

基于 GIS 的蚌埠市淮上区耕地地力等级评价^①

查海涅¹, 汪建飞¹, 张振国¹, 张伟¹, 吴言柱², 田小寨², 邹长明^{1*}

(1 安徽科技学院, 安徽凤阳 233100; 2 安徽省蚌埠市淮上区农业综合服务站, 安徽蚌埠 233020)

摘要: 借助遥感解译和 GPS 野外采样, 获得安徽省蚌埠市淮上区田块尺度的评价单元和 2 642 个土壤采样点。应用 GIS 的空间分析功能, 利用 DELPH 法、层次分析法和模糊评价等模型, 以耕地的养分状况、理化性质、地理条件、管理状况 4 个方面和 17 个影响因素为主要评价依据, 建立了评价模型。采用积累曲线法确定地力等级评价界限, 将淮上区 2 万多块评价单元划分为 5 个等级。一等地和二等地主要集中在曹老集镇, 其中分别占一等地的 96.89%, 二等地的 70%, 三等地和五等地在梅桥乡分布较多, 分别占三等地的 47.08%, 五等地的 61.37%, 而沿淮河的小蚌埠镇和吴小街镇主要是三等地和四等地。地力等级评价结果能准确反映当地耕地的状况, 为淮河流域耕地地力等级评价提供依据。

关键词: 耕地地力; 等级评价; GIS; 淮上区

中图分类号: S158

耕地地力是指特定气候区域以及立地条件、成土母质、土壤理化性状、农田基础设施以及培肥水平等要素综合构成的耕地生产能力^[1]。耕地评价就是对土壤类型在利用方向以及管理措施上的解释, 逐步完善耕地地力评价体系, 将对我国耕地质量保护、耕地质量建设以及土壤肥料信息系统的开发和精准施肥都具有重要的指导意义^[2]。近年来, 国内耕地地力等级评价始终是研究热点之一, 如杨琳等^[3]运用模糊隶属度对土壤属性的制图研究, 并得出模糊隶属度加权平均的方法可以得到更好的预测效果; 赵建军等^[4]运用 AHP 与 GIS 技术对吉林省耕地进行了系统评价; 廖桂堂等^[5]运用 GIS 和地统计学对低山茶园土壤肥力进行了质量评价; 王良杰等^[6]、李贤胜等^[7]对县级耕地质量进行了定量评价分级; 盛艳等^[8]在 GIS 支持下, 选取气象因素、立地条件、耕地理化性质、土壤管理 4 个方面对耕地进行了量化的分析和划分。可见, GIS 技术支持下的耕地地力评价研究在理论和方法上取得了丰硕成果, 但在小尺度基础上, 由于区域环境不同, 构建一套适用于所有地区的评价标准存在很大难度^[5-9]。本文以安徽省蚌埠市淮上区单块农田为基础评价单元, 对其耕地地力进行了评价, 对淮河流域其他区县具有较强的借鉴与示范意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

淮上区位于安徽省北部, 地处淮河北岸, 介于 32°57′~33°05′N, 117°14′~119°08′E, 总面积 243 km², 其中耕地面积 149.59 km², 属于黄淮海平原与江淮丘陵的过渡地带, 处于江淮分水岭的末梢。地貌主要分平原、丘陵和台地 3 种, 以平原为主, 占 87%; 地形西北高东南低, 海拔介于 17~24 m, 自然坡降为万分之一左右^[10]。全区季风显著, 年均气温 15℃, 日照时数 2 249.1 h, 无霜期 216 天, 年降雨量 837.1 mm, 降雨集中在 6—9 月, 占全年降雨量的 60%~80%, 常有旱、涝害发生^[10]。

1.2 数据的采集

收集专题地图: 1:5 万行政区划图、1:5 万土壤图、0.5 m 分辨率的 DOM 影像图、1:5 万数字地形图以及淮上区二调的土地利用现状图和德国 RapidEye 遥感影像。2012 年, 通过实时动态差分 GPS 技术, 参照土壤图, 做好规划计划, 在“随机”、“等量”和“多点混合”的原则上进行采样, 每个混合样 S 型取样采集 5 个点, 充分混合后 4 分法留存, 并在采样时测量耕层厚度。全区共采集 2 642 个农田耕

基金项目: 农业部测土配方施肥补贴项目和安徽科技学院引进人才课题(ZRC2014397)资助。

* 通讯作者(cmzou@163.com)

