

# Rice Planting Suitability Evaluation Based on Land Quality Evaluation in Xinshao County, Hunan Province

Zhenhuan Liao<sup>1\*</sup>, Zhijia Lin<sup>2#</sup>, Xinyue Chen<sup>1</sup>, Bowen Luo<sup>1</sup>, Zhenbao Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

<sup>2</sup>Hunan Geological Survey Institute, Changsha Hunan

Email: #9672935@qq.com

Received: Sep. 19<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 4<sup>th</sup>, 2019; published: Oct. 11<sup>th</sup>, 2019

## Abstract

In order to allocate cultivated land resources reasonably and accelerate the construction of high-standard basic farmland, a more accurate evaluation of the suitability of rice cultivation was carried out in Xinshao county, Hunan province. Firstly, 12 evaluation indexes are screened and identified. Secondly, based on the Xinshao County Land Quality Geochemical Survey work results database and the local rice demand for the growing environment, a hierarchical analysis model is established. At the same time, the GIS spatial analysis technique is used to simulate the spatial difference of the geochemical data, and then the Delphi method is used. Delphi obtains the membership degree of each index and constructs the judgment matrix. The weight of each index is obtained by using MATLAB mathematics software, and the Roughness Strength Index is calculated and evaluated. The results showed that the arable land area in the highly suitable area of Xinshao county accounted for 26.03% of the total cultivated land area, 26.83% of the suitable cultivated land area, 40.14% of the barely suitable area, and 7.00% of the unsuitable cultivated land area. Through the correlation analysis between the collected rice samples and the measured Cd content of rice seeds and the rice planting suitability index (RSI) obtained by this evaluation method, it was found that there was a significantly negative correlation between the two. With the increase of RSI, the Cd content in rice seeds gradually decreased, which means that the quality of rice caused by the food chain and the damage of the ecological environment may be reduced. This result proves the correctness and practicability of the evaluation method in terms of ecological safety. This paper applies land quality geochemical data to evaluate the suitability of rice planting. Compared with the previous use of descriptive indicators in agricultural planting suitability evaluation, it can avoid the influence of subjective factors and index grading on the evaluation results. Our evaluation of the most non-plant suitability provides new ideas and greatly promotes the development of ecological agriculture.

## Keywords

Rice, Planting Suitability, Land Quality, Analytical Hierarchy Process (AHP), Xinshao County

\*第一作者。

#通讯作者。

# 湖南省新邵县基于土地质量评价的水稻种植适宜性评价

廖振环<sup>1\*</sup>, 林治家<sup>2#</sup>, 陈新跃<sup>1</sup>, 罗博文<sup>1</sup>, 陈珍宝<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南科技大学资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭

<sup>2</sup>湖南省地质调查院, 湖南 长沙

Email: #9672935@qq.com

收稿日期: 2019年9月19日; 录用日期: 2019年10月4日; 发布日期: 2019年10月11日

## 摘要

为合理地配置耕地资源, 加快高标准基本农田建设, 以湖南省新邵县为研究对象, 开展了更加精准的水稻种植适宜性评价。首先筛选和确定了12个评价指标, 其次在基于新邵县土地质量地球化学调查工作成果数据库和当地水稻对生长环境的需求建立层次分析模型, 同时结合GIS空间分析技术对地球化学数据进行空间差值模拟, 然后利用特尔菲法(Delphi)获取各指标隶属度并构建判断矩阵, 使用MATLAB数学软件求出各指标的权重, 计算获取水稻种植适宜性综合指数(Relative Strength Index), 进行适宜性评价。结果表明: 新邵县高度适宜区的耕地面积占耕地总面积26.03%, 适宜耕地面积占26.83%, 勉强适宜地区占40.14%, 而不适宜耕地面积为7.00%。通过收集的水稻样品, 并使用实测水稻籽实的Cd含量和通过该评估方法获得的水稻种植适宜性指数(RSI)进行相关性分析, 发现两者之间存在显著的负相关。随着RSI的增加, 水稻籽实中的Cd含量逐渐下降, 这意味着可能由食物链引起的稻米质量的提高和生态环境的危害减少。该结果证明了该评价方法在生态安全性方面的正确性和实用性。本文应用了土地质量地球化学数据来评价水稻种植适宜性, 与以往在农业种植适宜性评价中广泛使用描述性指标相比, 可以避免主观因素和指标分级模糊不清对评价结果造成的影响, 为我们进行作物种植适宜性评价提供了新的思路, 大大地促进了生态农业的发展。

