Index	准则层 Criterion layer	指标 Index
气候 Climate	≥10℃ 积温 Accumulated temperature	剖面性状 Profile character	耕层厚度 Thickness of arable layer
	年降水量 Annual precipitation		质地构型 Texture configuration
立地条件 Site condition	坡度 Slope gradient	耕层养分状况 Nutrient status of arable layer	有机质 Organic matter
	地貌类型 Geomorphological type		有效磷 Available P

2.3 单因素评价

采用模糊评价方法评价单因素指标。选取的指标分为数值型和概念型指标。数值型指标采用特尔斐专家评估法,建立评价指标实际值和代表生产力水平隶属度(0~1 值)间的隶属函数关系,通过这种

函数关系,模糊评价每一个评价单元,详见表 2;概念型指标评价采用专家经验法,直接对评价单元进行模糊评价,详见表 3。以实体面积小于 7 000、15 000 m² 合并多边形及不合并多边形得到的评价单元均用以上方法进行单因素评价。

表 2 数值型评价指标隶属函数

Table 2 The membership function of evaluation indexes of the numerical model

函数类型 Function type	项目 Items	函数关系式 Functional relation	C 值 C value	U _i 值 U _i value
戒上型 A type	≥10℃ 积温 Accumulated temperature	$y_i = 1/[1 + a(u - c)^2]$	3282.222	2300
	年降水量 Annual precipitation	$y_i = 1/[1 + a(u - c)^2]$	685.9616	330
	耕层厚度 Thickness of arable layer	$y_i = 1/[1 + a(u - c)^2]$	27.6971	10
	有机质 Organic matter	$y_i = 1/[1 + a(u - c)^2]$	22.7326	9
	有效磷 Available P	$y_i = 1/[1 + a(u - c)^2]$	25.5158	7.3
戒下型 B type	坡度 Slope gradient	$y_i = 1/[1 + a(u - c)^2]$	0.9946	43

表 3 概念型评价指标隶属度

Table 3 Membership function of the conceptual evaluation indexes

质地构型 Texture configuration	隶属度 Degree of membership	质地构型 Texture configuration	隶属度 Degree of membership	质地构型 Texture configuration	隶属度 Degree of membership	地貌类型 Geomorphologic type	隶属度 Degree of membership
夹壤黏土 Clamp loam clay	0.55	均质中壤 Medium loam	1.00	砂身轻壤 Light loam sand body	0.75	河流低阶地 Low river terrace	0.94
夹壤重壤 Clamp heavy loam soil	0.35	均质重壤 Heavy loam	0.40	夹砂中壤 Clamp sand medium loam	0.70	高黄土脊梁 High loess hilly beam	0.60
夹壤中壤 Clamp medium loam soil	0.80	壤身重壤 Heavy loam soil body	0.45	夹砂重壤 Clamp sand heavy loam	0.30	低黄土脊梁 Low loess hilly beam	0.72
夹砂黏土 Sand clay	0.50	砂底轻壤 Sand bottom light loam	0.65	均质黏土 Clay	0.60		
均质砂壤 Sandy loam	0.9						

2.4 确定评价指数权重

本研究对实体面积小于 7 000、15 000 m² 合并多边形及不合并多边形得到的评价单元均选用层次分

析法来确定指标权重,根据专家评比,依据 8 个评价指标要素间的关系,构造层次结构图,获得各个因素的权重。根据县域耕地资源管理系统计算所得到的

组合权重即为各耕地地力评价因子的权重值,见表 4。

表 4 耕地地力评价因子及权重

Table 4 Evaluation factors and weight of cultivated land fertility

项目 Items	气候 Climate	耕层养分状况 Nutrient status of arable layer	剖面性状 Profile character	立地条件 Site condition	组合权重 Combination weight
权重 Weight	0.0878	0.1649	0.2771	0.4702	$\sum C_i A_i$
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 Accumulated temperature	0.3731				0.0328
年降水量 Annual precipitation	0.6269				0.0551
有效磷 Available P		0.2325			0.0383
有机质 Organic matter		0.7675			0.1265
质地构型 Texture configuration			0.6667		0.1847
耕层厚度 Thickness of arable layer			0.3333		0.0924
坡度 Slope gradient				0.2444	0.1147
地貌类型 Geomorphological type				0.7561	0.3555

