

张良洁,袁希平,甘淑,等.面向西双版纳热区的耕地质量评价体系构建[J].江苏农业科学,2019,47(3):257-261.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.061

# 面向西双版纳热区的耕地质量评价体系构建

张良洁<sup>1</sup>,袁希平<sup>1,2</sup>,甘淑<sup>1,2</sup>,朱赞<sup>1</sup>,袁远<sup>3</sup>

(1.昆明理工大学国土资源工程学院,云南昆明 650093; 2.云南省高校高原山地空间信息测绘技术应用工程研究中心,云南昆明 650093; 3.云南农业大学植物保护学院,云南昆明 650201)

**摘要:**西双版纳位于我国西南的热带区域,其适宜的耕地资源有限,针对该热带区域自然条件的特殊性,常规的耕地质量评价体系存在一定的局限性。基于GIS空间分析技术尝试构建针对热带区域的耕地质量评价体系,选取西双版纳勐海县作为研究对象,就区域内地形起伏变化大、耕地形状不规整和其他热带区域的自然特征,充分考虑光温生产潜力和耕地规整度等因素,基于土地利用现状图提取得到耕地质量评价单元,并将耕地质量的影响因子空间关联到评价单元;然后以德尔菲(Delphi)法确定选定因素的权重,采用层次分析法计算每个评价单元的综合分值,测算耕地质量等级。评价结果得出:1~6级耕地分别占全县耕地总面积的0.17%、5.45%、30.95%、45.01%、17.99%、0.43%。该评价体系的构建是对西双版纳热区耕地资源评价的一次有益尝试,对于该区域土地资源的调查、管理和规划等工作有一定的借鉴意义。

**关键词:**耕地质量;热区;光温生产潜力;田块规整度;德尔菲法

**中图分类号:** F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)03-0257-05

耕地质量评价既是全面掌握耕地质量状况、促进土地资源节约集约利用的基础;也是当前研究耕地质量变化,建立健全耕地质量评价,改进完善评价指标体系、方法,达到“质量、数量和生态三位一体保护耕地”的目的。据近年来国内外学者的研究,耕地质量评价方法的研究在不断地发展:从单纯的关注评价数量到关注质量<sup>[1]</sup>;从人为划分土壤肥力状况的数量级评定质量到多方面的评价耕地质量<sup>[1-3]</sup>;从大尺度粗略

评价耕地质量等级到基于地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)比较精细地评价耕地质量。耕地质量评价在GIS和RS技术发展的推动下,逐渐向多目标综合化、评价标准化和精细化发展。

近年大部分耕地质量等级评价方法都是基于栅格数据<sup>[4]</sup>,将耕地图斑切分为锯齿状栅格来进行评价,这样不能保证耕地图斑的完整性,评价准确率也有所降低;常规的耕地质量评价标准在计算光温生产潜力时仅仅采用光温生产潜力比的粗略估计值来进行估计<sup>[5-6]</sup>;仅依据沟渠、水窖等水源基础设施的完善程度,主观地判断灌溉保证率是否满足耕作需要<sup>[7]</sup>;这样的评价方法存在对耕地质量影响因素考虑不充分,评价成果不够精细等问题。

针对西双版纳热区具有代表性的云南省勐海县辖区的耕地,本研究利用GIS平台的空间分析技术,整理了勐海县县域内耕地的11项相关数据,将获取的信息关联到空间图层,从

收稿日期:2018-09-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:41561083,41861054)。

作者简介:张良洁(1994—),女,云南楚雄人,硕士研究生,主要从事资源环境遥感和土地资源管理研究。E-mail: liangjiezhang@163.com。

通信作者:袁希平,博士,教授,主要从事土地资源管理和环境地质遥感,E-mail: bo5200909@163.com;袁远,硕士,助理研究员,主要从事植物保护和生物防治研究,E-mail: yuan940@qq.com。

动物功能群的影响[J].应用生态学报,2017,28(6):1860-1868.

[11] 殷秀琴,蒋云峰,陶岩,等.长白山红松阔叶混交林土壤动物生态分布[J].地理科学,2011,31(8):935-940.