## 关键词

水稻, 种植适宜性, 土地质量, 层次分析法, 新邵县

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

土地质量是一个综合概念, 是与农业生产、林业生产、环境保护与管理等各种土地利用的需求相关的土地条件。其内涵包括3部分, 即土地的生态环境质量、土地的经济质量和土地的管理质量[1]。耕地是最重要的农业资源之一, 耕地质量是国家粮食安全和农产品质量安全的重要基础[2]。中国耕地的现状是山地面积大, 平地面积小, 其中耕地所占比重小。不论是在实践过程中, 还是理论研究上, 对耕地进

行质量评价是需要得到重视的工作[3]。而耕地适宜性评价是根据某种利用方式的特定要求, 确定最适合于耕地的利用方式, 也是合理利用耕地、提高耕地利用效率的基础[4], 它能够为制定土地利用决策和科学编制土地利用规划提供基本依据[5]。

水稻种植生态适宜性评价是指对水稻在某区域内的气候、地形、土壤等环境条件适宜性程度进行的综合性评价[6], 地理信息系统在计算机硬、软件的支持下可以对整个研究空间中有关的地理分布数据进行整理、分析、描述, 并且该技术手段在农业适宜性评价中的应用越来越普及[7] [8]。如唐嘉平等[9]基于 GIS 对海南省三亚市热带作物种植进行了适应性评价, 周琼华[10]在 GIS 的支持下对厦门市同安区绿色蔬菜地的适宜性及其质量进行评价研究, 叶协锋等[11]在 GIS 的支持下对河南省许昌市种植烟草的土壤肥力适宜性进行评价, 聂文芳[12]基于 GIS 对安徽省广德县耕地水稻种植适宜性进行定量的评价。通过科学系统地开展土地适宜性评价, 能够高效合理地规划耕地资源, 并且有效地促进区域内经济和农业的可持续发展。

稻米是中国最主要的粮食作物, 全国总人口中把稻米作为主食的超过 60%, 而水稻是我国种植面积最大、单产量最高、总产量最多的粮食作物, 因此水稻生产在我国粮食生产中占有极其重要的地位[13] [14]。影响水稻生产的主要因素可以分为人为因素、自然条件限制因素和社会经济条件三个方面, 本文主要从自然条件限制因素来考虑对评价区水稻种植的适应性进行研究, 如影响水稻生长的土壤理化性质、质地、土壤养分、土壤环境、灌排能力等因素[15] [16]。目前, 在国内水稻种植适应性评价中大部仍然主要以部分地学条件和土壤养分条件, 并结合气候因素或社会经济因素作为评价指标, 很少有把土壤及农产品中的重金属污染问题, 及土壤环境污染的指标考虑进来, 这与国外相比已经严重滞后了[17] [18] [19] [20]。湖南省在全国农业发展中具有举足轻重的地位, 是著名的“鱼米之乡”, 并且享有“湖广熟, 天下足”的美誉, 但由于工业化、城镇化的快速发展, 各种土壤污染问题也越来越严重[21]。本文根据在湖南省邵阳县内进行土地质量化学评价的基础上, 根据建立的新邵县土地质量地球化学调查工作成果数据库中的数据, 选取土壤养分、土壤质地、土壤理化性质和土壤环境等多项指标进行水稻种植适宜性评价, 并对评价方法进行检验, 探讨土地质量地球化学数据反映的水稻种植适宜性问题以及二者之间的联系, 这不仅为我们进行农作物适宜性评价提供了新的思路和方法, 也为合理规划研究区的农业种植结构提供了科学依据, 提高了土地资源的利用效率, 更加有利于实现农业的可持续发展。

