

基于 RS 和 GIS 的耕地资源质量评价^①

——以浙江省富阳市为例

姚赫男, 李 艳, 曹 宇*

(浙江大学公共管理学院土地管理系, 杭州 310029)

摘 要:开展耕地质量调查与评价对更科学地利用有限的耕地资源、提高综合生产能力、遏制耕地质量退化、确保地力等有十分必要的作用。本研究综合运用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术,对研究区 Landsat TM 多光谱影像进行了定量分析,最终将富阳耕地质量划分为 5 个等级。结果表明,一级耕地只占了 0.28%,二、三级耕地占了约 70%,较差的耕地占了约 30%。在此基础上分析了各等级耕地的分布情况并提出了改进建议,探讨了基于 RS 和 GIS 技术进行耕地质量评价的意义。

关键词:富阳;耕地质量评价;评价因子;RS;GIS

中图分类号:P208;P95

耕地地力的概念是指耕地的基础地力,是由耕地土壤的地形、地貌条件、成土母质特征、农田基础设施及培肥水平、土壤理化性状等综合构成的耕地生产力^[1]。随着我国社会主义现代化进程的进一步加快,长期的掠夺式开发经营使我国的耕地地力和耕地环境质量正在逐步恶化^[2-4]。人类诱导的耕地变化及其对生态环境和人类生活的影响已经引起了人们的广泛关注^[5]。

20 世纪 90 年代起,随着 GIS 等新技术和新方法在耕地评价中得到广泛应用^[6-9],已有部分研究对耕地质量做了不同维度上的评价,评价类型有:耕地土壤质量评价、农用地分等定级与估价、耕地适宜性评价、农业生产能力评价、基于农户的耕地质量评价等^[10],在此基础上形成了较为完善的评价方法体系“压力-状态-响应”框架(PSR),并在实际生产生活中得到了较好的应用。近期有研究基于 GIS 空间分析技术和层次分析法(AHP),利用遥感数据,提取各项评价指标信息,进行空间权重叠加,获得最小评价单元,最后将耕地质量划分为所需等级^[11]。

浙江省富阳市作为我国长江中下游平原地区的重要农业耕作区域,针对其耕地资源状况及其耕地质量评价的研究报告鲜有报道,因此,本研究基于遥感与 GIS 技术手段,构建完善的富阳市耕地质量评价

体系,客观、定量地评价其耕地资源质量状况,对于维持区域农业持续发展具有重要的现实意义。

1 研究区概况

富阳市位于浙江省西部,地理坐标为 119°25′ ~ 120°19′30″E、29°44′45″ ~ 30°11′58.5″N。东接杭州市萧山区,南连诸暨市,西邻桐庐县,北与临安市、余杭区、西湖区毗邻。市境东西长 68.67 km,南北宽 50.37 km。总面积 1 831.2 km²。富阳市地势自西南向东北倾斜,地貌以“两山夹江”为特点,天目山余脉绵亘西北,仙霞岭余脉蜿蜒于境内东南和西南部,平均海拔 300.5 m。全市河流均属钱塘江水系,富春江横贯市境中部,流程 52 km,沿钱塘江注入东海。全市低山、丘陵面积广大,地貌类型复杂。境内低山、丘陵面积 1 385 km²,占全市总面积 75.7%,水面积占 5.6%,平原谷地占 18.7%。境内平原,根据成因和地表形态,分为沿江平原和新登盆地。沿江平原自西南向东北延伸,两侧宽窄不等,面积 279.7 km²,为境内耕地最集中分布区,占市境耕地总面积 50%以上,海拔在 8 ~ 10 m,坡度 1° ~ 2°。近年来,富阳市在加快城乡经济社会发展中,加大对农业农村基础设施建设的投入,农业主导产业得到巩固壮大,产业化经营步伐加快,取得了较好的成效。