作者简介: 查海涅(1992—), 男, 安徽怀宁人, 硕士研究生, 主要从事 3S 技术与农业研究。E-mail: zhahainie@gmail.com

作层土样(图 1),测定土样的 pH、有机质、碱解氮、全氮、速效钾、有效磷、质地、体积质量(容重)、CEC^[11-12]。

为掌握管理状况,在采集土样的同时,还对采样地块的基本情况及管理情况及时向农户了解并填写地块调查表,确定田块的灌溉能力和配套设施,并根据《全国中低产田类型划分与改良技术规范》(NY/T 310-1996)确定产量不够高的田块的障碍因素^[13]。以遥感影像为信息源,将土地利用图、通过 RapidEye 影像提取的植被盖度图、地形图提取的坡度图进行叠加分析,通过人机交互式解译,利用 ArcGIS 软件勾绘生成水土流失矢量图斑,水土流失及其强度依据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-2007)中提供的水力侵蚀强度分级参考指标,利用因子叠加的方式,在有关软件支撑下综合评价得到^[14-16]。

1.3 耕地等级评价模型

1.3.1 空间数据库的建立 空间数据库是进行空

间分析的重要基础。对 DOM 影像进行人工矢量化,通过外业调查核查,准确提取耕地图斑,并在软件内进行空间计算得到面积等相关信息。将 Dwg 格式的地形图转换为 Shp 格式,导入到 ArcGIS 中,并提取等高点和等高线,通过克里金插值生成 DEM。将采样点 Execl 数据根据坐标转换为空间数据和相应的属性数据。采用 ArcGIS GeoDataBase 对准上区基础地理信息数据库进行统一管理。数据均采用 Xian80 坐标系,高斯投影,117 度带。

1.3.2 采样点的优化

在采集点的空间数据和属性数据时,难免产生随机的特异值。特异值的存在会造成连续表面的中断,会影响变量的分布特征,导致空间内插失去结构性,应当删除大于或者小于样本平均值 3 倍的特异值^[17-18]。同时,由于土壤养分数据服从正态分布,因此在进行空间插值时,先进行正态分布检验。为了验证插值的可靠性,需要选取 5% 的采样点为检核点。检核点不参与空间内插。



图 1 淮上区农田土壤采样点分布图

Fig. 1 Distribution of soil sample sites in Huaishang District

1.3.3 评价因子权重的确立

各评价因子在总体评价中所占权重是影响评价结果的重要因素。选用 DELPH 法和层次分析法可以计算出各单因子的具体权重。首先,选取土地地力为目标层,地理环境、理化性状、养分状况、管理状况 4 个影响因素为准则层,测定的土壤理化指标以及概念型评价因子(成土母质、坡向、坡度、耕层厚度、侵蚀程度、灌溉能力、配套设施、障碍因素)共 17 个评价因子为指标层。邀

请 12 位有关专家,根据 DELPH 法,确定各准则层因素对目标层、指标层各因子对准则层对应因素的相对重要性(表 1)。

根据耕地地力层判断矩阵计算出其特征向量为 $[0.189 2, 0.350 7, 0.350 7, 0.109 4]$ 。其中,最大特征根 $\lambda = 0.449 5$,一致性比例 $CU = 0.026 8$,4 参数判断矩阵一致性指标 $RI = 0.89$ 。因为 $CR = CU/RI = 0.03 < 0.1$,准则层判断矩阵的权重计算科学合理。

表 1 耕地地力层判断矩阵
Table 1 The judgment matrix of croplands

耕地地力	地理环境	理化状况	养分状况	管理状况	权重
立地条件	1	2	3	3	0.189 2
理化状况	1/2	1	2	2	0.350 7
养分状况	1/3	1/2	1	2	0.350 7
管理状况	1/3	1/2	1/2	1	0.109 4

同样通过层次模型的判断矩阵和一致性检验可以科学地计算出有机质、碱解氮、速效钾等单因子的权重(表 2)。

表 2 评价因子权重表
Table 2 Weighting of cropland productivity for Huaishang District

目标层	准则层		指标层	
	因素	权重	因子	权重
耕地地力	养分状况	0.350 7	有机质	0.127 9
			碱解氮	0.096 3
			全氮	0.025 0
			速效钾	0.059 3
	理化性状	0.350 7	有效磷	0.042 3
			质地	0.171 7
			容重	0.107 1
			CEC	0.044 3
	立地条件	0.189 2	pH	0.027 6
			成土母质	0.060 6
			坡向	0.021 0
			坡度	0.021 0
	管理状况	0.109 4	耕层厚度	0.033 45
			侵蚀程度	0.053 05
			灌溉能力	0.034 1
			配套设施	0.053 6
障碍因素		障碍因素	0.021 7	
权重总和	1		1	

