

利用 GIS 和 RS 资料及层次分析法 综合评价江汉平原后湖地区耕地自然地力

张海涛¹, 周 勇¹, 汪善勤¹, 唐红华¹, 柳 洪², 雷新美², 王德华²

(1. 华中农业大学; 2 潜江市后湖农场)

摘 要: 利用 GIS 与 RS 并结合农业行业标准(NY/T309-1996)和样区实际情况对江汉平原后湖地区耕地自然地力进行综合评价, 从而实现土壤信息交流与共享, 促进土地资源合理利用与科学管理。根据耕地资源特点及耕地地力评价的原理, 在分析了多种耕地等级评价因子类型基础上, 确定了每个评价因子的指数, 并将层次分析(AHP)的原理和方法引入耕地地力评价以确定参评因子的权重; 通过这些模型方法与 GIS 和 RS 结合, 快速准确地完成耕地地力评价, 并将评价结果成图输出。结果表明, 江汉平原后湖地区的耕地地力可分为一、二、三、四等, 其面积所占比例分别为 20.99%、47.43%、19.38%、12.20%, 其中大部分耕地地力处于中上水平, 说明该地区的耕地质量的总体水平比较高; 利用 GIS 和 RS 技术可以建立耕地资源数据库, 快速准确地获取评价数据和确定评价单元, 提高评价工作效率; 通过分析不同等级地力水平可找出障碍因素, 从而确定土壤改良方向和管理措施。

关键词: GIS 和 RS 数据; 耕地地力; 层次分析法

中图分类号: S158.3; S18.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)02-0219-05

1 引言

我国是一个人口大国, 土地资源十分有限, 人均土地资源占有量远远低于世界平均水平。而且, 土地资源空间分布不均, 严重影响农业发展。耕地质量方面, 据粗略估计, 高产稳产农田仅占耕地面积的 20%~30%, 中产田占 40%~50%, 低产田占 30% 左右^[1]。因此, 评价耕地地力等级对于实现农业持续稳定发展相当重要。开展耕地地力的研究工作, 一方面为我国土壤肥料信息系统和精准农业体系的建立提供信息储备, 实现全球土壤信息交流与共享; 另一方面对于摸清我国的土壤资源的家底, 合理利用和科学管理土地资源, 促进我国人口、资源、环境和社会经济的持续、稳定和协调发展具有十分重要的理论和实践意义^[2]。

耕地地力评价因子较多, 主要包括气候、地形部位、地面坡度、土体厚度、成土母质、剖面构型、土壤侵蚀、耕层质地、农田基础设施、土壤理化性状、交通便捷度、经济开发程度和产量水平等。在以往的评价中, 人们多根据实际需要采用土壤性质或环境因素与作物产量的关系来表示耕地地力的关系, 很少有统一的标准。本文以江汉平原后湖农场流塘分场为样区, 利用 RS 和 GIS 对其土壤类型、土壤肥力状况进行调查取样, 以土壤图与土地利用现状图叠加生成的土地类型图作为评价单元图, 依据农业行业标准(NY/T309-1996)^[3]、《湖北省基本农田保护区耕地地力分等定级暂行办法》和当地实际确定评价因子, 运用层次分析法确定权重, 对该地区自

然地力进行评价, 为制订有关农业政策, 实行地力补偿培肥制度, 综合治理中、低产土壤, 建设高产稳产农田以及为土地的征用和转让等提供依据, 促进用地养地, 培肥地力, 提高单产, 从而实现农业持续稳定健康发展。

2 实验材料和方法

2.1 实验材料

1) 资料收集: 收集了样区第二次土壤普查资料及其相关图件: 1995 年 1:10 000 地形图和 1:10 000 航摄相片。

2) 样区调查采样和理化分析: 采用航片和地形图作为工作底图开展了样区土壤详查和基层分类, 确定了土壤分类系统, 勾绘了 1:10 000 土壤和土地利用草图。以土壤图和土地利用现状图叠加生成的土地类型作为耕地地力评价单元, 采集土壤农化样品, 室内磨细过筛, 根据中国土壤系统分类指定的方法进行土壤理化分析, 结果见表 1。