①基金项目:国家自然科学基金项目(30700098、40701007)和浙江省自然科学基金项目(Y507207)资助。

* 通讯作者(caoyu@zju.edu.cn)

作者简介:姚赫男(1990—),女,天津人,学士,主要从事土地资源管理、GIS 等方面的研究。E-mail: yaohenan@zju.edu.cn

2 数据与方法

2.1 遥感影像处理

本文采用2007年3月29日的Landsat TM影像为基础数据源,提取耕地质量信息,建立耕地质量评价体系。同时采用了2007年的研究区域调查资料(包括土地利用现状图、行政区划图、土壤类型图等)。基于遥感的耕地质量评价,需对研究区域的遥感影像

进行预处理,以更好地满足研究需要。本研究利用Erdas Image 8.6软件对研究区遥感影像进行了几何校正、研究区范围裁剪、图像增强等处理分析。

2.2 耕地信息提取

基于富阳市遥感影像数据,结合野外实地调查资料,本研究依据土地利用现状分类标准(GB/T 21010-2007),综合利用Erdas Image 8.6与ArcGIS 9.3生成了富阳市土地利用图(图1)。

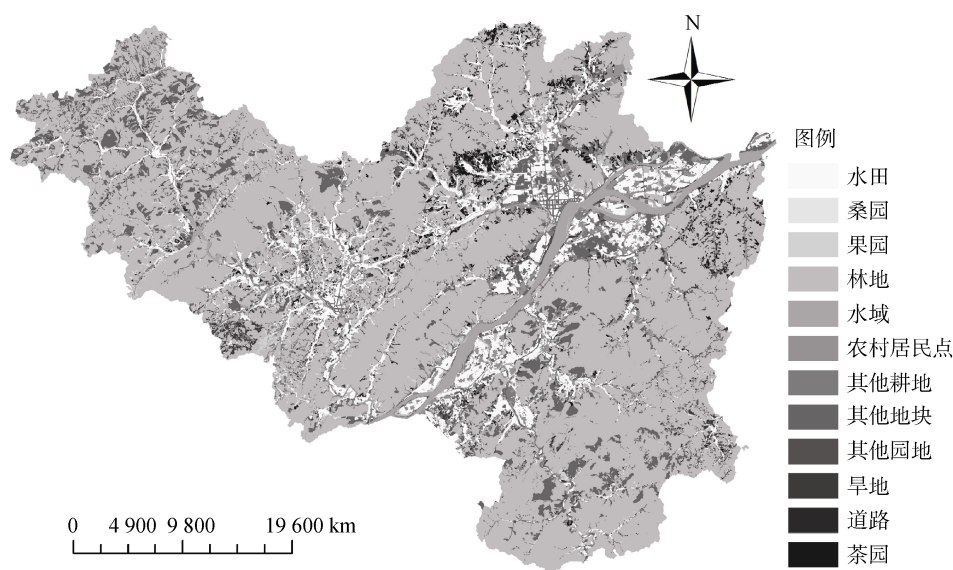


图1 富阳市土地利用图
Fig. 1 Land use map of Fuyang City

2.3 研究方法

本文充分发挥RS和GIS的互补优势,从Landsat TM多光谱影像中提取耕地质量评价因子,利用ArcGIS生成样区DEM数据并提取坡度坡向信息,构建耕地质量评价指标体系。根据“压力-状态-响应”框架(PSR),构建评价模型,用生产压力指数(production press index, PPI)、耕地状态指数(land status index, LSI)、社会响应指数(social response index, SRI)作为准则层来表征耕地质量的各方面特征。其中PPI反映环境因素对耕地生产力的潜在威胁、LSI反映耕地的现有生产力,SRI反映土地利用程度及社会经济环境的可持续程度。利用Erdas Image 8.6的Modeler模块计算上述指数并形成图件,再通过栅格数据叠加功能进行图层之间的运算,按照模型中赋予不同指数的权重计算最终的耕地评价结果。