## 2. 研究区概况

### 2.1. 地质概况

新邵县隶属于湖南省邵阳市, 位于湖南省中部, 介于邵阳盆地和新涟盆地之间, 山地丘陵面积多, 呈北高南低, 南向敞开, 逐级递降形态。该县属于中亚热带季风湿润气候区, 雨季较长且集中, 降水充沛(见表 1)。研究区内地层出露较全, 岩性多样, 光、热、降水随地势变化, 垂直差异明显, 为多种土壤的形成奠定了物质基础, 同时受到复杂的地形、气候、成土母质及繁多的植被衍生的影响, 加速了土壤的形成, 呈现出由高到低, 自南向西变化的特点。该县区域内土壤成土母质主要以花岗岩风化物、砂砾岩风化物、砂页岩风化物、石灰岩风化物、红岩风化物和第四纪松散堆积物为主。在所有土类中以红壤和水稻土分布面积最广(图 1)。本次研究区为新邵县基本农田保护区, 主要为水田和旱地, 面积约为 445.80 km<sup>2</sup>, 其中水田占耕地比例超过 90%, 基本以种植水稻为主。

### 2.2. 土地质量概况

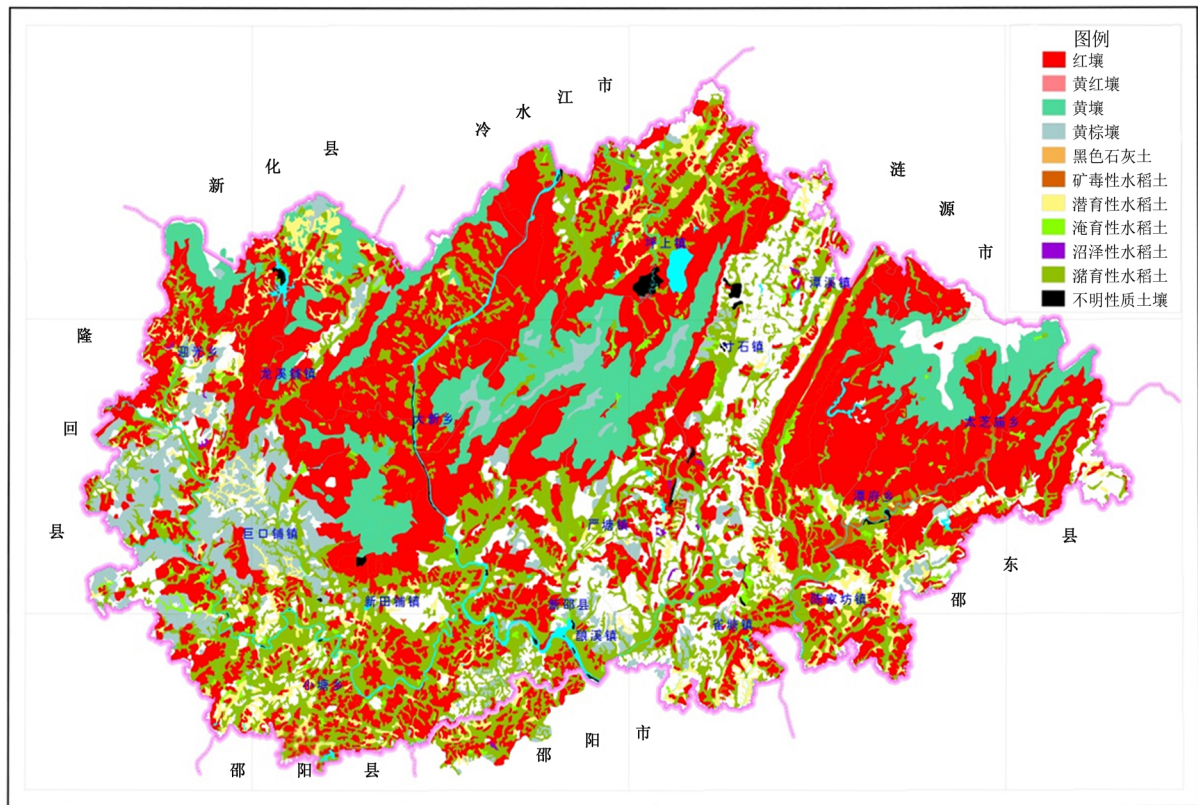
通过对新邵县的评价区土地质量地球化学调查研究可知, 如图 2 所示, 评价区内土地质量总体情况较