2.5 计算耕地地力综合指数

本研究采用加法模型计算实体面积小于 7 000、15 000 m² 合并多边形及不合并多边形得到的评价单元的耕地地力综合指数。其函数关系如下式:

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

式中,IFI 代表耕地地力综合指数; F_i 代表第 i 个因素评语(隶属度); C_i 代表第 i 个因素的组合权重,即为该参评因素对耕地地力的贡献率,采用层析分析法结合专家评估法求得(表 5)。

表 5 起始分相同耕地地力综合指数对比

Table 5 Comparison of fertility indexes of cultivated land with the same starting point

等级 Grade	起始分 Starting point	7 000 m ²		15 000 m ²		不合并 No combination	
		单元(%) Unit	面积(%) Area	单元(%) Unit	面积(%) Area	单元(%) Unit	面积(%) Area
1	0.7950	3.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.7100	12.4	9.7	3.4	2.2	3.4	1.2
3	0.6800	21.3	28.2	3.7	2.3	4.2	1.7
4	0.6320	35.1	39.4	34.2	41.9	33.1	39.1
5	0.0000	27.9	20.4	58.7	53.6	59.3	58.0

3 结果与分析

3.1 不同评价单元评价结果对比

根据《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》^[8],选用等间距法,应用累加模型计算耕地生产性能综合指数(IFI)。将秦安县耕地地力分为 5 个等级,设定 3 种评价单元耕地地力综合指数的起始分值,对比分析 3 种评价结果的差异。由表 5 可知,秦安县耕地分布为:一等地占耕地总面积的 2.2%,二等地占 9.7%,三等地占 28.2%,四等地占 39.4%,五等地占 20.4%。将一等地起始分值设置为 0.7950,以实体面积小于 7 000 m² 合并的评价单元,所得到的评价结果为一等地面积占总耕地面积的 2.2%,而以实体面积小于 15 000 m² 及不合并多边形的评价

单元得出的评价结果没有出现一等地,起始分相同的前提下,三种不同的评价单元在各个等级所占比例均不同。由此可以说明:大小不同的评价单元会导致评价结果存在明显差异。

通过对起始分值的调整,将 3 种评价单元的耕地等级都划分为 5 级且各等地所占总面积比例一致,得出 3 种评价单元得分情况累积曲线,如图 2 所示。以实体面积小于 7 000 m² 合并多边形的评价单元得出的累积曲线分布均匀,曲线斜率的突变点(拐点)和划分综合指数的临界点较清晰,因此以实体面积小于 7 000 m² 合并多边形的评价单元得出的累积曲线更符合耕地地力评价的要求,同时反映出评价单元大小的差异导致评价结果发生变化。

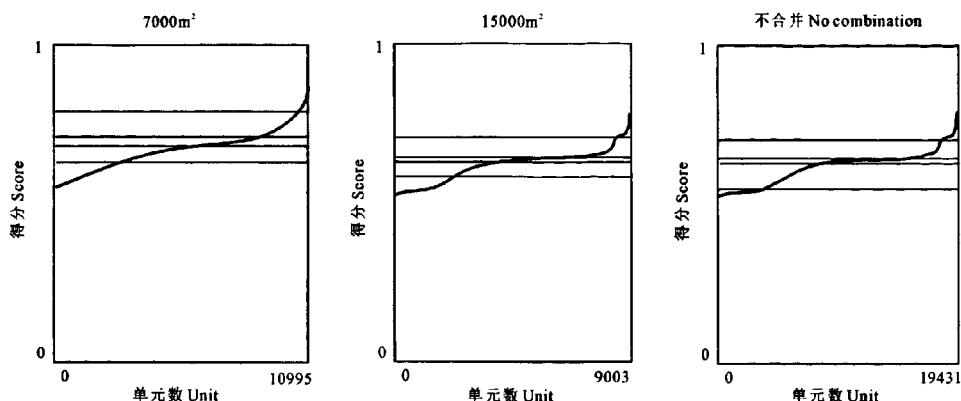


图 2 评价单元得分累积曲线

Fig. 2 The curve of score accumulation of evaluation unit

3.2 评价结果存在差异的原因分析

通过对比分析确定以实体面积小于 $7\,000\text{ m}^2$ 合并多边形的评价单元得到的评价结果更符合当地的实际情况。利用 Arcgis 的叠加功能,将 $15\,000\text{ m}^2$ 与不合并多边形的评价单元得出的评价结果分别与 $7\,000\text{ m}^2$ 的评价结果进行拟合,得到地力等级在区域上的变化情况,对比分布区域的变化,分析评价结果产生差异的原因。