[12] Wang Q Y, Zhou D M, Cang L, et al. Indication of soil heavy metal pollution with earthworms and soil microbial biomass carbon in the vicinity of an abandoned copper mine in Eastern Nanjing, China[J]. European Journal of Soil Biology, 2009, 45(3): 229-234.

[13] 刘任涛,赵哈林,赵学勇.半干旱区草地土壤动物多样性的季节变化及其与温湿度的关系[J].干旱区资源与环境,2013,27(1):97-101.

[14] 寇新昌,殷秀琴.长白山地不同次生林土壤动物群落多样性特征及其分布格局[J].山地学报,2017,35(4):429-436.

[15] Schwarz B, Dietrich C, Cesarz S A, et al. Non-significant tree diversity but significant identity effects on earthworm communities in

three tree diversity experiments[J]. European Journal of Soil Biology, 2015, 67: 17-26.

[16] 孙儒泳.动物生态学原理[M].3版.北京:北京师范大学出版社,2001:110-113.

[17] 曹四平,刘长海.土壤动物群落特征及生态功能研究进展[J].延安大学学报(自然科学版),2017,36(4):38-42.

[18] 王振中,张友梅,邢协加.土壤环境变化对土壤动物群落影响的研究[J].土壤学报,2002,39(6):892-897.

[19] 张俊霞,刘贤谦.太谷县枣园土壤动物与土壤养分的关系[J].山西农业大学学报(自然科学版),2005,25(1):8-11.

[20] 罗金明,尹雄锐,叶雅杰,等.大中型土壤动物对内陆盐沼沿退化序列环境的指示研究[J].草业学报,2014,23(2):287-295.

[21] 刘任涛,朱凡,赵哈林.北方农牧交错区土地利用覆盖变化对大型土壤动物群落结构的影响[J].草地学报,2013,21(4):643-649.

自然状况、生态安全状况、空间状况和区位状况四方面构建一套评价体系,评价掌握西双版纳热区的耕地质量状况,分析该区域在近年建设用地占用、灾害损毁、生态退耕、土地整治、农业结构调整等措施后耕地质量的最新状况,对热区农业生产提供基础依据,为完善耕地质量监测网络和年度更新监测成果奠定技术基础。

## 1 材料与与方法

### 1.1 主要数据源

勐海县位于云南省西南部、西双版纳州西部,地处  $99^{\circ}56' \sim 100^{\circ}42'E$ 、 $21^{\circ}27' \sim 22^{\circ}31'N$  之间。东接景洪市,东北接普洱市思茅区,西北与澜沧县毗邻,西和南与缅甸接壤。地处横断山系怒山山脉南延部分,属滇西南山原地貌区;属亚热带高原季风气候,年平均气温  $18.1^{\circ}C$ ,全年平均日照时长  $2\,024.9\text{ h}$ ,平均降水量  $1\,341.4\text{ mm}$ ;区域内主要河流有澜沧江、流沙河、南果河、勐往河、南览河等,流域总面积  $4\,937\text{ km}^2$ ;表层土壤质地为砾质沙质土、多砾质沙质土、黏质土和壤土。从气候条件和生态环境等方面都属于热区农业土地资源的典型代表(图 1)。

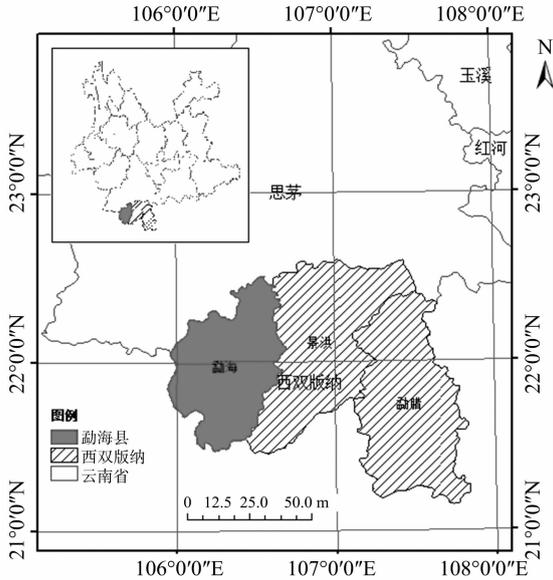


图1 研究区位置

在试验中获取的主要数据源包括研究区的行政区划图,2015 年的土地利用现状图和该区域的 30 m 分辨率数字高程模型(digital elevation model,简称 DEM),并依据土地变更调查成果提取出耕地、道路、村庄等矢量信息。