好, 清洁、轻微污染和轻度污染的土地面积占总面积比例超过 90%。其中以轻度污染土地面积最为广泛, 而中度及以上污染的土地面积较少, 仅占 8%左右, 且只集中分布在北部的坪上镇, 具体情况见表 2。

**Table 1.** Monthly precipitation in Xinshao County over the years

**表 1.** 新邵县历年各月平均降水量

月份/项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降水量(mm)	48.4	69.5	115.6	187.3	221.2	175.5	113.9	112.7	48.8	80.47	72.5	41.7
降水日数(D)	1.4	13.6	17.5	18.1	17.5	15.2	11.2	12	8	11.5	11.3	11.2



**Figure 1.** Soil type map of Xinshao County

**图 1.** 新邵县土壤类型图

**Table 2.** Statistical table of land quality grades of Xinshao County in the study area

**表 2.** 研究区新邵县土地质量等级统计表

级别	含义	所占面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)
一级	清洁	100.017	22.44
二级	轻微污染	110.750	24.84
三级	轻度污染	201.440	45.19
四级	中度及以上污染	33.592	7.54

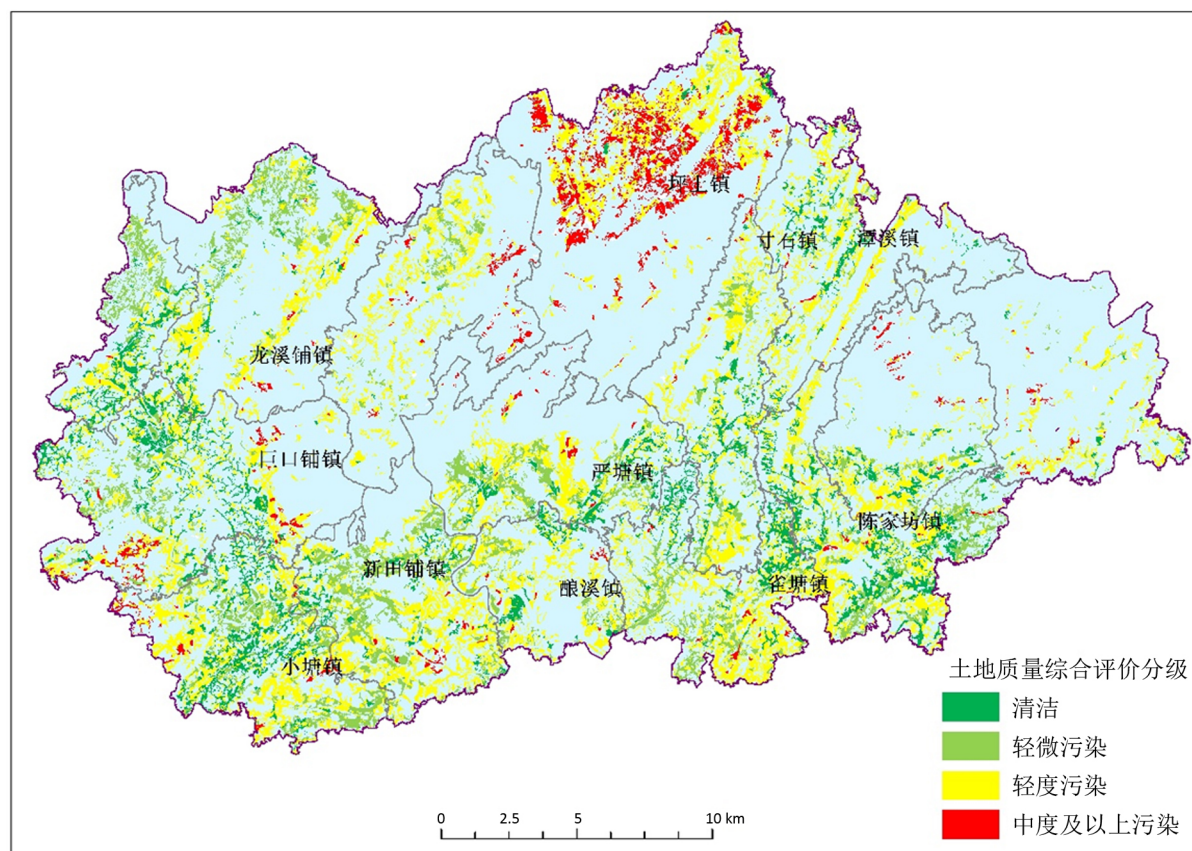


Figure 2. Spatial distribution map of comprehensive land quality evaluation in the evaluation area  
图 2. 评价区土地质量综合评价空间分布图