通过叠加处理, $7\,000\text{ m}^2$ 与 $15\,000\text{ m}^2$ 评价单元的地力等级有 40% 的区域发生了变化,一等地变二等地与二等地变一等地的分布区域较小,主要分布在清水河川道区和葫芦河川道区两侧;二等地变三等地与二等地变四等地主要分布在陇城镇与王尹乡,此区域地貌类型主要为低黄土塬梁;三等地变四等地与四等地变三等地分布区域较大,在秦安县域内均有分布,此区域主要为低黄土塬梁和高黄土塬梁区;五等地变四等地主要分布在王甫乡和王窑乡,主要为高黄土塬梁区。由此可以看出评价单元的大小对评价结果影响较大,主要原因可能为秦安县属黄土丘陵区,存在山地地貌,地貌类型作为重要的评价因子对评价结果有决定性的作用,以实体面积小于 $15\,000\text{ m}^2$ 合并多边形得到的评价单元,由于评价单元面积较大,无法有效区分秦安县存在的河流低阶地、低黄土塬梁、高黄土塬梁三种地貌类型,致使地貌类型作为评价因子的贡献率较小,从而影响评价结果(见图 3)。

利用 Arcgis 将 $7\,000\text{ m}^2$ 与不合并多边形评价单元的地力等级叠加处理,评价结果有 46% 的区域发生变化(见图 4)。一等地变二等地、二等地变一等地、二等地变三等地、二等地变四等地分布区域较

小,主要分布在清水河与葫芦河流域两侧的河流低阶地和低黄土塬梁区,并且形成交叉分布。三等地变四等地、四等地变三等地、四等地变五等地、五等地变四等地分布区域较大,在秦安县的各个乡镇都有分布,地力等级发生变化的区域主要是低黄土塬梁和高黄土塬梁区。主要原因可能是秦安县总面积为 $84\,250.28\text{ hm}^2$,而不合并多边形得到的评价单元最小面积仅为 1.03 m^2 ,由于测土配方化验数据有限,定点测到的数据空间插值后不能具体代替较大面积上的平均值,同时也不能具体到很小面积的区域上,且通过空间插值得到的评价因子对不同的评价单元的评价结果起着关键作用,这是直接造成偏差的原因^[9]。另外,由于采样点的化验测试数据存在一定的误差,对评价结果也会产生影响。

4 结论与讨论

本研究以秦安县耕地作为地力评价对象,结合秦安县耕地地力评价工作,针对不同大小评价单元对评价结果的影响展开研究。得到实体面积小于 $7\,000$ 、 $15\,000\text{ m}^2$ 及不合并多边形评价单元的评价结果,对其进行对比分析,得出以下结论:

1) 以实体面积小于 $7\,000\text{ m}^2$ 合并多边形得到的评价单元的评价结果更符合当地的实际情况与耕地地力评价的要求。

2) 对评价单元的大小进行不同的划分,通过比较不同评价单元的评价结果,发现丘陵、山区地貌类型作为重要的评价因子时评价单元面积不宜过大。评价单元面积较大,致使地貌类型作为评价因子的贡献率较小,从而影响评价结果。