### 1.2 数据处理

数据主要处理流程包括:(1)在 GIS 平台上通过土地利用现状图和行政区划图的叠置分析获取耕地质量评价单元;(2)将表层土壤质地、土壤 pH 值、年降水量、气温、日照时长等数据进行整理并运用克里金(Kriging)插值法将其创建属性图层信息<sup>[8]</sup>;(3)在 GIS 平台上对研究区的 DEM 数据进行坡度分析;(4)对道路交通、沟渠进行邻近度分析;(5)依据评价因子和评价权重,以德尔菲(Delphi)法为基础构建评价体系(因德尔菲法易受专家个人主观因素影响,因此在实际评价体系的构建中加入了实地调查耕地产量和经济社会效益修

正指标的权重,具体如“3”所示)。(6)采用以上构建的评价体系在 GIS 平台上计算出每个评价单元的耕地质量综合分值,将得到的综合分值作为耕地质量等级评价的依据(图 2)。

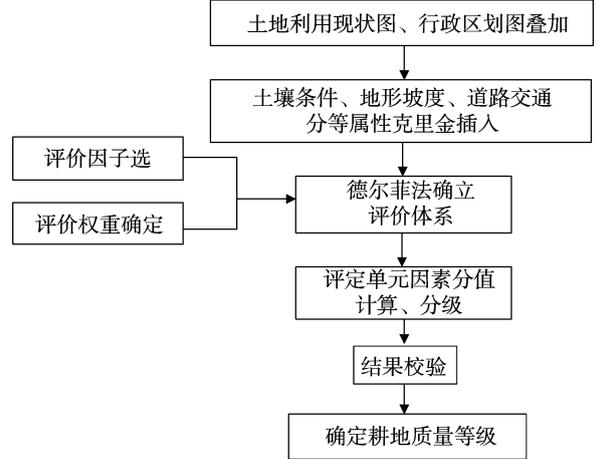


图2 耕地质量等级评定技术路线

### 1.3 评价指标选择

在表层土壤质地、剖面构型、有机质含量、pH 值、排水条件等诸多影响耕地质量的因素中,选取的耕地质量评价指标应能全面反映耕地的自然、社会经济和环境健康等情况。参考历年耕地质量评价的研究,根据研究区的耕地资源状况,本研究选取 11 项耕地质量影响因子,从 4 个方面评价耕地质量:自然质量,包括光温生产潜力指数、表层土壤质地<sup>[9]</sup>、土层厚度,土壤 pH 值、灌溉条件;生态安全,包括地形坡度、排水条件<sup>[10]</sup>;空间形态,包括田块连片度、田块规整度;区位,有耕作便利度。

1.3.1 自然质量评价指标 耕地自然质量条件是影响耕地质量的重要因素,也是评估区域生产力的基础。影响耕地自然质量因素包括光、温、水、土的相关因素,研究区耕地广布从平原至丘陵、从水田到旱地,耕地自然条件差异明显,现行的农用地质量等级评定属于大尺度的耕地质量评价<sup>[11-12]</sup>,因此本研究针对热区耕地的自然条件状况选取了光温生产潜力、表层土壤质地、土层厚度、土壤母质、土壤 pH 值和灌溉条件 6 项指标来构建评价体系。