3 构建耕地质量评价指标体系

结合富阳市耕地的特征以及所处的社会经济背景,参考该领域已有的研究经验,本研究从当地实际情况出发,结合定量分析的方法,选取坡度(Slope)、

土壤退化指数(RVI)、土地质量指数(SQI)、土壤水分指数(DVI)、土地利用程度(LUD)作为指标层,构建评价模型。

3.1 指数计算

3.1.1 坡度(Slope) 富阳市位于长江中下游平原,属于低山丘陵区,坡度对于耕地质量具有很大的影响,因此,本研究选取坡度作为生产压力指数的一部分。根据研究区域地形图生成DEM,利用ArcGIS空间分析模块生成坡度级别图,并将其转换成栅格格式,以便后续的图层运算操作。

3.1.2 土壤退化指数(RVI) RVI(ratio vegetation index)是遥感波段比值指数,国内外已有大量研究表明,RVI能够反映耕地环境的胁迫程度。因此,本研究对遥感影像进行波段比值运算,提取RVI指数表征土壤的退化程度。该指数计算公式如下:

$$RVI = NIR/R \quad (1)$$

式中,NIR为近红外波段,R为红色波段。

3.1.3 土壤质量指数(SQI) 土壤养分指标包括酸碱度(pH)、有机质(OM)、速效磷(EP)、速效钾(EK)、全氮(TN)、阳离子交换量(CEC)等。采样点数据分析

表明, EP 和 EK 的方差很大, 表现不稳定, 不能作为 SQI 指标。主成分分析表明, pH、OM、CEC 涵盖了大量养分信息。因此, 选择以上 3 个指标作为 SQI 的评价指标, 再利用相关系数法^[12]确定指标权重, 最终得到 SQI 公式为

$$SQI = pH \times 6.29 + OM \times 4.61 + CEC \times 0.87 \quad (2)$$

3.1.4 土壤水分指数(DVI) 水分含量是耕地质量的重要指标之一, 在很大程度上反映出耕地质量状况, 因此, 选取土壤水分指数作为评价因素之一。在遥感影像中红外波段对水分较为敏感, 且有研究表明, 土壤水分指数 DVI(difference vegetation index)能够用来反映地表湿度信息, 体现土壤含水状况。因此, 本研究从遥感影像中 DVI 表征耕地质量情况, 公式如下:

$$DVI = NIR - R \quad (3)$$

式中, NIR 为近红外波段, R 为红色波段。

3.1.5 土地利用程度(LUD) 农民的耕作行为会对耕地质量产生重要影响, 社会经济因素也在耕地质量评价体系中发挥着越来越重要的作用。不同土地利用类型下的耕地利用集约化程度、可持续程度都有很大差异^[13]。本研究采用土地利用程度指数(LUD)来反映农户耕作行为导致的耕地质量差异。利用 GIS 生成的富阳土地利用现状图(图 1), 为不同的耕地利用类型赋予不同的分值, 将设施管理精细、

投入产出比较高、耕地质量较好的地区赋予较高分值, 依此类推。

综上所述, 本研究选用坡度(Slope)和土壤退化指数(RVI)表征生产压力指数(PPI), 土壤质量指数(SQI)和土壤水分指数(DVI)表征耕地状态指数(LSI), 土地利用程度(LUD)表征社会响应指数(SRI), 并以此构建耕地质量评价指标体系(表 1), 单因子评价结果如图 2 ~ 图 6。

3.2 耕地质量评价模型

对参与耕地质量评价的各指标进行分级和标准化(表 2), 运用 GIS 中的主成分分析功能, 得出各主成分的特征值(表 3), 并据此计算出各自的权重分析为 0.40、0.35、0.12、0.08、0.05, 再利用空间加权求和的功能进行计算, 最终得出 LQI 的评价结果图(图 7)。