### 3. 评价方法及流程

#### 3.1. 评价数据的获取

研究区内共采集了土壤表层土样样品 3480 件, 重复样点 77 个; 水稻稻穗样品 60 组, 重复样品 3 组。首先将采集的样品按照《DZ/T029-2016 土地质量地球化学评价规范》[22]中的要求进行加工处理和编号整理, 处理好后将样品送至湖南省国土资源部长沙矿产资源监督检测中心进行进一步的处理和土地质量地球化学指标的化验测试, 让所用的数据的质量得到保证。后期将测试数据与研究区二调土地现状图斑进行整合, 建立研究区的土地质量地球化学调查工作成果数据库。

#### 3.2. 评价指标的选取和确定

评价指标是研究内容的数量与质量的衡量标准。任何评价都是建立在指标基础上的, 指标选择是否合适直接影响到评价的科学性和准确性。同时, 本研究选择评价因子时遵循以下主要原则: ①重要性原则; ②差异性原则; ③稳定性原则; ④易获取原则; ⑤可靠性原则。所以本次评价指标的主要依据研究区的土地质量地球化学调查工作成果数据库中数据和水稻种植所需的生长环境的需要, 并考虑指标的量化和分级等因素。选取的指标有: 地形地貌、耕作层厚度、障碍层类型、土壤质地、有机质、pH、碱解氮、速效磷、有效钾、土壤环境、灌溉水环境、排涝模数等 12 项指标。

指标数据的获取来源于研究区的土地质量地球化学调查工作成果数据库以及已往工作成果, 部分指标数据的等级划分依据《DZ/T 0295-2016 土地质量地球化学评价规范》进行。其中, 地形地貌通过新邵

县遥感影像图以及新邵县地形地势图进行分析整理得到；耕作层厚度和障碍层类型则采用全国第二次土壤普查的数据；土壤质地、有机质、pH、碱解氮、速效磷、速效钾等指标直接采用研究区的土地质量地球化学调查工作成果数据库；土壤环境指标在本文中特指土壤中重金属的污染情况，该数据利用研究区的土地质量地球化学调查工作成果数据库，对每个评价单元中的砷、镉、汞、铅、铬、镍、铜、锌等 8 种土壤重金属污染等级最高的数据进行提取赋值(即重金属污染等级的一票否决制，按最高污染等级赋值)；灌溉水环境和排涝模数这两项指标使用该数据库和野外实地调查综合赋值。

### 3.3. 层次分析模型的建立

层次分析法(AHP)是将与决策相关的元素分解成目标层、准则层、指标层等多个层次，进行定性和定量分析的决策方法[23]。本次研究把水稻种植适宜性评价作为目标层(A)，把影响目标层的立地条件、理化性质、土地质量、灌排条件作为准则层(B)，再把影响准则层中各因素的项目作为指标层(C)，依次划分出这 3 个层次，构建研究区水稻种植适宜性评价层次模型(表 3)。

**Table 3.** Hierarchical model of rice planting suitability evaluation  
**表 3.** 水稻种植适宜性评价层次模型

目标层(A)	准则层(B)	指标层(C)
水稻种植适宜性评价	立地条件	地形地貌
		耕作层厚度
	土壤理化性质	障碍层类型
		土壤质地
		土壤有机质
		土壤 pH
	土地质量	碱解氮
		速效磷
		有效钾
	灌排条件	土壤质量
		灌溉水环境

采用特尔菲法(Delphi)邀请农业院校、科研院所以及当地农技部门等土肥、栽培相关专家讨论、打分确定水稻适宜性评价中立地条件、理化性状、土地质量、灌排条件四大类的判别矩阵(表 4)，以及确定每一类中各个指标的判别矩阵(表 5~表 8)，然后采用 MATLAB 数学软件对个矩阵进行一致性检验并计算出相应权重，一致性检验通过后，各判断矩阵的特征向量即为该县指标相对于上一层的权重，最后将各指标在准则层的权重乘上准则层相对于目标层的权重，计算得出新邵县 12 个指标在水稻适宜性评价中的组合权重(表 9)。

