

基于GIS的绿洲农田土壤养分现状及地力评价研究

吕宁,吕新,张泽,李新伟,王海江,陈剑

(新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室,新疆石河子832003)

摘要:在GIS支持下运用模糊评价法、层次分析法、地力综合指数法,对农五师81团耕地土壤养分现状及耕地地力进行自动化、定量化评价。结果表明:研究区6291.65 hm²耕地,分为6级,1级地面积196.71 hm²占评价面积的3.13%,2级地面积480.37 hm²占评价面积的7.64%,3级地面积825.48 hm²占评价面积的13.12%,4级地面积1709.68 hm²占评价面积的27.17%,5级地面积2312.05 hm²占评价面积的36.75%,6级地面积767.36 hm²占评价面积的12.20%。所建立的量化和半量化耕地地力评价指标体系,及获取的各耕地地力等级面积数据及其分布信息、改良措施,经实地调查分析,符合当地实际。

关键词:耕地地力评价;GIS;层次分析;模糊评价

中图分类号: S15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)02-0008-06

耕地是土地的精华,是农业生产最重要的资源,耕地地力的好坏直接影响到农业的可持续发展和粮食安全^[1],及时掌握耕地资源数量、质量及其变化情况^[2],对耕地的可持续利用和建设都有着现实意义。运用不同方法对耕地地力评价有许多报导:如秦明周等针对权重指数和法容易受到主观因素等影响的缺点,在开封市的研究中采用修正的内梅罗(Nemero)评价模型,突出土壤属性因子中最差因子对土壤质量的影响^[3]。王建国研究了模糊数学在土壤质量评价中的应用,总结了土壤养分含量、质地等单因素模型并尝试用模糊乘积法进行了土壤质量综合评价^[4]。冶军等利用主成分分析法对新疆棉田进行了质量评价,结果表明:根据主成分的综合得分划分棉田等级与其它评价方法得出的结论一致^[5]。王瑞燕等运用系统聚类方法、层次分析法、模糊评价方法和数学模型成功地实现了山东青州耕地地力自动化、定量化评价^[6]。本研究在前人研究基础上,针对评价目标单一,综合性、实用性差,难于应用实现土壤改良与耕地质量管理等的实际问题,以新疆生产建设兵团农五师81团为例,建立起适合本区实际的耕地地力评价指标体系,查清该区耕地基础生产能力、土壤肥力状况及土壤障碍因素,为耕地的持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆生产建设兵团农五师81团地处中国西北

边陲新疆维吾尔自治区博乐市境内,位于准格尔盆地西缘,现有土地面积12533.33 hm²,可垦面积8000 hm²,耕地6533.33 hm²。地势西北高东南低,坡降2.5‰~4.5‰,属大陆性中温带干旱气候区,日照充足,蒸发量大,降水量小,无霜期160~180 d,适宜棉花生长,植棉水平较高。

1.2 数据库基础资料

1.2.1 属性数据 收集整理该团第二次土壤普查历史数据以及该团2010年测土配方施肥项目的野外调查、农户调查、土壤样品测试和田间试验示范数据。

1.2.2 空间数据 空间数据资料为该团土地利用现状图、行政区划图等图件(比例尺均为1:50000)。

1.3 研究原理与方法

采用ArcGIS Desktop9.3作为GIS支撑平台,Spss17.0、Access2003、Excel等为数据处理平台,以条田地块为评价单元,采用特尔斐法与层次分析法相结合的方法确定权重,根据作物效应曲线建立数值型指标的隶属度函数,概念性指标用专家打分法给出隶属度值。最后通过加权求和法计算耕地综合地力指数,运用自然等间距法划分出地力等级,生成耕地地力评价等级图。

1.4 耕地地力评价

1.4.1 评价单元的确定 本研究结合研究区域的特点、原有资料的可靠性和完整性以及可利用的技术和设备等情况,选择用地块法划分评价单元,评价单元数共计729个。

收稿日期:2011-09-22

基金项目:新疆产学研重大专项-精准农业与信息技术应用与示范(2007ZX03);国家自然科学基金(30760104)