1.3.4 评价隶属度的计算 采用模糊数学方法,确定单一因素的参与评价值,选定的评价因子与耕地生产力的关系为戒上型、戒下型、峰型、直线型以及概念型 5 种隶属函数。前 4 种数值型因子采用 DELPH 模拟出隶属度函数,进行模糊评价单因子(表 3)。对于概念型因子采用专家经验法,直接进行模糊评级(表 4)。

表 3 数值型评价因子隶属函数表
Table 3 Evaluation values of memberships of quantitative evaluation factors

评价因子	函数类型	隶属函数
有机质	戒上型	$y=1/(1+0.0024(u-32.12)^2)$
碱解氮	戒上型	$y=1/(1+0.0006(u-168.58)^2)$
全氮	戒上型	$y=1/(1+0.36(u-2.21)^2)$
有效磷	戒上型	$y=1/(1+0.028(u-12.1)^2)$
速效钾	戒上型	$y=1/(1+0.00038(u-105.4)^2)$
CEC	戒上型	$y=1/(1+0.008(u-22.43)^2)$
体积质量	戒上型	$y=1/(1+8.2(u-1.18)^2)$
pH	峰型	$y=1/(1+0.46(u-6.49)^2)$
坡度	戒下型	$y=1/(1+0.006(u-3.7)^2)$
耕层厚度	戒上型	$y=1/(1+0.008*(u-26.66)^2)$

注: u 为评价因子的值。

表 4 概念型评价因子隶属度表
Table 4 Evaluation values of memberships of concept evaluation factors

评价因子	项目	隶属度评估值			
		重壤土	砂壤土	中黏土	中壤土
质地	指标				
	隶属度	1	0.75	0.7	0.6
坡向	指标	东	西	南	北
	隶属度	0.9	0.9	1	0.8
成土母质	指标	冲积物	黄土母质	石灰性沉积物	黏质沉积物
	隶属度	1	0.3	0.5	0.8
侵蚀程度	指标	剧烈侵蚀	中度侵蚀	无明显侵蚀	轻度侵蚀
	隶属度	0.1	0.4	1	0.7
灌溉能力	指标	充分满足	基本满足	无灌溉条件	一般满足
	隶属度	1	0.8	0.3	0.5
障碍因素	指标	无明显障碍	灌溉改良型	渍涝排水型	
	隶属度	1	0.8	0.7	
配套设施	指标	完全配套	配套	基本配套	不配套
	隶属度	1	0.6	0.4	0

1.3.5 评价等级的划分 根据目前地力等级采用的最常用的自然要素评价的指数进行地力等级划分,主要模型为:

$$IFI = \sum_{i=1}^{17} F_i C_i$$

式中:IFI (integrated fertility index)代表地力综合指数; F_i 为第*i*个因子隶属度; C_i 为第*i*个因子组合权重。

采用累积曲线分级法对淮上区耕地等级进行划分,结果如表 5。

利用 ArcGIS 的掩膜提取,提取淮上区田块尺度的地力等级图,并通过分区统计功能,取农田内部像素的平均值为该地块的等级值,并和农田图斑连接,

得到每块农田的等级^[12]。

2 结果与讨论

2.1 耕地地力等级的数量分析

使用 ArcGIS 统计功能(表 6),得到淮上区耕地面积为 14 823.768 hm²,其中一等地 3 538.040 hm²,占耕地面积的 23.87%,二等地 3 843.380 hm²,占耕地面积的 25.93%,三等地 4 225.977 hm²,占耕地面积的 28.51%,四等地 2 618.787 hm²,占耕地面积的 14.79%,五等地 623.672 hm²,占耕地面积的 4.21%。

表 5 地力等级分级表

Table 5 The grading quality of croplands in Huaishang District

IFI	> 0.80	0.80 ~ 0.70	0.70 ~ 0.60	0.60 ~ 0.50	< 0.50
耕地地力等级	一级	二级	三级	四级	五级

表 6 地力等级结果统计表

Table 6 The cropland productivity gradation and area statistics in Huaishang District