表 1 富阳市耕地质量评价指标体系
Table 1 Assessment indicator system of cultivated land quality of Fuyang City

目标层	准则层	指标层
耕地质量评价指标体系 (LQI)	生产压力指数(PPI)	坡度(Slope)
		土壤退化指数(RVI)
	耕地状态指数(LSI)	土壤质量指数(SQI)
		土地水分指数(DVI)
	社会响应指数(SRI)	土地利用程度指数(LUD)

表 2 富阳市耕地质量评价指标分值
Table 2 Assessment indicator grade sand scores of cultivated land quality

指标/指数	指标等级	分值	指标/指数	指标等级	分值
Slope	≤6	100	SQI	≤35	20
	6 ~ 15	80		35 ~ 51	40
	15 ~ 23	60		51 ~ 58	60
	23 ~ 31	40		58 ~ 66	80
	≥31	20		≥66	100
RVI	0	25	LUD	迹地	10
	0 ~ 1	50		旱地	30
	1 ~ 2	75		疏林地	40
	2 ~ 3	100		灌木林	45
DVI	≤-14	20		未成林造地(可调整)	50
	-14 ~ 3	40		望天田	60
	3 ~ 12	60		有林地(可调整)	65
	12 ~ 27	80		灌溉水田	80
	≥27	100		茶园(可调整)	85
				菜地	85
				苗圃(可调整)	90
				其他园林(可调整)	90
				果园(可调整)	90
				桑园(可调整)	90