作者简介:吕宁(1986—),男,甘肃敦煌人,硕士,研究方向为作物信息技术与精准农业。E-mail:1234lvning@sina.com。

通讯作者:吕新(1964—),男,河北安国人,博导,教授,博士,研究方向为作物信息技术与精准农业。E-mail:lxshz@126.com。

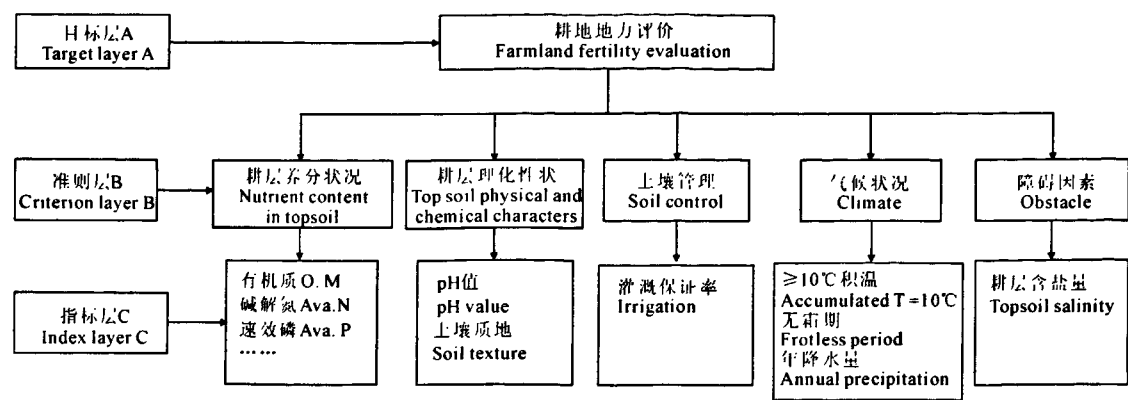


图 1 耕地地力评价指标体系

Fig.1 Evaluation index system of farmland fertility

1.4.2 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,结合农五师 81 团耕地资源特点,根据可获取性、差异性、重要性、稳定性等^[7]原则,建立耕地地力评价指标体系,共 5 个准则层,16 个指标层(图 1)。

1.4.3 单因素评价 根据作物效应曲线建立有机质、碱解氮等数值型评价指标的隶属度函数,并计算出隶属度值^[8-10],对概念型定性因子采用专家打分

法,表示各评价指标的状态值(见表 1~2)。

1.4.4 确定指标因子权重 根据农五师 81 团耕地土壤的实际情况以及有关专家和有实践经验的技术人员的意见,采用层次分析法^[11]确定每一个评价因素对耕地地力贡献大小。不同层次之间进行重要性判断,得到各层之间的判断矩阵^[12],进而得到各个层次的权重系数,并通过一致性检验(见表 3)。

表 1 S型隶属度函数曲线转折点的取值

Table 1 Value of turning point in S-type function

转折点 Turning point	有机质 O.M (g/kg)	碱解氮 Avai. N (mg/kg)	速效磷 Avai. P (mg/kg)	速效钾 Avai. K (mg/kg)	耕层 含盐量 Salinity(%)	有效铜 Avai. Cu (mg/kg)	有效铁 Avai. Fe (mg/kg)	有效锌 Avai. Zn (mg/kg)	有效锰 Avai. Mn (mg/kg)	有效硼 Avai. B (mg/kg)
X1	5	30	5	50	0.3	0.5	2.5	0.5	1	0.25
X2	25	150	25	200	2	5	5	5	30	2

表 2 概念型评价指标隶属度

Table 2 The membership degree of evaluation indicators in concept

积温 Accumulated T	≤2000℃	2000℃~2200℃	2200℃~2400℃	≥2400℃					
隶属度 Membership degree	0.21	0.45	0.65	0.85					
灌溉保证率 Irrigation	充分满足 Enough	基本满足 Basically enough	一般满足 Generally enough	不能满足 Not enough					
隶属度 Membership degree	1	0.8	0.7	0.4					
质地 Soil texture	中壤土 Medium loam	重壤土 Heavy loam	轻粘土 Light clay	中粘土 Medium clay	轻壤土 Light loam	重粘土 Heavy clay	砂壤土 Sandy loam		
隶属度 Membership degree	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3		
降水量(mm) Precipitation	>1200	800	400	200	≤50				
隶属度 Membership degree	1	0.8	0.6	0.4	0.1				