乡镇	一等地		二等地		三等地		四等地		五等地	
	面积 (hm ²)	比例 (%)								
小蚌埠镇	0.000	0	115.503	3.01	843.605	19.96	793.969	30.62	30.801	4.94
吴小街镇	71.713	2.03	309.498	8.05	959.113	22.70	592.231	22.84	199.008	31.91
曹老集镇	3 429.782	96.94	2 728.752	71.00	590.791	13.98	144.740	5.58	24.652	3.95
梅桥乡	36.545	1.03	689.628	17.94	1 832.468	43.36	1 061.759	40.95	369.212	59.20
总计	3 538.040	23.87	3 843.380	25.93	4 225.977	28.51	2 618.787	14.79	623.672	4.21

2.2 耕地地力等级的空间分异

通过 ArcGIS 分级渲染可以发现耕地地力有明显的空间分异特征(图 2)。一等地和二等地主要集中在曹老集镇,其中分别占一等地的 96.94%,二等地的 71%,小蚌埠镇和吴小街镇主要是三等地和四等地,五等地大部分分布在梅桥乡。

2.3 等级划分结果分析与建议

分析发现,曹老集镇低洼地较多,土壤黏湿,主要为重壤土和黏土;pH 主要显示偏碱性,成土母质为黏质冲积物,土壤养分丰富;农田基础设施大部分地区较为配套,而且该镇建设用地比例较小,因此一等地和二等级基本集中在曹老集镇。但该镇东北部地区,灌溉能力不够,农田配套设施不完善,耕地生产潜力尚未完全开发。对于此类农田不仅要积极保护,合理施肥,防止酸化,还要兴修水利,完善灌排系统。

沿淮的小蚌埠镇和吴小街镇土壤质地主要为中壤土和砂壤土,成土母质主要为冲积物,灌溉便利,设施完备,耕地管理状况较好,然而土壤中有有机质、

碱解氮、有效磷等养分含量普遍很低,pH 呈现弱酸性。通过分析土地利用现状,发现两镇建设用地较多,土地硬化面积较大,并且有土壤侵蚀情况的发生。对于此类耕地不仅要合理施肥,多施有机肥,采取一定的修复和保护措施,改良土壤理化性质和养分状况,同时还需要加强保护,集约用地,合法用地,强化红线意识。

梅桥乡耕地大部分是三等地、四等地以及五等地,分别占三等地的 43.36%、四等地的 40.95%、五等地的 59.20%。该区土壤质地主要为中壤土,养分充足,灌溉便利,基础设施较为配套。然而,该区的土壤质量现状并不乐观,主要原因是该区在近 10 年大力发展设施农业,季节性蔬菜大棚较多,部分土壤发生了次生盐渍化、酸化和微生物区系破坏等。此类耕地退化严重,应及时采取生物、农业、工程等调控技术改良土壤质量。具体措施为施用有机无机混合肥,增加土壤养分含量的同时改良土壤中微生物区系,在有必要的地区可以采用淋洗技术进行修复。