表 3 主成分的特征值
Table 3 Eigenvalues of principal components

主成分	1	2	3	4	5
特征值	473.740 6	416.531 7	143.217 7	96.681 62	62.964 63

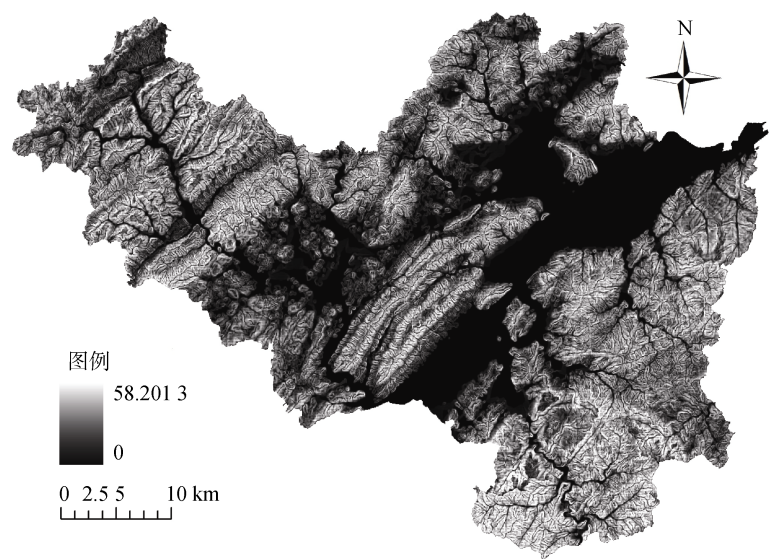


图 2 富阳市坡度级别图
Fig. 2 Slope map of Fuyang City

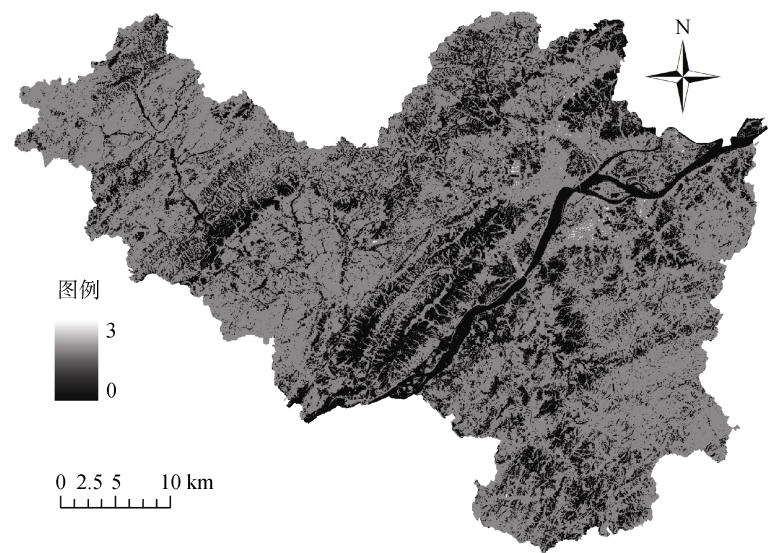


图 3 富阳市耕地 RVI 级别图
Fig. 3 RVI map of Fuyang City

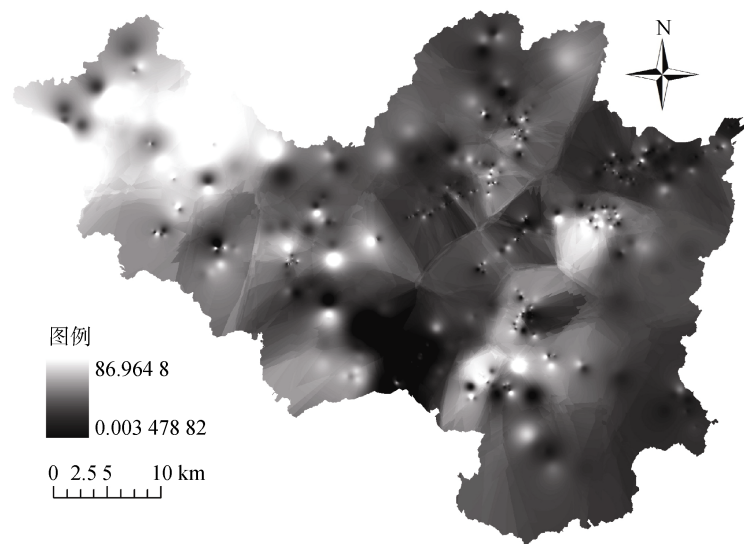


图 4 富阳市耕地 SQI 级别图
Fig. 4 SQI map of Fuyang City

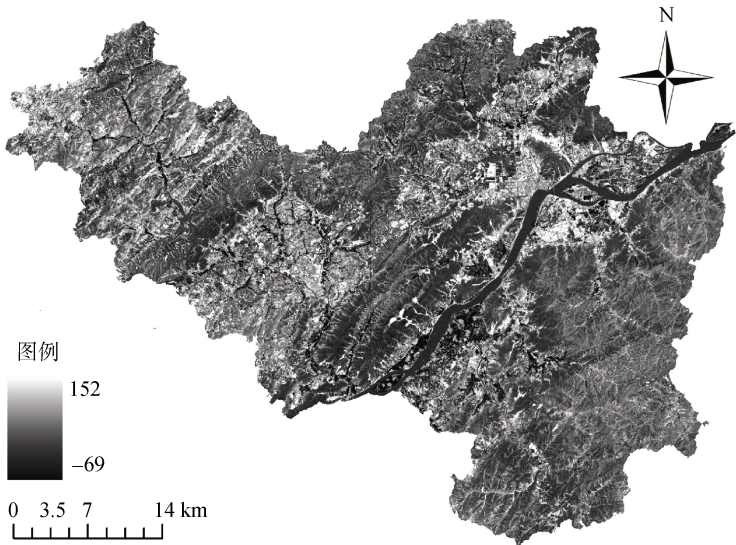


图 5 富阳市耕地 DVI 级别图
Fig. 5 DVI map of Fuyang City

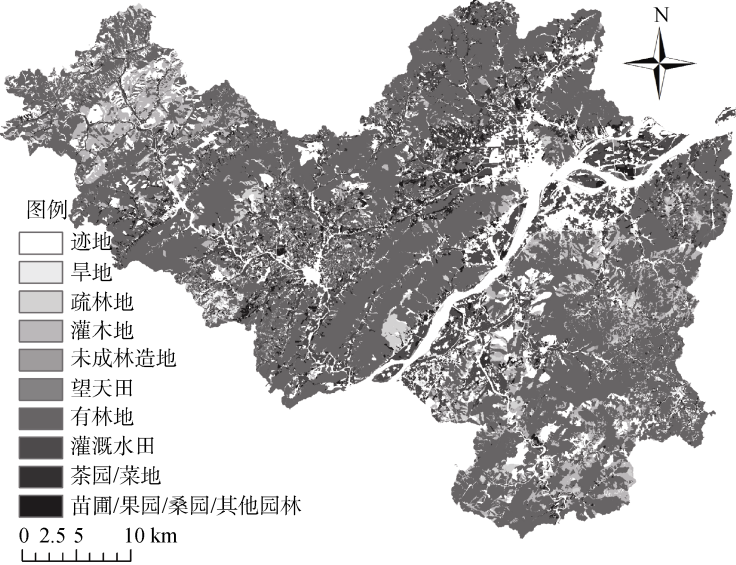


图 6 富阳市耕地 LUD 级别图