2.2 研究方法

本研究使用 MAPGIS 地理信息系统软件作为空间数据管理工具, 采用层次分析法^[4,5]确定评价因子权重, 在计算机软、硬件支持下利用多因子综合指数和法计算评价结果。

3 耕地地力评价

3.1 评价流程

将土壤图和理化分析数据输入计算机, 建立耕地地力评价数据库, 使用 Microsoft Visual Basic 6.0 编程语言建立评价模型, 结合 MAPGIS 地理信息系统成图输出(图 1)。

3.2 确定评价单元

本研究以土壤图(土系图)和土地利用现状图叠加生成的土地类型图作为基本评价单元图, 土地类型是土

收稿日期: 2002-05-21 修订日期: 2002-11-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49801010 和 49831004); 湖北省自然科学基金资助项目(99J123)的部分内容; 教育部资助项目“3S 农业”的部分内容

作者简介: 张海涛(1974-), 男, 在读博士生, 武汉华中农业大学资源环境系, 430070。Email: gis@mail.hzau.edu.cn

壤类型和土地类型的综合体,以其作为土地评价单元具有客观性和综合性。它既克服了土地利用类型在性质上的不均一性,又克服了土壤类型在地域边界上的一致性。同时,以土壤系统分类单元结合土地利用现状作为评价单元,将有助于我国土地评价与国际接轨,实现信息共享。

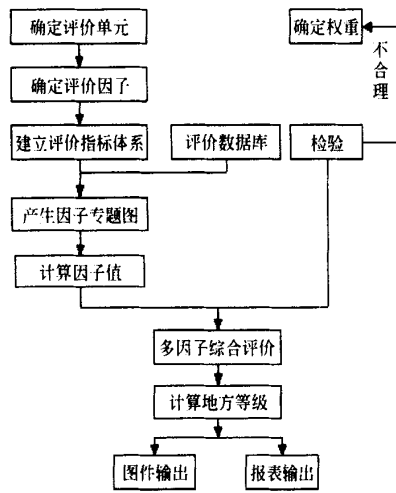


图 1 耕地地力评价流程图

Fig 1 Flow chart of evaluation of cultivated land

3.3 确定评价因子

选取评价因子主要有 3 个原则^[6]:

- 1) 选择的因子对土地的生产力有比较大的影响;
- 2) 选取的因子应在评价区域内的变异较大,便于划分土地等级;
- 3) 选取评价因子时,以稳定性高的因子为主,而对一些对农业生产影响大的不稳定因子也予以考虑。

后湖样区地处江汉平原,各评价单元地貌类型无明显差别;土壤母质均为河湖相冲积沉积物;由于土地平整、土地利用和施肥水平不同,其土体构型、理化性状和养分状况差异较大;同时,后湖地区进行了大力的田间给水排水工程建设和降低地下水位的措施,对耕地地力影响较大。根据以上原则和后湖地区实际情况及全国农业地力等级划分标准(NY/T309-1996),本研究选择的自然地力评价因子及层次结构如图 2。

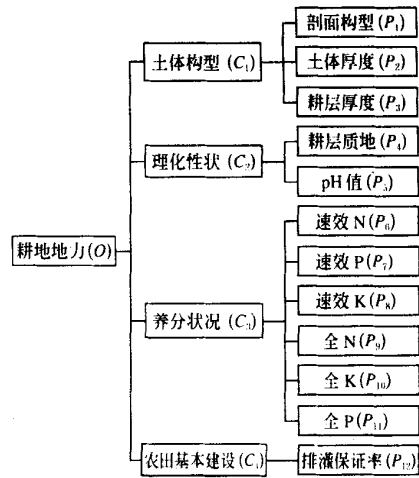


图 2 耕地地力评价因子层次结构图

Fig 2 Hierarchy structure of evaluation factors

2.3 确定分级指标指数

根据全国农业地力等级划分标准(NY/T309-1996)和《湖北省基本农田保护区耕地地力分等定级暂行办法》,确定耕地评价分级指标和指数(表 2)。

3.4 评价因子权重系数的确定^[7-9]