其中,因光温生产潜力是反映水稻、橡胶、香蕉等热带作物是否适合种植的总指标,目前采用的《农用地质量分等规程》中根据光温生产潜力与气候生产潜力仅把云南分为 5 个区域,对热区光热条件的评价不够精细;所以,该评价体系中光温生产潜力采用考虑到温度、光照辐射、年平均日照时长、纬度及海拔这 6 项影响光温生产潜力因子的光温产量模型计算,计算公式如下:

$$LTTP = f(T)RPP;$$

$$f(T) = 1 / (1 + e^{2.052 - 0.1617});$$

$$RPP = 0.219 \times GRI;$$

$$GRI = 170\,292 + 20.73 \times h \times \phi + 0.07 \times h \times \phi。 \quad (1)$$

式中:LTTP 表示光温生产潜力,  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ;  $f(T)$  表示温度系数; RPP 表示辐射生产潜力,  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ; GRI 表示总辐射强度, 万亿  $\text{J}/\text{m}^2$ ;  $h$  表示年平均日照时长,  $\text{h}$ ;  $\phi$  表示纬度,  $^{\circ}$ 。

1.3.2 生态安全评价指标 耕地的生态安全评价主要是看滑坡、泥石流等地质灾害对耕地生态系统稳定性及可耕性的

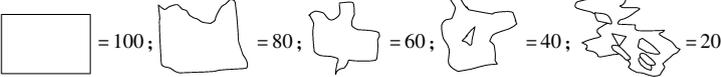
影响。西双版纳热区是澜沧江和流沙河流域重要的生态屏障,控制热区耕地的保水保肥能力,可以保护热区耕地生态环境,减轻滑坡、泥石流等地质灾害对生态安全的威胁。结合研究区地质灾害发生原因,本研究选取地形坡度和排水条件来评价耕地的生态安全条件。

1.3.3 空间形态评价指标 耕地的空间形态评价主要反映田块形状、集中程度对耕地产量、价值及生态功能的影响。本研究选取田块规整度、田块连片度 2 个指标,评价耕地空间形态。采用人工判断的方法,对依据评价单元的形状对耕地的

田块规整度进行精细的判定;田块连片度依据评价单元面积大小进行评定,田块连片度越好,越有利于耕种,越易于进行机械化作业推广。

1.3.4 区位条件评价指标 耕地的区位条件反映耕作便利度对农户土地利用行为产生的影响。本研究采用 ArcGIS 的空间邻近度分析省道、县道、乡道、田间道、生产路辐射对农户耕作提供的便利状况,选取耕作便利度评价耕地区位条件。在 0~100 分区间内,采用层次分析法(AHP)对各评价单元的耕地质量进行量化。量化标准如表 1 所示。

表 1 研究区域耕地质量评价指标量化标准表

| 一级指标   | 二级指标    | 量化标准范围及其赋值  |
|--------|---------|---|
| 自然因素   | 光温生产潜力  | 25.328 9~23.448 4 t/hm <sup>2</sup> = 100; 23.448 3~21.568 4 t/hm <sup>2</sup> = 80; 21.568 3~19.687 6 t/hm <sup>2</sup> = 60; 19.687 5~17.807 2 t/hm <sup>2</sup> = 40; 17.807 1~15.926 7 t/hm <sup>2</sup> = 20 |
|        | 土壤质地    | 壤土 = 100; 黏质土 = 75; 沙土 = 50; 多砾质沙土 = 25   |
|        | 土层厚度    | 200~173 cm = 100; 172~147 cm = 80; 146~120 cm = 60; 119~94 cm = 40; 93~67 cm = 20   |
|        | 灌溉条件    | 1 326~1 302 mm = 100; 1 301~1 279 mm = 75; 1 278~1 255 mm = 50; 1 254~1 232 mm = 25   |
|        | 土壤 pH 值 | 6.5~6.0 = 100; 5.9~5.5 = 75; 5.4~5.0 = 50; 4.9~4.5 = 25   |
| 生态安全因素 | 地形坡度    | 0°~2° = 100; 3°~6° = 80; 7°~12° = 60; 13°~15° = 40; 16°~25° = 20  |
|        | 排水条件    | 优 = 100; 良 = 80; 中 = 60; 较差 = 40; 差 = 20  |
| 空间     | 田块连片度   | 370 725.68~296 580.20 m <sup>2</sup> = 100; 296 580.19~222 435.45 m <sup>2</sup> = 80; 222 435.44~148 290.30 m <sup>2</sup> = 60; 148 290.29~74 145.15 m <sup>2</sup> = 40; 74 145.14~1.06 m <sup>2</sup> = 20    |
| 形态因素   | 田块规整度   |  = 100; = 80; = 60; = 40; = 20  |
| 区位因素   | 耕作便利度   | 便利 = 100; 不便利 = 50  |