**Table 4.** Rice suitability evaluation judgment matrix  
**表 4.** 水稻适宜性评价判断矩阵

	立地条件	理化性质	土地质量	灌排条件
立地条件	1	3/4	1/3	3/2
理化性质	4/3	1	1/2	3
土地质量	3	2	1	5
灌排条件	2/3	1/3	1/5	1

**Table 5.** Site condition judgment matrix**表 5.** 立地条件判断矩阵

	地形地貌	耕作层厚度	障碍层位置
地形地貌	1	1/2	1
耕作层厚度	2	1	3
障碍层位置	1	1/3	1

**Table 6.** Physical and chemical properties judgment matrix**表 6.** 理化性质判断矩阵

	土壤质地	有机质	PH
土壤质地	1	4	5
有机质	1/4	1	4
PH	1/5	1/4	1

**Table 7.** Land quality discriminant matrix**表 7.** 土地质量判别矩阵

	碱解氮	有效磷	速效钾	土壤环境
碱解氮	1	2/3	2/5	1/5
有效磷	3/2	1	3/5	1/5
速效钾	5/2	5/3	1	1/2
土壤环境	5	5	2	1

**Table 8.** Drainage condition judgment matrix**表 8.** 灌排条件判断矩阵

	灌溉环境	排涝模数
灌溉环境	1	4
排涝模数	1/4	1

**Table 9.** Combination weights of each indicator in the analytic model**表 9.** 层次分析模型中各个指标的组合权重

指标	立地条件	土壤理化性质	土地质量	灌排条件	组合权重
	0.16	0.25	0.49	0.10	
地形地貌	0.24				0.04
耕层厚度	0.55				0.09
障碍层类型	0.21				0.04
土壤质地		0.65			0.16
土壤有机质		0.25			0.06
土壤 PH		0.10			0.03
碱解氮			0.10		0.05
有效磷			0.13		0.06
速效钾			0.24		0.12
土壤环境			0.53		0.26
灌溉水环境				0.80	0.08
排涝模数				0.20	0.02

### 3.4. 指标隶属度的确定

本次评价指标隶属度的确定方法分为两种。第一种是根据专家意见和《DZ/T0295-2016 土地质量地球化学评价规范》，结合相关适宜性评价成果的隶属度划分指导，采用模型评价方法建立隶属度函数模型，计算出评价指标的隶属度，如有机质评价指标，可以建立戒上型函数模型来计算其隶属度。第二种是对于地形地貌、耕层厚度、障碍层类型、土壤质地等定性的指标可以根据研究区实地情况结合当地庄家的讨论或打分直接给出隶属度。例如排涝能力指标被确定为“排涝能力充分”、“排涝能力一般”和“无排涝能力”时，其隶属度分别为 1 和 0，介于此间的指标等级划分可以根据指标的分级特征合理的匹配隶属度。部分指标隶属度表述见表 10。

**Table 10.** Classification of the membership degree of some indicators in the evaluation index of rice planting suitability  
**表 10.** 水稻种植适宜性评价指标中部分指标隶属度的划分

指标	隶属度分值与等级划分				
	1	0.9	0.7	0.4	0.2
耕层厚度(cm)	≥25	20~25	20~15	10~15	≤10
土壤有机质(g/kg)	≥40	30~40	20~30	10~20	≤10
碱解氮(g/kg)	>150	120~150	90~120	60~90	≤60
速效磷(g/kg)	>40	20~40	10~20	5~10	≤5
有效钾(g/kg)	>200	150~200	100~150	50~100	≤50
	1	0.8	0.6	0.3	0.1
土壤环境	一级	二级	三级	四级	五级
灌溉水环境	一级	二级	三级	四级	五级

注：土壤环境指标是根据《土地质量地球化学评价规范》，参照《GB 15618-2018 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》[24]中农用地土壤污染风险筛选值(基本项目)。