因子权重的确定是整个评价过程中不可缺少的一环,它关系到评价结果是否符合实际情况,而诸多确定权重的方法都是以定性和定量相结合的,而且人的主观随意性应该尽量避免。本研究采用层次分析法,对 3 个层次 4 类约束因素,水田的 10 个评价指标,旱地的 11 个评价指标确定权重系数。为使评价结果更加合理,在确定各层次因子的权重系数时应参考以下原则: 约束层各因子的权重大小应与该因子对耕地地力的贡献率保持一致; 指标层各因子权重大小应体现其在约束层中的相对贡献率; 计算权重时,各判断矩阵必须通过一致性检验。对于目标层 O (耕地地力),在约束层 C 中,参照相关分析及因子分析的结果,分别对土体构型(C₁)、理化性状(C₂)、耕层有效养分(C₃)、农田基本建设(C₄)的重要性作出判断,得到各层次的判断矩阵后,计算出权重系数。确定了约束层和指标层的权重系数后,

表 1 评价单元土壤调查和理化分析结果

Table 1 Soil survey and physics-chemistry analysis results of each evaluation unit

编号	所属土系	剖面构型	土体厚度/cm	耕层厚度/cm	耕层质地	土壤 pH 值	速效 N /mg·kg ⁻¹	速效 P /mg·kg ⁻¹	速效 K /mg·kg ⁻¹	全 N /g·kg ⁻¹	全 P /g·kg ⁻¹	全 K /g·kg ⁻¹	灌溉保证率
1-1	廖家垸系	Ap- Bp- Br1- Br2	80	15.0	粘壤	7.2	43.2	6.2	219.7	2.15	0.97	24.11	有保证
1-2	流塘口系	Ap- Bp- Br1- Br2	90	15.0	壤质	7.0	68.1	18.8	225.8	1.69	1.69	23.51	有保证
1-6	姜家咀系	Ap1- Ap2- W r	> 100	20.0	粘壤	6.4	66.4	10.3	163.3	1.72	1.72	23.51	尚能保证
2-1	江汉系	Ap- (B)- Cq4	> 100	10.0	壤质	6.4	46.6	3.5	217.3	0.72	1.72	24.84	有保证
2-2	浩口系	Ap1- Ap2- W r	> 100	11.0	壤质	6.4	59.6	13.4	215.0	2.04	1.87	24.75	有保证
2-3	后湖系	Ap1- Ap2- W r	80	26.0	壤质	6.8	40.3	9.9	195.1	2.00	1.57	25.48	有保证
2-4	公淌系	Ap1- Ap2- (W r)	> 100	13.5	壤质	6.8	49.4	9.8	195.8	2.01	1.67	23.61	有保证
2-5	高家台系	Ap1- Ap2- W r- (S)	> 100	14.0	粘壤	6.8	33.5	10.9	246.4	2.12	1.69	23.93	有保证
2-6	前湖系	Ap1- Ap2- W r	> 100	18.5	壤质	6.8	49.4	14.3	250.1	2.36	1.23	26.16	有保证
2-7	王家塄系	Ap1- Ap2- W r- G	> 100	13.0	粘壤	6.8	40.3	13.5	202.8	2.69	1.64	23.71	有保证
2-8	万全系	Ap- (B)- Cq4	> 100	23.5	壤质	6.0	32.9	17.1	141.6	1.27	1.60	23.95	有保证
2-9	返湾湖系	Ap- Bp- Br	> 100	12.0	壤质	6.8	34.1	12.8	131.1	1.19	1.53	23.61	有保证