1.4 指标权重的确定

每个指标的权重是不一样的,评价指标通过德尔菲法<sup>[12]</sup>确定各项因素的权重,其中的因素权重先是专家经验初定研究区域耕地质量评价指标和权重,后又参考实地调查耕地产量及经济社会效益检验修正,最终确定无影响因素后得研究区耕地质量评价指标及权重表(表 2)。

表 2 研究区域耕地质量评价指标和权重

| 一级指标   | 一级指标权重 | 二级指标    | 二级指标权重 | 综合权重 |
|--------|--------|---------|--------|------|
| 自然因素   | 0.4    | 光温生产潜力  | 0.3    | 0.12 |
|        |        | 土壤质地    | 0.2    | 0.08 |
|        |        | 土壤厚度    | 0.2    | 0.08 |
|        |        | 灌溉条件    | 0.2    | 0.08 |
|        |        | 土壤 pH 值 | 0.1    | 0.04 |
| 生态安全因素 | 0.2    | 地形坡度    | 0.6    | 0.12 |
|        |        | 排水条件    | 0.4    | 0.08 |
| 空间因素   | 0.2    | 田块连片度   | 0.5    | 0.10 |
|        |        | 田块规整度   | 0.5    | 0.10 |
| 区位因素   | 0.2    | 耕作便利度   | 1.0    | 0.20 |

1.5 评价指标的量化

将 1 个因素下细化的各个指标进行量化,然后用加权求取每个因素的量化指标值,其计算如下:

$$G = \sum_{i=1}^n X_i \times Y_i;$$

$$Z = \sum_{k=1}^n G_k \times W_k. \quad (2)$$

式中:G 表示一级指标的得分;X<sub>i</sub> 表示第 i 个二级指标的得分;Y<sub>i</sub> 表示第 i 个二级指标的权重;W<sub>k</sub> 表示第 k 个一级的权

重;Z 表示图斑综合分值。

2 结果与分析

在 GIS 平台上,采用字段计算器计算综合因素权重分值,每个评价单元都会得到 1 个综合分值,均能反映耕地的质量。将最终的综合指数分为 6 个等级,得到研究区耕地质量评价等级结果。

2.1 一级指标量化结果分析

研究区全域耕地自然因素分值介于 43~87 之间,平均值为 59.36,从量化结果来看,研究区整体耕地自然质量一般,自然质量较好的耕地数量约占全县耕地的 1/6,主要分布在格朗和乡和西定乡这 2 个湿热条件较好的乡镇;自然质量一般的耕地占全县耕地的 1/2,主要分布在勐遮镇和勐往乡这 2 个地势平坦的乡镇;自然质量相对较差的耕地占全域耕地的 1/3,主要分布在勐海镇和勐宋乡这 2 个乡镇。

研究区全域耕地生态安全因素分值介于 20~100 之间,平均值 62.95,从量化结果看,研究区耕地整体生态安全条件较好,全县生态安全条件较差的耕地占全县耕地总面积的 1/10,全县各个乡镇均有分布;全县 2/3 区域的生态安全为中间值;全县生态条件较好区域约 1/5,主要分布在勐海镇、勐遮镇等地势平坦、沟渠完善较好的乡镇。

研究区全域耕地空间因素分值介于 20~70 之间,平均值为 38,从量化结果来看,研究区整体耕地空间因素较差,全县空间因素较差的耕地占全县耕地总面积的 3/4,主要分布在西定乡、布朗山乡这 2 个坡度较陡的乡镇;空间因素一般的区域约占全县耕地总面积的 1/6,分布在全域范围内;空间因素