Fig. 6 LUD map of Fuyang City

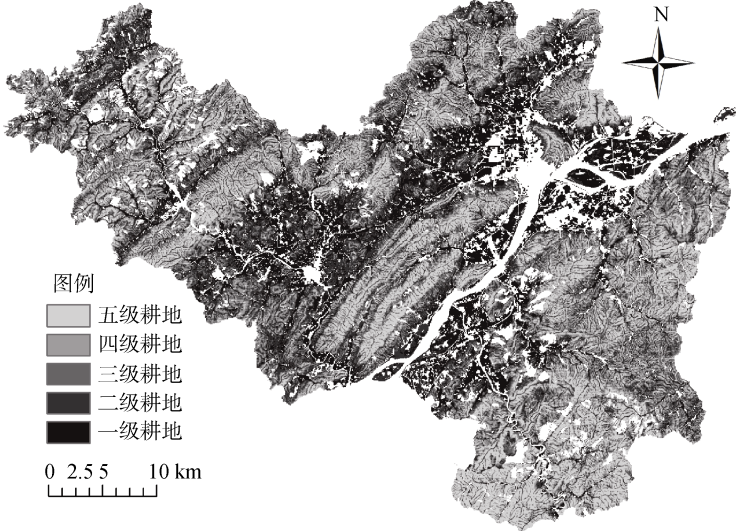


图 7 耕地质量评价结果图(LQI 级别图)
Fig. 7 Cultivated land assessment result map of Fuyang City(LQI map)

4 耕地质量评价

利用空间加权求和进行富阳市耕地质量的评价后,得到耕地质量指数 LQI,该指数整合了各项基本要素对耕地质量的影响,综合反映了富阳的耕地质量。根据以往经验和实际情况,作者将 LQI 得分分为了 5 个等级(图 7),各等级的面积和所占比例见表 4。该结果可应用于耕地的实际分等定级和估价,以及适宜作物选取等现实工作,防止其进一步退化。一级耕地占 19.26%,主要分布在东北部、南部和西北部河流沿岸的低地和山前平原地带,土壤类型主要为洪积泥沙土,用地多为茶园、苗圃等集约度较高的类型。土壤养分含量高,肥力、水分程度好,环境胁迫效应较小,耕地质量最好。在耕地利用方面应该进一步提高耕作技术,加强土地集约利用,并注意保护耕地质量,如增施有机肥料、提高化肥利用率、合理灌溉等。因为富阳市地形以山地丘陵为主,耕地面积很少,而一级耕地的面积仅占了极小的比例,所以更应该注意保护,防止土壤质量退化。