表 3 耕地地力评价因子及权重
Table 3 Weights of farmland fertility evaluation factors

评价指标 Evaluation factor	土壤养分 Soil nutrient	土壤理化 Soil P&C	土壤管理 Soil control	气候条件 Climate	障碍因素 Obstacle	组合权重 Combined weight
	0.3819	0.1732	0.1681	0.1432	0.1336	
有机质 O.M	0.1495					0.0571
碱解氮 Avai. N	0.2124					0.0811
速效磷 Avai. P	0.0984					0.0376
速效钾 Avai. K	0.1057					0.0404
有效铜 Avai. Cu	0.0783					0.0299
有效铁 Avai. Fe	0.0915					0.0349
有效锌 Avai. Zn	0.0932					0.0356
有效锰 Avai. Mn	0.0817					0.0312
有效硼 Avai. B	0.0893					0.0341
pH 值		0.4132				0.0716
土壤质地 Soi texture		0.5868				0.1016
灌溉保证率 Irrigation			1			0.1681
积温 Accumulated T				0.4241		0.0607
无霜期 Frostless period				0.3754		0.0538
年降水量 Annual precipitation				0.2005		0.0287
土壤含盐量 Salt content					1	0.1336

1.4.5 计算耕地地力综合指数 (IFI) 利用累加模型计算耕地综合地力指数 (IFI), 即对应于每块条田的综合评价评语。

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

式中, IFI (integrated fertility index) 代表耕地地力综合指数; F_i 表示第 i 个因素隶属度; C_i 表示第 i 个因素的组合权重^[13]。

2 结果与分析

2.1 耕地土壤养分状况

本研究土壤养分均按农业部耕地地力调查要求进行测试分析, 各养分含量均值与二次土壤普查对比见表 4。

表 4 土壤养分与二次普查数据对比
Table 4 Data of soil nutrients in contrast with that of the second census

时间 Time	有机质 O.M (g/kg)	碱解氮 Avai. N (mg/kg)	速效磷 Avai. P (mg/kg)	速效钾 Avai. K (mg/kg)	有效锌 Avai. Zn (mg/kg)	有效铁 Avai. Fe (mg/kg)	有效锰 Avai. Mn (mg/kg)	有效铜 Avai. Cu (mg/kg)
二次普查 Second census	22.3	58.80	14.00	302.00	0.7	6.9	1.93	1.03
2010 年均值 Mean value of 2010	13.80	72.11	11.40	246.04	0.72	3.97	7.68	1.13
二次普查分级标准 Criterion of grade	偏低 Low	偏低 Low	适宜 Moderate	极高 High	适中 Moderate	缺 Deficit	适中 Moderate	丰 Sufficient

由表 4 知, 目前研究区土壤养分状况与 1982 年土壤普查时相比: 有机质普遍下降, 20 多年来有机质含量从 22.3 g/kg 降低至 13.80 g/kg, 处于偏低水平, 主要是耕地开发程度过快过高, 重视用地而轻视养地, 不重视有机肥、农家肥施用, 突出表现在农家肥施用面积及绿肥种植面积大为减少等, 而为增加产量化肥用量成倍增加; 碱解氮含量虽升高至 72.11 mg/kg, 但总体依然处于偏低水平, 主要是历年来为追求高产取得高经济效益, 施肥缺乏科学指导, 化学

氮肥使用量高, 而利用率较低, 再加之干旱区绿洲土壤保肥保水能力差, 土壤养分流失严重, 因而土壤中总的养分处于偏低水平; 速效磷含量虽降低至 11.40 mg/kg, 但总体处于适宜水平, 主要是该区磷素含量相对比较稳定, 磷肥投入应适当有所控制; 速效钾含量降至 246.04 mg/kg, 虽有所降低但总体处于极高水平, 主要是二次普查时土壤速效钾相当丰富, 历年来农民习惯于不施钾肥, 钾肥投入量都极少, 加之投入土壤中的有机肥料也不足, 致使土壤中钾素有所

亏损,因此,在施基肥时应适度补充钾肥。微量元素方面:有效锌上升 0.2 mg/kg 总体上处于适中水平;有效铁下降至至目前的 3.97 mg/kg,下降了 2.93 mg/kg,总体上处于偏低水平;而有效锰、有效铜总体上处于适中水平;因此,在微肥投入方面应适度补充铁元素。

为便于管理及应用,依据 1982 年土壤二次普查养分分级标准,利用 ArcGIS9.3 专题图制作和地理

分析功能,绘制了研究区土壤养分含量分级图。由于篇幅限制,本文仅列有机质含量分级图(见图 2)。

2.2 耕地地力等级划分

本研究根据《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》(NY/T309-199)标准,选用等间距法^[14],应用累加模型计算 IFI,将农五师 81 团耕地地力分为 6 个等级,同时应用 ArcGIS 9.3 生成了耕地地力等级图(见图 3),成果更直观,更便于管理和应用。