较好的区域仅占全县耕地的 1/12,主要分布在有农场的勐遮

镇、打洛镇和勐海镇等。一级指标量化结果如图 3 所示。

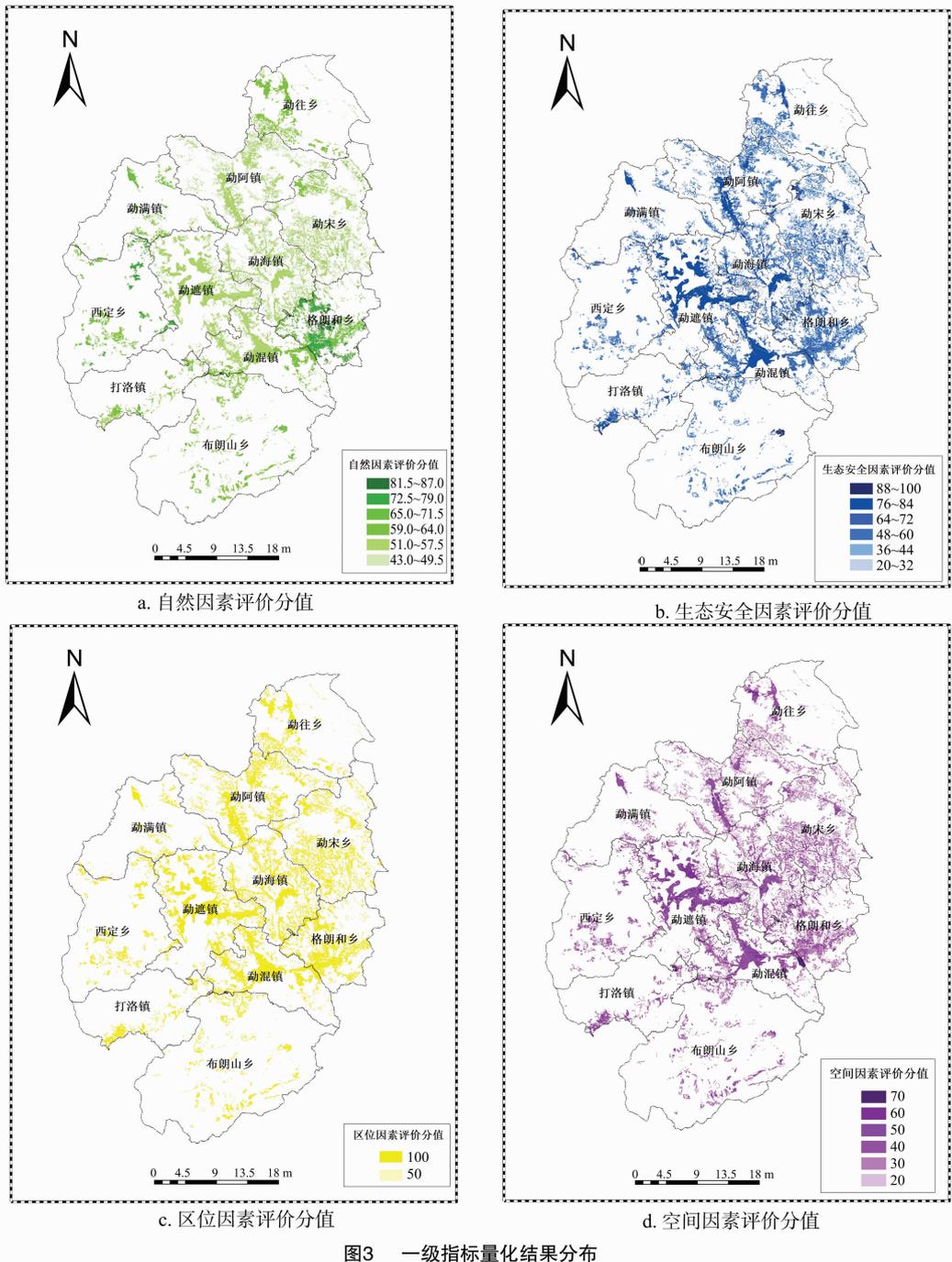


图3 一级指标量化结果分布

研究区全域耕地区位因素值介于 50 ~ 100 之间,平均值为 96.79。从量化结果看,研究区整体区位条件较好,全域区位因素较差的耕地仅占全县耕地的 1/25,零星分布于西定乡和布朗山乡;其余大部分耕地间公路及乡村道路纵横交错,运输粮食及耕作所需农药肥料便利度高。