表 4 耕地质量评价结果表
Table 4 Cultivated land assessment result of Fuyang City

等级	LQI	
	面积(km ²)	百分比(%)
一级(最好)	352.63	19.26
二级(好)	364.61	19.91
三级(较好)	349.71	19.1
四级(一般)	406.07	22.18
五级(较差)	358.17	19.56

二级耕地占 19.91%,基本也分布在河流沿岸和山前平原。土壤类型为泥质田、黄泥土、培泥沙田,用地类型多为灌溉水田。土壤养分条件、水分条件好,无旱涝盐渍化威胁,耕地质量好。对二级耕地而言,应该进一步改良土壤质量,采用施用有机肥料、增加地力、深耕等方法,同时还要提高新技术的运用,完善农田的基本设施,在加强保护的基础上将二级耕地培育为一级耕地。

三级耕地占 19.1%,所占比例最大,主要分布在低山丘陵区的坡麓梯田。土壤类型主要为黄泥土和红泥土,用地类型多为林地,也有部分灌溉水田和茶园。土壤养分条件、水分条件较好,旱涝盐渍化威胁较小,耕地质量较好。该类耕地应以提高土壤肥力和优化农田水利设施为重点,多种渠道保护耕地,防止其进一步退化。

四级耕地占 22.18%,主要分布在坡度较大的梯

田、近山高阶地及浅平洼地等地区。土壤类型主要为油红泥和泥质田,用地类型多为疏林地和灌溉水田。土壤养分、水分条件一般,旱涝盐渍化威胁较大,耕地质量一般。该类耕地应增施有机肥料,改良土壤质量;增加基础设施投入,完善排灌设施;对于林地部分可扩大果树和茶树种植面积,培育优质品种,增加收益。

五级耕地占 19.56%,主要分布在丘陵区的岭坡梯田,海拔较高,坡度较大。土壤类型主要为石砂土和红泥土,用地类型多为林地。该级耕地的灌溉难以保证,水土流失的风险较大,土壤对水分、肥力的保持度很差,耕地质量较差。该类耕地应该实施水土保持工程,防止水土流失,提高森林对山体的覆盖面积,因地制宜发展林木业和果园;增加施有机肥料,培育地力;引进塑料大棚、日光温室等技术提高收益,增加收入。

5 结果与讨论

本研究将富阳市耕地分为 5 个等级,并针对不同等级的耕地提出了资源保护的政策建议。富阳市的耕地质量基础较差,优质耕地资源较少,因此更需要加强保护,本研究成果对于促进富阳农业的可持续发展具有重要意义:

(1) 保障粮食安全。随着经济发展,城镇化进程加快,人口增加,耕地面积总量和人均耕地都将不断减少。因此,在保护基本农田的基础上提高耕地质量,增加耕地产量,才是解决国家粮食安全的必由之路。

(2) 提高农产品质量,增加竞争力。随着人们生活水平的提高,对食品的要求也越来越高,优质、无公害的绿色食品普遍受到欢迎;同时,农产品质量的提高,可以更好地参与国际竞争,提高竞争力。因此,及时有效地了解和改善耕地的土壤环境,是提高农产品质量的基础。

(3) 有利于农业结构调整,农民增收。因地制宜建立区域耕地质量评价指标体系,可以为农作物种植结构调整提供依据,从而指导各区域结合资源优势发展特色农业,最大限度地提高耕地资源利用效率,实现增收。

(4) 实现科学施肥,节约生产成本。如果能根据作物生长需求进行土壤养分的搭配,可以既减少成本又达到高产的目的,还可以提高农产品的质量。当前我国主要的土壤养分相关的数据来源于第二次土壤普查资料,由于时间间隔较长,难以指导当前的科学施肥,耕地土壤养分数据的更新和土壤质量指数的计算,对农业生产具有非常重要的现实意义。