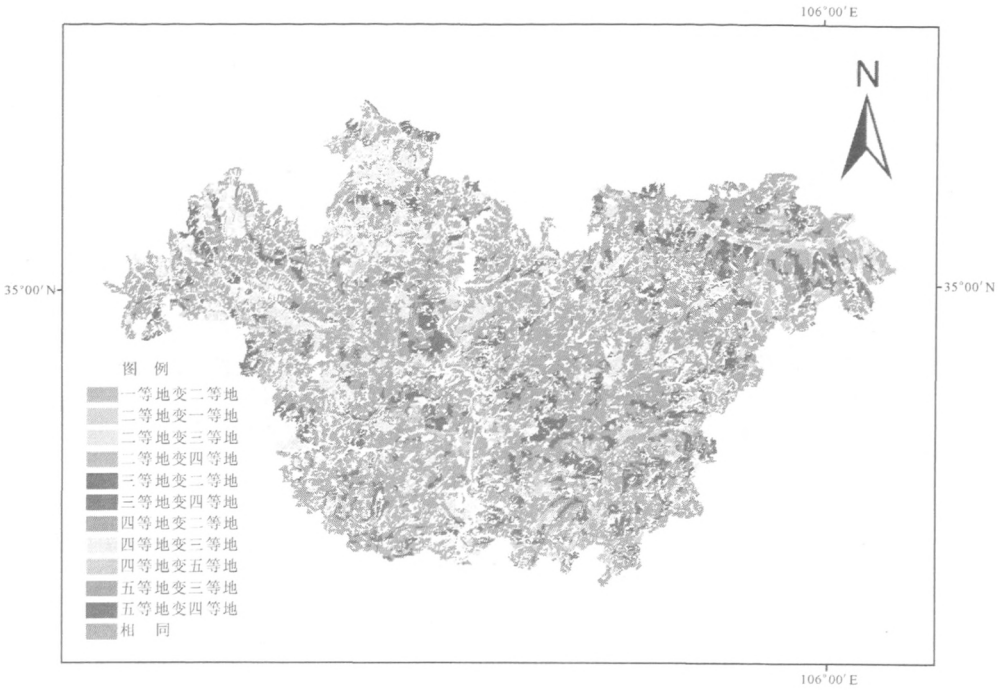


图 3 两种标准得到耕地地力评价结果变化情况(7 000 m² 与 15 000 m²)

Fig.3 Changes of land fertility evaluation result of two standards (7 000 m² and 15 000 m²)

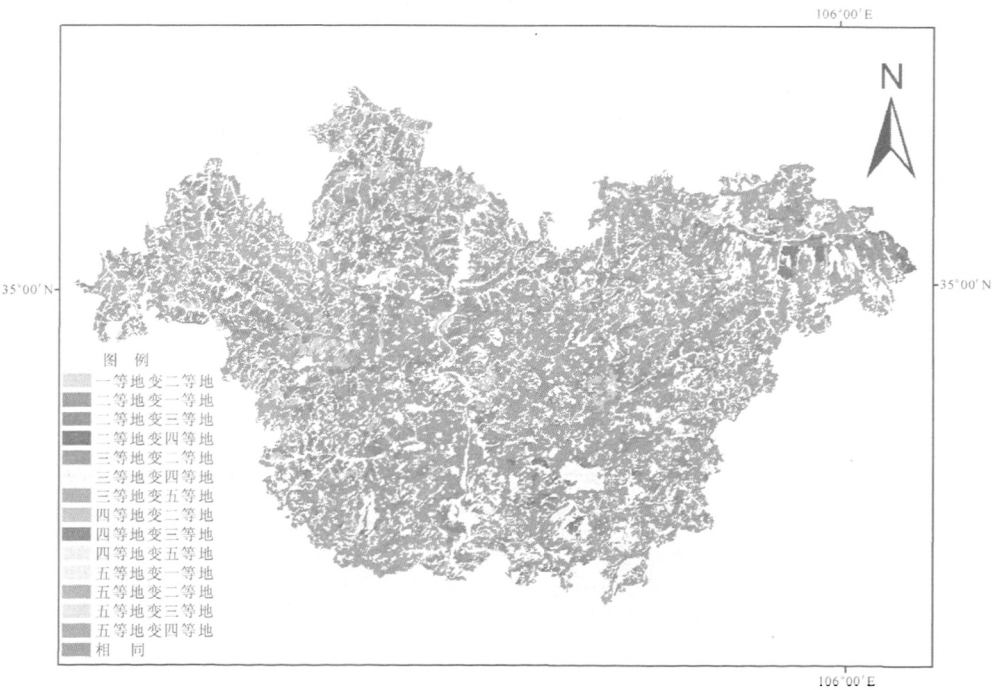


图 4 两种标准得到耕地地力评价结果变化情况(7 000 m² 与不合并多边形)