### 2.2 耕地质量综合量化结果分析

层次分析法指标体系量化结果表明,研究区全域耕地质量分值在 44.1 ~ 79.5 之间,耕地整体质量一般,量化平均值为 59.85,采用自然断点法将耕地分为如下 6 个等级:一级耕地分值为 73.6 ~ 79.5 之间,面积为 137.61 hm<sup>2</sup>,占研究区全

域耕地总面积的 0.17%,大部分分布在格朗和乡,较少部分分布在西定乡和打洛镇。结合二级指标分值来看,一级耕地光温生产潜力、土壤母质、土壤 pH 值、灌溉条件、排水条件、田块连片度和耕作便利度分值均较高。应维持耕地现有的土壤环境,严格控制非农建设占用,建设西双版纳热区优质农产品生产的主力区。

二级耕地分值为 67.7 ~ 73.6 之间,面积为 4 366.27 hm<sup>2</sup>,占全县耕地总面积的 5.45%,主要分布在格朗和乡,较少分布在勐满镇、打洛镇和布朗山乡。结合二级指标来看,二级耕地光温生产潜力、灌溉条件较好,排水条件、耕作

便利度较优,坡度较陡、土层厚度较薄、土壤 pH 值偏酸性,其他条件一般。应施用有机肥、施行秸秆还田、合理调整农业种植模式含氮豆类与其他粮食经济作物轮作、农药农膜减量、回收利用农具等。

三级耕地分值在 61.8 ~ 67.7 之间,面积为 24 773.08 hm<sup>2</sup>, 占全县耕地总面积的 30.95%, 勐阿镇分布最少,其余各乡镇均有分布。结合二级指标分析,三级耕地土层厚度、灌溉条件和田块连片度情况较差,耕作便利度较好,其余几项指标质量良莠不齐。应加强地力建设和土壤性状改善,尽可能进行测土配方施肥,对土壤 pH 值偏酸性区域增施酸性土壤改良剂,适当进行土地平整,增设配套沟渠。

四级耕地质量分值在 55.9 ~ 61.8 之间,面积为 36 029.74 hm<sup>2</sup>, 占全县耕地总面积的 45.01%, 在勐满镇、打洛镇和布朗山乡分布较少,其余乡镇大面积分布。结合二级指标来看,四级耕地土壤质地较好、土壤 pH 值适宜耕种,但土层厚度较薄,其余几项条件一般。应适当覆土,增加耕作层厚度,加强耕地保水保肥条件,测土配方施肥,提升耕地质量。

五级耕地质量分值在 50 ~ 55.9 之间,面积为 14 398.29 hm<sup>2</sup>, 占全县耕地总面积的 17.99%, 主要分布在勐宋乡、勐阿镇、勐海镇。结合二级指标分析,五级耕地土壤质地较好,土壤 pH 值条件和灌溉条件一般,但光温生产潜力较差。应适度进行土地整治完善农田水利设施配套,增强耕地保水保肥能力,稳定提升耕地综合质量,可进行大棚种植,改善光温劣势。

如图 4 所示,六级耕地质量分值在 44.1 ~ 50.0 之间,面积为 343.03 hm<sup>2</sup>, 约占全县耕地总面积的 0.43%, 主要分布在勐宋乡和勐海镇。结合二级指标分析,六级耕地的土壤质地较好,但土层厚度薄,灌溉条件及坡度情况一般,排水条件状况参差不齐。应结合当地农业生产习惯进行农作物种植结构调整,适度进行土地整治,增加土层厚度,增配沟渠等灌排设施,提升耕地综合质量。