(5) 为各级政府制定土地政策、土地规划,以及在耕地征用和流通过程中提供决策依据。耕地质量评价是制定有关政策措施的基础,也是地籍管理的重要组成部分。耕地质量评价可以实现对耕地的动态监测,为农业生产管理、科技运用和生产者提供实时准确的基础数据,有利于合理利用和保护耕地。因此,针对耕地数量减少、质量下降等问题,加强耕地质量评价研究,对于保护粮食安全、提高农产品质量、耕地持续增产、社会经济可持续发展等方面具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 李贤胜, 叶军华, 杨平, 卢祖瑶, 聂文芳. 基于 GIS 的广德县耕地地力定量评价[J]. 土壤, 2009, 41(3): 490-494
- [2] 丁光伟, 李世顺. 我国农用地资源变化的驱动力分析[J]. 国土资源与整治, 1997, 7(3): 31-34
- [3] 关文荣. 农用地的分等定级与评估[J]. 中国土地, 2000(4): 20-24
- [4] Dung EJ, Sugumaran R. Development of an agricultural land evaluation and site assessment (LESA) decision support tool using remote sensing and geographic information system[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 60(5): 228-235
- [5] Rozanov BG. Human impacts on evolution of soils under various ecological conditions of the world[A]//Transactions 14th International Congress of Soil Science[C]. Kyoto, Japan, August 1990. Plenary Papers, Contents, and Author Index. 1990: 53-62
- [6] 石常蕴, 周慧珍. GIS 技术在土地质量评价中的应用——以苏州市水田为例[J]. 土壤学报, 2001, 38(3): 248-255
- [7] 刘钦普. GIS 和 SPSS 技术支持下的许昌市耕作土壤肥力综合评价[J]. 土壤, 2002, 34(2): 94-98
- [8] 李晓燕, 李壁成, 张树文. 基于 MAPGIS 的小流域土地质量评价[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(2): 99-106
- [9] Liu YS, Zhang YY, Guo LY. Towards realistic assessment of cultivated land quality in an ecologically fragile environment: A satellite imagery-based approach[J]. Applied Geography, 2010, 30: 271-281
- [10] 单美, 王训. 我国耕地质量研究进展[J]. 泰山学院学报, 2011, 33(6): 110-116
- [11] 赵建军, 张洪岩, 王野乔, 乔志和, 侯光雷. 基于 AHP 和 GIS 的省级耕地质量评价研究[J]. 土壤通报, 2012, 32(1): 70-75
- [12] 曹承绵, 严长生, 张志明, 周礼恺. 关于土壤肥力数值化综合评价的探讨[J]. 土壤通报, 1983(4): 13-15
- [13] 方琳娜, 宋金平. 基于 SPOT 多光谱影像的耕地质量评价——以山东省即墨市为例[J]. 地理科学进展, 2008, 9(5): 71-78
- [14] 张衍毓, 史衍玺, 王静, 刘庆, 方琳娜. 基于 RS 和 PRA 的横山县耕地质量综合评价研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(2): 133-136

Cultivated Land Quality Assessment Based on RS & GIS Technologies ——A Case Study in Fuyang City, Zhejiang Province

YAO He-nan, LI Yan, CAO Yu*

(Department of Land Management, College of Public Administration, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Cultivated land quality assessment has an inevitable affect on utilizing reasonably cultivated land resource, improving synthetic productivity and maintaining high land quality. The research made a quantitative analysis using RS & GIS technology synthetically and divided the cultivated land of Fuyang into 5 grades. The results showed that the 1st grade land only took up 0.28%, the 2nd and 3rd ones in total took up about 70%, and the others took up about 30%. The distributions of different grade lands were analyzed and the advices on land improvement were proposed. The significance of the cultivated land quality assessment based on RS & GIS technology was also discussed.

Key words: Fuyang City, Land quality assessment, Assessment factor, RS, GIS