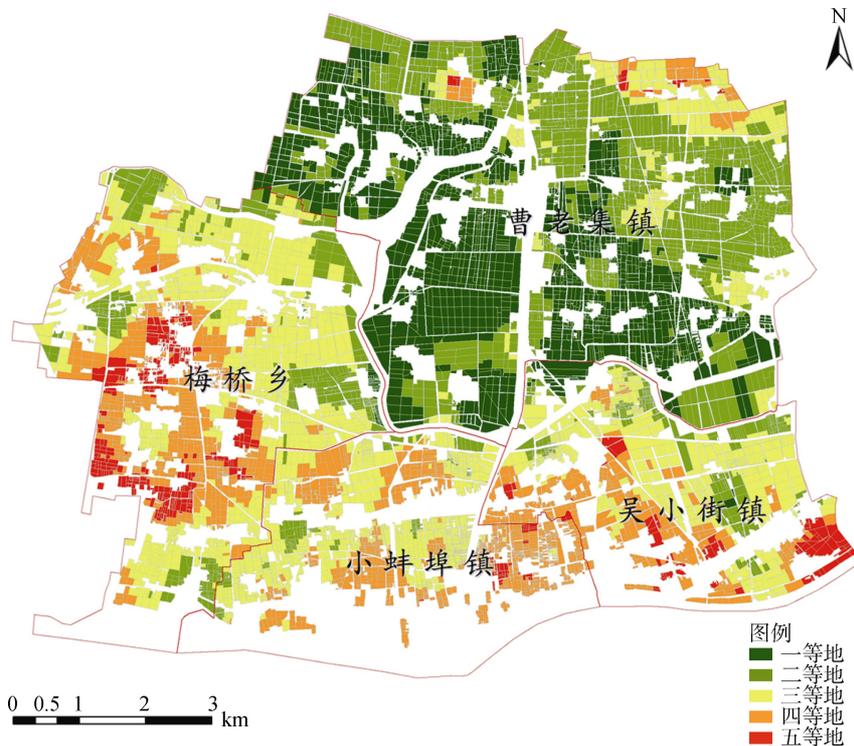


图 2 淮上区耕地地力分布等级图

Fig. 2 Spatial distribution of cropland productivity grade in Huaishang District

3 结论

1) 研究区耕地中,一等地占 23.87%,二等地占 25.93%,三等地占 28.51%,四等地占 14.79%,五等地占 4.21%。其中,一等地和二等地主要集中在曹老集镇,其中分别占一等地的 96.94%,二等地的 71%,小蚌埠镇和吴小街镇主要是三等地和四等地,五等地大部分分布在梅桥乡。

2) 耕地等级的空间差异性主要是由于耕地的立地环境、养分状况、理化性状以及管理状况所决定的,不同的差异所引起的原因是不一样的,针对不同的分异特征要因地制宜,分析其本质的原因,从而采取最合适的措施进行处理。

参考文献：

- [1] 全国农业技术推广中心主编. 耕地地力评价指南[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 1-152
- [2] 张凤荣. 土壤地理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 274-284
- [3] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 李宝林, 裴韬, 刘宝元. 运用模糊隶属度进行土壤属性制图的研究——以黑龙江鹤山农场研究区为例[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 9-15
- [4] 赵建军, 张洪岩, 王野乔, 乔志和, 候光雷. 基于 AHP 和 GIS 的省级耕地质量评价研究——以吉林省为例[J]. 土壤通报, 2012(1): 70-75
- [5] 廖桂堂, 李廷轩, 王永东, 张锡洲, 冯娜娜. 基于 GIS 和地统计学的低山茶园土壤肥力质量评价[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1 978-1 986
- [6] 王良杰, 赵玉国, 郭敏, 张甘霖. 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
- [7] 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
- [8] 盛艳, 姚云峰, 秦富仓, 牟小东. 基于 GIS 的耕地地力等级划分研究[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(6): 27-32
- [9] 闫一凡, 刘建立, 张佳宝. 耕地地力评价方法及模型分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(5): 204-210
- [10] 蚌埠市人民政府. 蚌埠年鉴[M]. 安徽: 黄山书社出版社, 2005
- [11] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2011
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T 310—1996, 全国中低产田类型划分与改良技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社
- [14] 中华人民共和国农业部. SL 190—2007, 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京: 中国标准出版社
- [15] 王茜, 王卫, 吕昌河. 基于 GIS 和 RS 的土地利用与土壤侵蚀关系研究——以冀北地区为例[J]. 中国水土保持科学, 2006(6): 37-41
- [16] 蔡继清, 任志勇, 李迎春. 土壤侵蚀遥感快速调查中有关技术问题的商榷[J]. 水土保持通报, 2002, 22(6): 45-47
- [17] 刘爱利, 王培法, 丁圆圆. 地统计学概论[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 97-166
- [18] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2012

Gradation of the Cropland Productivity in Huaishang District Bengbu City Based on GIS Technique

ZHA Hai-nie¹, WANG Jian-fei¹, ZHANG Zhen-guo¹, ZHANG Wei¹,
WU Yan-zhu², TIAN Xiao-sai², ZOU Chang-ming^{1*}

(1 *Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100, China*; 2 *Comprehensive Agricultural Service Station of Huaishang District in Anhui Province, Bengbu, Anhui 233020, China*)

Abstract: The evaluation units in field scale and 2 642 soil sampling sites which located in the area of Huaishang district of Bengbu, Anhui Province were obtained using remote sensing interpreting and GPS-based sampling point arrangement. In the meantime, a relatively scientific evaluation model has been established using the nutrient status of arable lands, physicochemical properties, geographical condition, management situation and other 17 factors as parameters and assisted by spatial analysis of GIS, DELPH method, AHP and fuzzy assessment. Accumulation curve method was used to determine the fertility level of the evaluation limits, the 20000 evaluation units of the upper areas were divided into 5 classes. The first and second gradations of croplands were mainly distributed in Caolaoji Town and the third and fifth gradations of croplands were distributed in Meiqiao Town. The croplands in Xiaobengbu Town and Wuxiaojie Town along Huaihe River mainly belong to the third and fourth gradation. The evaluation results of fertility level reflected accurately the status of local farmlands, which will provide the basis for the assessment of the soil fertility level of Huaihe River valley.

Key words: Quantitative gradation; Grade evaluation; GIS; Huaishang District