### 3.5. 评价方法

本次的适宜性评价主要采用综合指数评价法，即将各评价因子的隶属度与其相对应的准则层的权重相乘，得出每个评价因子的指数值，然后在计算出划分的每一个评价单元内所有参评因子的综合指数值，采用累加法计算出每个评价单元的水稻种植适宜性综合指数(RSI)，计算公式如下：

$$RSI = \sum_{i=1}^n F_i C_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

式中：RSI 为水稻种植适宜性综合指数， $F_i$  为第  $i$  个评价因子的隶属度， $C_i$  为第  $i$  个评价因子的组合权重。

首先对计算出的适宜性指数进行归一化处理，再根据归一后的适宜性指数的分布规律，利用 ARCGIS10.2 软件对其进行间断点分级，并进行适当调整，可以将研究区范围内的水稻种植适宜性分为 4 个等级： $RSI \geq 0.789$  (高度适宜)、 $0.714 \leq RSI < 0.789$  (适宜)、 $0.473 \leq RSI < 0.714$  (勉强适宜)、 $RSI < 0.473$  (不适宜) [25]。

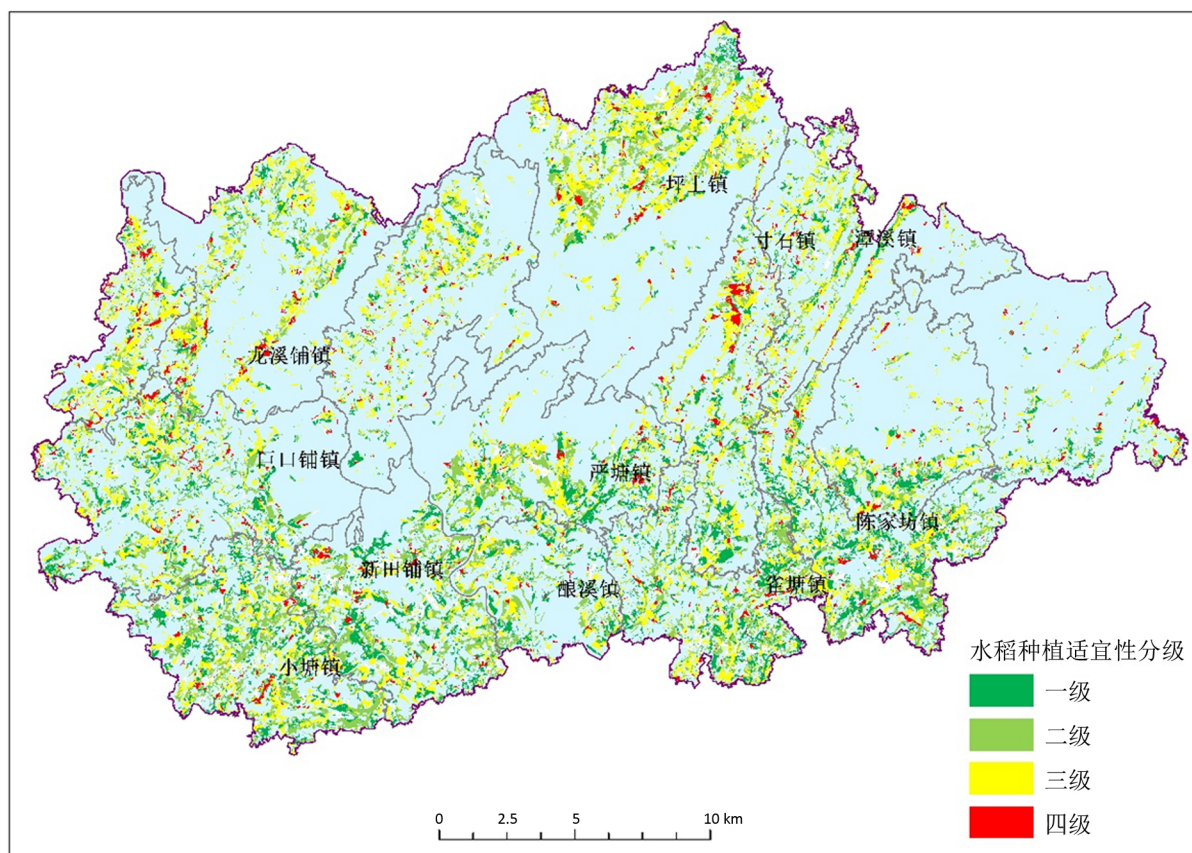
## 4. 结果与分析

通过 GIS 技术构建研究区水稻种植的适宜性分析模型，对新邵县的基本农田保护区水稻种植适宜性进行了评价，得出评价结果表 11 和空间分布图 3。



**Table 11.** Evaluation results of rice planting suitability in the study area  
**表 11.** 研究区水稻种植适宜性评价分级结果

适宜性	水稻种植适宜性综合指数(RSI)	评价单元		评价区面积	
		单元数	比例	面积(km <sup>2</sup> )	比例
高度适宜	≥0.789	6647	23.47%	116.037	26.03%
适宜	0.714~0.789	8561	30.22%	119.621	26.83%
勉强适宜	0.473~0.714	11282	39.83%	178.940	40.14%
不适宜	<0.473	1836	6.48%	31.201	7.00%