表 2 样区耕地评价项目、定级指标和指数

Table 2 Evaluation items, classification factors and indexes of sample area

评价 指标 和指数	剖面构型	耕地地力评价项目										
		土体厚 度/cm	耕层厚 度/cm	耕层 质地	pH 值	速效 K /mg · kg ⁻¹	速效 P /mg · kg ⁻¹	速效 N /mg · kg ⁻¹	全 N /g · kg ⁻¹	全 P /g · kg ⁻¹	全 K /g · kg ⁻¹	排灌 保证率
指标	Ap- Bp- Br1- Br2 Ap1- Ap2- W r	> 100	20~ 25	壤质	6.5~ 7.5	> 140	> 15	> 150	> 2.25	> 2	> 25	有保证
指数	6	12	10	10	5	5	7	5	5	5	5	14
指标	Ap1- Ap2- (W r) Ap- Bp- Br	60~ 100	15~ 20	砂壤, 粘壤	7.5~ 8.5	100~ 140	10~ 15	100~ 150	1.5~ 2.25	1.5~ 2	21~ 25	尚能保证
指数	4.5	9	8	8	4	4	6	4	4	4	4	10
指标	Ap1- Ap2- W r- (S) Ap1- Ap2- W r- G	30~ 59	10~ 15	砂土, 粘土	< 5.5, > 8.5	50~ 100	5~ 10	60~ 100	1.0~ 1.5	1~ 1.5	19~ 21	较差
指数	3	6	6	6	3	3	5	3	3	3	3	6
指标	Ap- (B)- Cq4	< 30	< 10, > 25	粗骨土	5.5~ 6.5	< 50	< 5	< 60	< 1.0	< 1.0	< 19	困难
指数	1.5	3	4	4	4	2	4	2	2	2	2	2

就可以最终计算出每一个指标对耕地地力的权重, 即将每一个指标对相应约束层的权重系数乘以约束层对耕地地力的权重系数, 得到每个指标的权重(表 3)。

表 3 各评价因子的权重

Table 3 Weight of each evaluation factor

层次 P	层次 C				组合权重 C _i P _i
	C ₁ = 0.5357	C ₂ = 0.1786	C ₃ = 0.1071	C ₄ = 0.1786	
剖面构型	0.6522				0.3494
土体厚度	0.1304				0.0698
耕层厚度	0.2174				0.1165
耕层质地		0.8750			0.1563
pH 值		0.1250			0.0223
速效钾			0.4122		0.0441
速效磷			0.2061		0.0221
速效氮			0.1374		0.0147
全氮			0.1030		0.0110
全磷			0.0589		0.0063
全钾			0.0824		0.0088
排灌保证率				1.000	0.1786

3.5 耕地地力综合评价

利用各指标的等级量值和权重系数, 用如下综合指数和模型^[10]

$$idx = \sum_{i=1}^n w_i \times C_i$$

式中 idx——指数值; w——指标量值; C——对应指标的权重; i——某因子的指标数, 计算评价单元耕地自然地力综合指数。

3.6 耕地地力级别的划分及结果输出

根据全国农业地力等级划分标准(NY/T309-1996)和《湖北省基本农田保护区耕地地力分等定级暂行办法》, 将计算出的耕地自然地力综合指标值划分为如下等级标准(表 4)。

确定等级标准后, 统计样区耕地地力等级(表 5), 调用 MAPGIS 绘图模块, 在分等定级单元图上将不同等级的土地单元用不同颜色或阴影表示, 同时制作图名、图例, 确定输出比例尺, 然后连接打印机, 输出样区的耕地地力等级图(图 3)。

表 4 耕地地力等级标准

Table 4 Productivity grade standard of cultivated lands

地级别	地力综合指数(idx)	地级别	地力综合指数(idx)
一等	> 8.2	四等	7.1~ 7.6
二等	7.9~ 8.2	五等	6.8~ 7.0
三等	7.7~ 7.8	六等	< 6.8

表 5 江汉平原后湖地区耕地地力等级统计表

Table 5 Statistics of productivity grades about cultivated lands in Houhu area

编号	所属土系	等级	面积/km ²	百分比/%
1-1	廖家垸系	四	0.41	6.22
1-2	流塘口系	—	0.32	4.86
1-6	姜家咀系	二	0.74	11.23
2-1	江汉系	四	0.40	6.07
2-2	浩口系	—	0.23	3.49
2-3	后湖系	—	0.32	4.86
2-4	公淌系	三	0.26	3.95
2-5	高家台系	二	1.01	15.33
2-6	前湖系	—	0.50	7.59
2-7	王家垸系	二	1.38	20.94
2-8	万全系	三	1.63	24.56
2-9	返湾湖系	三	0.39	5.92
合计			6.59	100