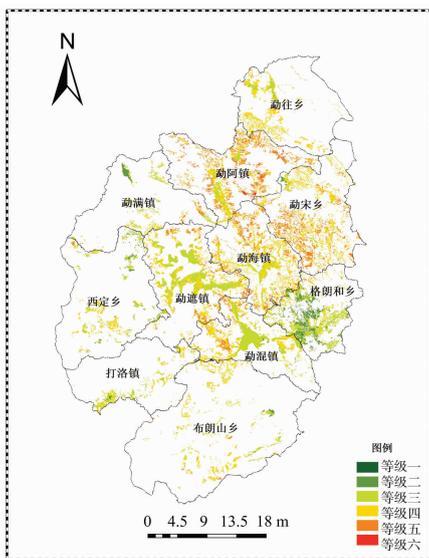


图4 研究区耕地质量等级分布

### 3 结论与讨论

本研究在借鉴已有研究的基础上,面向西双版纳热区实际情况,构建了西双版纳热区耕地资源评价体系,从空间分布揭示勐海的耕地质量及限制因素的条件分异,讨论了不同等级耕地的保护治理措施建议。研究表明,耕地质量评价结果帮助获取了研究区耕地质量分布状况,可以因地制宜地将水稻、茶叶、香蕉等作物依据生长所需条件安排在二级指标适宜其生长区域;了解耕地发展的限制性条件,有针对性地进行土地整治改进,提高耕地质量的同时降低土地整治成本;对耕地进行科学的保护;长期的耕作在农药化肥施用加重的今天,耕地质量评价的结果可以为耕地土壤的科学化保护提供详细信息。总之,本研究采用的这些评价指标可以成为保护耕地、改善耕地质量和区域发展规划的有用工具,用来保护具有重要经济价值的西双版纳热区耕地资源。

研究通过自然因素、生态安全因素、空间形态因素和区位因素四方面判定耕地质量等级,能够在一定程度上分析明确耕地质量优劣原因,有助于针对性治理措施的选取,但对基础数据依赖性较强,须要实地获取的众多数据信息。田块规整度指标以体现耕地空间质量,采用人眼判别获取参数,方法笨拙、工作量较大,须要深入开展空间形态模型的选择分析。所以,针对热区耕地质量评估的指标体系仍有待后续研究深入,进一步丰富与充实。

#### 参考文献:

- [1] 付国珍, 摆万奇. 耕地质量评价研究进展及发展趋势[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 226-236.
- [2] 高向军, 马仁会. 中国农用地等级评价研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 165-168.
- [3] 沈仁芳, 陈美军, 孔祥斌, 等. 耕地质量的概念和评价与管理对策[J]. 土壤学报, 2012, 49(6): 1210-1217.
- [4] 唐秀美, 陈百明, 路庆斌, 等. 栅格数据支持下的耕地适宜性评价研究——以山东省章丘市为例[J]. 资源科学, 2009, 31(12): 2164-2171.
- [5] 张桂川. 辽宁清原县耕地质量等别年度更新评价研究[J]. 农业工程技术, 2017, 37(14): 24-25.
- [6] 许泉立, 杨昆, 易俊华. 基于GIS的云南省勐海县耕地地力评价分析[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(12): 2788-2793.
- [7] 林文勋. 滇西边境县研究书系勐海县[M]. 昆明: 云南大学出版社, 2016: 1-134.
- [8] 刘晓娜, 封志明, 姜鲁光, 等. 西双版纳土地利用/土地覆被变化时空格局分析[J]. 资源科学, 2014(2): 0233-0244.
- [9] 李雯雯, 吴荣涛. 基于层次分析法的伊川县耕地地力评价[J]. 河北农业大学学报, 2013(2): 216-221.
- [10] 王铭烽, 田凤霞, 贺秀斌, 等. 三峡库区耕地质量评价[J]. 山地学报, 2017, 35(4): 556-565.
- [11] 路婕, 李玲, 吴克宁, 等. 基于农用地分等和土壤环境质量评价的耕地综合质量评价[J]. 农业工程学报, 2011(2): 323-329.
- [12] 徐嵩婷. 德尔菲法的应用及其难点[J]. 中国统计, 2006(9): 57-59.