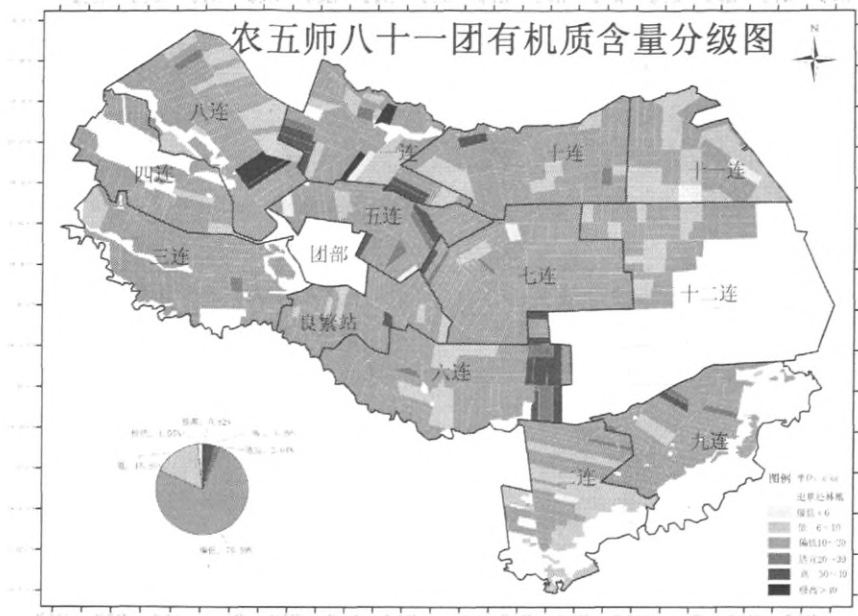


图 2 研究区有机质含量分级图

Fig.2 Grade of organic matter content in study area

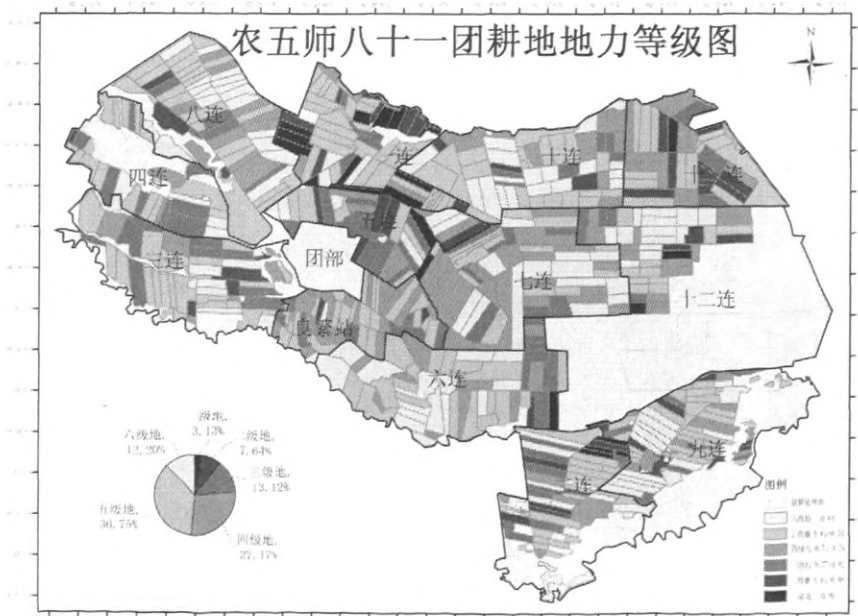


图 3 耕地地力等级图

Fig.3 Map of productivity grade of farm land

2.3 各等级耕地的面积统计及培肥措施

研究区可耕面积 6 533.33 hm²,此次涉及耕地

地力评价面积 6 291.65 hm²,占耕地面积 96%,分为六级,评价结果见表 5。评价图见图 3。

表 5 耕地地力等级划分及面积统计

Table 5 Farmland fertility evaluation and area statistics

指标 Index	一级地 Grade 1	二级地 Grade 2	三级地 Grade 3	四级地 Grade 4	五级地 Grade 5	六级地 Grade 6
地力综合指数 IFI	> 0.89	0.83 ~ 0.88	0.77 ~ 0.82	0.71 ~ 0.76	0.65 ~ 0.70	< 0.64
面积 Area(hm ²)	196.71	480.37	825.48	1709.68	2312.05	767.36
百分比 Percentage	3.13%	7.64%	13.12%	27.17%	36.75%	12.20%
归入全国耕地地力等级 Grade in national standard	四级地 Grade 4	五级地 Grade 5	六级地 Grade 6	七级地 Grade 7	八级地 Grade 8	九级地 Grade 9