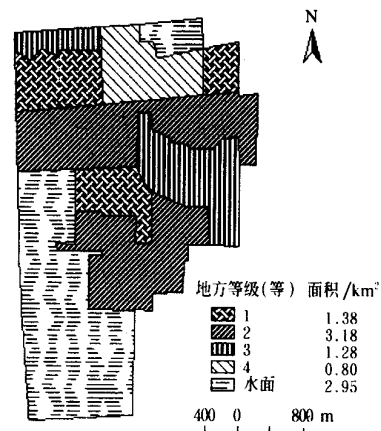


图 3 江汉平原后湖地区耕地地力等级图
Fig 3 Map of productivity grades about cultivated lands in Houhu area

4 结果与讨论

江汉平原后湖地区的耕地地力可分为一、二、三、四等,其面积所占比例分别为20.99%、47.43%、19.38%、12.20%,其中大部分耕地地力处于中上水平,说明该地区的耕地质量的总体水平比较高。一等耕地是指以流塘口系、浩口系、后湖系、前湖系为代表的耕地。这类土地生产力高、土壤养分含量丰富,土体湿润,呈弱碱性反应,土壤总体质量高。二等地是指以姜家咀系、高家台系、王家垱系为代表的耕地。这类耕地养分含量较为丰富,总体质量较好。

三等地是指以公淌系、万全系、返湾湖系为代表的耕地。这类耕地养分含量欠丰富,总体质量中等。

四等地是指以廖家垸系、江汉系为代表的耕地。其总体质量较差,土体干燥,养分较贫乏,有明显的碳酸钙聚积,其生产力状况较差。这类土壤应增加投入,特别是氮、磷肥。可采取多施有机肥、轮作换茬、改良土壤、培肥等措施。

本研究根据选取评价因子的三个原则选择了12个自然要素作为参评因子,运用层次分析法确定各因子权重,客观反映了地力等级的差异。不同地区可以根据当地的自然条件及田间试验结果,因地制宜地选择评价因子。例如,对于江汉平原后湖样区,其土体构型与理化性状及排灌情况是重要的评价因子,而地貌类型、成土母质由于地处平原可以不予考虑。

在一个农场的范围内,气候因素的影响并不大,未列入参评因子。如果在一个地区气候的差异对耕地的生产能力产生重要影响,则必须予以考虑。

不同地区的自然条件及人为耕作习惯不同,所以对参评因子的选择相当重要,应尽量减少社会因素的空间差异和人为因素对耕地地力评价的影响,这方面仍有待于进一步研究。

本研究以全国农业行业标准(NY/T 309-1996)为框架,在此基础上结合《湖北省基本农田保护区耕地地力分等定级暂行办法》与样区实际情况对耕地自然地进行综合评价,这样有助于全国耕地地力情况的汇总与交流,而在全国十个等级的基础上,各地根据需要进行细分或合并,能够反映各地的实际情况,增强实际应用功能,这也符合农业部即将开展的“全国耕地基础地力调查”的要求,具有较好的应用前景。

另外,全国农业行业标准(NY/T 309-1996)根据粮食单产水平将全国耕地划分为十个地力等级,年产大于 $13\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 为一等地,小于 $1\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 为十等地,每 $1\ 500\ \text{kg}$ 为一个等级。而样区调查的各土系经济产量(1998年)数据与耕地地力综合指数是一致的,但就具体田块而言,有些四等地的最高产量也可达到一等地的产量标准。因此,从宏观上看,在一个气候条件、耕作方法基本一致的地区范围内,依据经济产量了解该地