Fig.4 Changes of land fertility evaluation result of two standards (7 000 m² and no merge polygons)

3) 通过比较不同评价单元的评价结果,得出研究区域地域面积的大小决定评价单元的大小。由于测土配方化验数据有限,对于地域面积较大的区域,评价单元不宜过小,定点测到的数据空间插值后不能具体到很小面积的区域上,从而影响评价结果。

耕地地力评价单元的确定及评价单元精度的划分,在目前中国耕地地力评价工作中还没有统一的方法^[10-13]。本研究针对秦安县实际情况,最终确定以实体面积小于 7 000 m² 合并多边形得到的评价单元为最理想的评价单元,事实上不同地区评价单元大小的确定对评价结果差异性具有很大影响,对评价单元大小的确定要突出山地、丘陵、平原的差异,综合考虑地貌类型、研究区域地域面积大小等因素,从而使研究更具有说服力,提高耕地信息的有效性和准确性^[14-16]。

参考文献:

- [1] 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, 18(2): 41-43.
- [2] 付金霞,常庆瑞,李粉玲,等. 基于 GIS 的黄土高原地貌复杂区县域耕地地力评价——以陕西省澄城县为例[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 21(4): 56-58.
- [3] 孔 源. GIS 在耕地地力评价中的应用研究[D]. 云南: 云南大学, 2011.
- [4] 牛彦斌. 地理信息系统支持下的耕地地力等级划分[D]. 河北: 河北农业大学, 2004.
- [5] 龙惠芳,郭 熙,赵小敏,等. 基于 GIS 的县域耕地地力评价研究——以江西省乐平市为例[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(2): 359-361.
- [6] 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): 34-36.
- [7] 高 英. 湖北省区域耕地地力评价指标体系研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [8] 王蓉芳,曹富有,彭世琅,等. NY/T309-1996. 全国耕地类型区、耕地地力等级划分[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 1996.
- [9] 唐群锋,魏志远. 基于 GIS 的县域耕地资源数据库建立及耕地地力评价[J]. 中国农学通报, 2006, 22(10): 390-396.
- [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): 85-88.
- [11] Pollini. Splitting of core-level lines in photoemission spectra of transition metal compounds[J]. Philosophical Magazine, 2005, 22(8): 1478-1452.
- [12] 曹阿翔,何 方. 固镇县耕地地力评价两种方法的比较研究[D]. 安徽: 安徽农业大学, 2009.
- [13] 牛彦斌,许 晔,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.
- [14] 曹明星,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.
- [15] 马廷刚. 关中地区县域耕地地力评价研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [16] 吴鹏飞,孙先明,龚素华,等. 耕地地力评价可持续发展方向探讨[J]. 土壤, 2011, 43(6): 876-882.

Unit division for cultivated land evaluation in Qin'an County based on GIS

CAI Li-qun^{1,2}, ZHANG Xing-jia^{1,2}, DONG Bo³

(1. Key Laboratory of Drought Habitat Crop Science of Gansu Province, Lanzhou 730070, China;

2. College of Resources and Environmental Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The cultivated land resource evaluation units in Qin'an were generated by integrating the digital soil map, present landuse map and administrative map, with merging and not merging small polygons less than 7 000 m² and 15 000 m² of the evaluation unit data layer respectively, and the evaluation results of cultivated land fertility were compared of the evaluation units produced by merging small polygon with three different methods. The results show that for the evaluation unit through merging polygon less than 15 000 m², the evaluation unit area is large and the contribution rate of the physiognomy types as evaluation factors is small, which impacted the evaluation results and lead to great difference between evaluation result and the actual situation; Because the area of the evaluation units without merging polygon is too small, the designated measuring for data space interpolation can't specific to a very small area, thereby affecting the evaluation results. The conclusion is: the landscape as an important factor and the size of regional area decides the size of the area of evaluation unit.

Keywords: land evaluation; evaluation unit; 3S Technology