由图 3、表 5 可知:一、二级耕地为高产田,面积 677.08 hm²,占评价面积的 10.77%,主要分布于 5、7、11 连。土层深厚土壤养分水平高,质地适宜,质地构型好,保水保肥性好,排水良好,防护林体系较完善,易于耕作,应切实加强对该等耕地的保护,严格做到用地养地,持续利用。三、四级地为中产田块,面积 2 535.17 hm²,占评价面积的 40.29%,主要分布于 2、5、6、8、9、12 连。土壤质地中、轻壤,结构良好,肥力中等,适种范围较广,应进一步培肥,主要措施:加大宣传力度,从减少肥料投入成本出发,激发农户施农家肥积极性,将厕所、牲畜圈等有机肥,集中堆放腐化后施入土壤,协调土壤中各种营养元素的比例,进一步提高产量。五级地为低产田块,面积 2 312.05 hm²,占评价面积的 36.75%,主要分布于 1、3、6、10 连,受棉价上涨影响,连续多年植棉,甚至 5~8 a 不倒茬,病害加剧,地力大减,土壤养分含量相对较低,是本区低产农田,应加强农田基本建设,应在植棉 2~3 a 后倒茬种植甜菜加速耕地转化;落实秸秆还田,将麦秆、玉米秆、棉花秆粉碎秋翻作底肥,适度施有机肥、化肥等,实行有机无机结合,改良土壤理化性状,提高本级土地的产出水平。六

级地为极低产田,面积 767.36 hm²,占评价面积的 12.20%,养分含量最低,土壤质量差,肥力贫瘠,农业生产限制性较大,对农作物选择性强,种植决策部门应在政策以及资金上扶持团场职工农户,优先种植耐瘠薄、耐盐碱苜蓿、饲草、黄豆等养地作物,同时重施油渣,科学合理施用化肥,增加土层厚度,建立排灌、防护林体系,提高保水保肥能力,注重长期的综合治理与改良。

进一步对各等级地养分指标进行统计(表 6)发现,各地力等级之间各指标均值有较好的区分度,表明本研究所用方法能准确对研究区域土壤肥力进行科学评价;总体上地力等级越高,土壤养分的平均含量也越高,而 pH 值、总盐的平均值越低。虽然研究区耕层含盐量、pH 值总体并不高,但部分地区土壤盐碱高仍然是其肥力提高的障碍因素;本区土壤盐分以硫酸盐为主,部分为氯化物型,盐碱地改良的主要任务是防治土壤次生盐碱化,具体改良措施是完善区域控制性排水工程,挖渠降低地下水位,洗盐灭碱;对于土壤粘重含盐量较高的耕地,可掺沙改善土壤物理结构;同时,注意渠道防渗,大力植树造林,发展节水灌溉。

表 6 研究区域各肥力等级指标均值

Table 6 Average values of each grade of soil fertility indexes in the study area

土壤地力等级 Fertility grade	有机质 O.M (g/kg)	碱解氮 Avai. N (mg/kg)	速效磷 Avai. P (mg/kg)	速效钾 Avai. K (mg/kg)	有效铜 Avai. Cu (mg/kg)	有效铁 Avai. Fe (mg/kg)	有效锌 Avai. Zn (mg/kg)	有效硼 Avai. B (mg/kg)	有效锰 Avai. Mn (mg/kg)	pH	耕层含 盐率(%) Salinity
六级地 Grade 6	9.62	39.46	6.84	184.71	0.59	1.98	0.28	0.44	4.56	8.01	0.43
五级地 Grade 5	12.62	66.70	10.51	218.17	0.99	3.59	0.51	0.82	7.24	7.99	0.41
四级地 Grade 4	14.52	80.53	13.06	265.54	1.29	4.47	0.81	1.35	8.31	7.93	0.39
三级地 Grade 3	18.61	97.48	13.20	336.20	1.62	5.63	1.40	2.16	10.50	7.89	0.36
二级地 Grade 2	21.99	107.95	15.27	383.67	1.94	6.62	2.08	3.12	11.50	7.88	0.28
一级地 Grade 1	29.76	110.60	18.68	470.87	2.26	7.30	2.92	3.27	10.55	7.75	0.22