区耕地是可行的,但对于具体田块,农民的经济能力、文化水平、思想意识以及采用的技术措施都对耕地的实际产量有重要影响。适当的栽培措施能够在低产土壤上获得较高的产量;反之,不当的人为因素可能会限制土壤潜在肥力的发挥,用耕地自然属性评价的结果更能反映土壤的潜在生产力。

5 小结

1) 江汉平原后湖地区地力等级水平处于一、二等的占68.42%,而处于第四等的只有12.20%,因此该地区地力等级水平较高。

2) 利用GIS和RS技术可以快速准确地获取评价数据,确定评价单元。同时,研究中建立起来的耕地资源数据库,可以通过遥感资料和各种监测数据及时进行数据更新,从而获得变化了的耕地资源信息和专题图片,相对于传统的耕地资源调查研究大大节省了人力、物力和财力,提高了效率。

3) 利用层次分析法和多因素综合评价方法,可以完全依据耕地自然要素进行评价,由此获得的评价结果既克服了凭经验确定分级指数主观方法的弊端,更能准确地反映耕地的地力等级差异。

4) 耕地地力等级评价是涉及面广,综合性强的问题,它对于合理利用和科学管理土地资源,促进我国人口、资源、环境与社会经济的持续、稳定和协调发展具有重要的理论和实践意义。

[参 考 文 献]

- [1] 刘卫东. 土地资源学[M]. 上海: 上海百家出版社, 1994, 17~81.
- [2] 彭望禄, Pierre R, 程惠贤等. 农业信息技术与精确农业的发展[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 9~11.
- [3] 中华人民共和国农业部. 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.
- [4] 周 勇, 张海涛, 汪善勤等. 江汉平原后湖地区土壤肥力综合评价方法及其应用[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 70~74.
- [5] Saaty T L. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation[M]. New York: McGraw Hill, 1980.
- [6] 吴国庆. 土地资源利用合理性评价的原则、指标体系及其方法初探[J]. 国土与自然资源研究, 1991, 4: 57~63.
- [7] 张炳宁, 张月平, 张秀美等. 基本农田信息系统的建立及应用[J]. 土壤学报, 1999, 36(4): 510~521.
- [8] 周 勇, 李 倩, 张海涛等. 基于RS和GIS的农用土地物元综合评价[J]. 水土保持学报, 1999, 5(2): 75~80.
- [9] Burrough P A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation[J]. Journal of Soil Science, 1989, 40: 477~490.
- [10] 陈建飞, 刘卫民. Fuzzy综合评价在土地适宜性评价中的应用[J]. 资源科学, 1999, 21(4): 71~74.

Natural productivity evaluation of cultivated land based on GIS and RS data in Houhu Farm of Jiangnan Plain

Zhang Haitao¹, Zhou Yong¹, Wang Shanqin¹, Tang Honghua¹, Liu Hong², Lei Xinmei², Wang Dehua²

(1. Key Laboratory of Subtropical Soil Resources & Environment, the Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China;

2. Houhu Farm Enterprise of Qianjiang, Qianjiang, Hubei Province, 433100, China)

Abstract: In order to share the soil information widely and promote cultivated land resource management reasonable, the natural productivity is evaluated using the GIS and RS data in Houhu Farm of Jiangnan Plain. According to the principles of land evaluation, after analyzing multifarious factors of cultivated land evaluation, the indexes of factors are gained. And the method of Analytical Hierarchy Process (AHP) is used in this study to obtain the weight of evaluating factors. Being integrated these methods and models with GIS and RS data, the productivity of cultivated land is evaluated rapidly and exactly. With GIS software package, the map of results is drawn. The productivity of cultivated land in Houhu Farm of Jiangnan Plain is in 1, 2, 3 and 4 grades, and the percent in areas is 20.99%, 47.43%, 19.38% and 12.20%, respectively. Using the GIS and RS technology, the cultivated land database could be developed and evaluation units & data could be obtained quickly. Thus the efficiency of work could be improved. By analyzing the differences of the results, the impeding factors could be picked up. As a result, the management of cultivated lands could be enhanced and the meliorator could be oriented.

Key words: GIS & RS data; productivity of cultivated land; analytical hierarchy process