3 结论与讨论

1) 目前研究区土壤养分状况与1982年土壤普查时相比:耕层有机质,平均含量13.80 mg/kg,属偏低水平;耕层碱解氮,平均含量为72.11 mg/kg,属偏低水平,速效磷平均含量11.40 mg/kg,多数耕地处于适宜水平;速效钾含量普遍较高。因此,在农业生产应遵守“稳氮、控磷、适当补钾肥及微肥、多施有机肥”总体施肥原则。

2) 本研究在GIS支持下应用AHP等方法进行耕地地力评价虽比较系统全面,但获取指标数据工作量大,计算步骤繁杂;以条田地块为单位,结果可能会有一定误差,但获取的观测数据与实际情况相比,较为可靠,提高了评价结果的科学性。地力评价将研究区耕地分为六级地、客观地得出耕地地力等级,其中:一、二级耕地占评价面积的10.77%,三、四、五级地占评价面积的77.04%,表明研究区耕地总体上地力属于中等水平,获取了各地力等级面积及其分布信息并提出了合理的改良措施,经实地调查评价结果较好地反映了研究区域的土壤性状,可为农业规划提供决策依据。

3) 耕地地力评价指标体系的不统一是目前中国耕地地力评价工作中最主要的问题^[15]。本研究参考农业部“全国耕地地力调查与质量评价”指标体系,结合农五师81团耕地资源特点,选择了耕层养分状况、耕层理化性状、土壤管理、气候状况、障碍因素等5个方面16个因素建立耕地地力评价指标体系,达到了量化和半量化的要求,对新疆生产建设兵团其它团场绿洲农田耕地质量建设的科学化有着

很好的现实指导意义。

参考文献:

- [1] 徐志平.福建省耕地基础地力评价及可持续利用对策[J].福建农业学报,2003,18(3):134-138.
- [2] 程晋南.基于GIS的县域耕地地力评价、动态分析及改良利用研究[D].泰安:山东农业大学,2009.
- [3] 秦明周,赵杰.城乡结合部土壤质量变化与可持续利用对策——以开封市为例[J].地理学报,2000,55(5):545-554.
- [4] 王建国.模糊数学在土壤质量评价中的应用研究[J].土壤学报,2001,38(1):176-185.
- [5] 冶军,吕新.主成分分析在棉田质量评价中的应用[J].石河子大学学报(自然科学版),2004,22(4):289-291.
- [6] 王瑞燕,赵庚星,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.
- [7] 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,2010,47(1):184-188.
- [8] 吕新,寇金梅,李宏伟.模糊评判方法在土壤肥力综合评价中的应用研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):56-59.
- [9] Burrough P A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation[J]. Journal of Soil Science, 1989, 40:477-490.
- [10] 孙林,张桃林,赵其国.我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J].土壤学报,1995,32(4):362-369.
- [11] 刘黎明.土地资源调查与评价[M].北京:中国农业大学出版社,2005.
- [12] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [13] 田有国,辛景树.耕地地力评价指南[M].北京:中国农业科学技术出版社,2006.
- [14] 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):359-363.
- [15] 袁秀杰,赵庚星.平原和丘陵区耕地地力评价及其指标体系衔接研究[J].农业工程学报,2008,(7):65-70.

Research on soil nutrient status and soil fertility evaluation based on GIS

LÜ Ning, LÜ Xin, ZHANG Ze, LI Xin-wei, WANG Hai-jiang, CHEN Jian

(Key Laboratory of Oasis Ecology and Agriculture of Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Under the support of GIS, fuzzy evaluation method, analytic hierarchy process (ahp) and synthetic index method were used to evaluate the fertility of cultivated land in a state farm in Xinjiang. The results suggested that the study area of 6 291.65 hm² farmland could be divided into six grades, grade one was 196.71 hm², grade two was 480.37 hm², grade three was 825.48 hm², grade four was 1 709.68 hm², grade five was 2 312.05 hm² and the grade six was 767.36 hm², and the fertility of grade one to six accounted for 3.13%, 7.64%, 13.12%, 27.17%, 36.75%, 12.20% respectively. The field survey and analysis show that the local actual conditions are in line with these results, such as the established quantitative and half quantitative index system for farmland fertility evaluation, the obtained information of the area of each grade of farmland fertility and its distribution as well as the improvement measures put forward.

Keywords: evaluation of farmland fertility; GIS; AHP; fuzzy evaluation