**Figure 3.** Spatial distribution of rice planting suitability in the study area

**图 3.** 研究区水稻种植适宜性空间分布

首先通过水稻种植适宜性评价表, 获得了研究区“高度适宜”和“适宜”水稻种植面积分别为 116.04 km<sup>2</sup> 和 119.62 km<sup>2</sup>, 分占基本农田总面积的 26.03% 和 16.83%, 二者分布范围都比较广泛, 其中“高度适宜”水稻种植区域主要分布在研究区南部的小塘镇、新田铺镇、严塘镇和陈家坊镇的部分地区和东部的巨口铺镇及龙溪铺镇的少数地区, 而“适宜”水稻种植面积相对较分散; “勉强适宜”的水稻种植面积在研究区内分布最广、所占面积最大, 面积约为 178.94 km<sup>2</sup>, 占基本农田总面积的 40.14%, 在研究区内较为分散, 但在北边的坪上镇分布较为集中; “不适宜”面积约 31.20 km<sup>2</sup>, 占比 7.00%, 由于所占比例相对较低, 在研究区内呈点状分布, 无明显规律。

我们再结合水稻种植适宜性评价空间分布图可以看出, 研究区大致可以分为三大部分: 南部适宜区、东部变化区和北部勉强适宜区。然后再通过深入的研究各指标与评价结果的相关性, 并结合空间分布图

进行进一步的分析和研究, 可以确定出研究区内不同区域内影响水稻种植适宜性的主要障碍指标, 从而可以对水稻生产进行合理的区划调整:

1) 总体来看南部地区水稻种植适宜性指数高, 该区域地形比较地平, 农田的灌排条件和基本地质条件都比较好, 土壤养分也很充足, 非常适合作为主要水稻种植区域, 但仍然存在少量土壤环境质量问题, 土壤中存在或多或少的重金属污染, 因此当地可依据实地情况, 查明污染源和污染详情, 及时控制和治理土壤的污染, 让该地区的农田充分的发挥作用, 成为主要的粮食生产地。

2) 东部地区地形平坦, 地势较低, 但存在土壤养分不足、土壤 pH 不适宜等问题, 致使部分地区水稻种植适宜性指数较低。因此, 地方政府应根据这些问题加强土壤改良、调节土壤的 pH, 同时合理施肥, 注意有机肥的施用, 增加土壤有效磷等营养成分大的含量, 推广种植适应性较好的水稻品种, 保证水稻生产, 提高水稻品质, 确保粮食增产增收。

3) 北部地区地形条件比较复杂, 地势比较高, 农田耕作条件比较差, 部分地区存在严重的土壤养分缺乏问题和灌排条件差的问题, 且农田分布分散, 因此, 当地应针对这些情况, 首先应该改良耕作条件、提高土壤养分, 并且推广种植适应性较好的水稻改良品种或高抗品种; 其次也要加强土地整治、增建配套的灌溉设施和整合零散地块; 同时, 我们必须学会转换思维方式, 对于部分严重的“不适宜”地区, 我们可以调整种植其他农作物, 如油菜、果蔬、茶等当地适宜的作物, 形成种植规模, 建立销售渠道, 增加当地农民的收入。

## 5. 结果检验

由于在本次水稻种植适宜性评价采用的方法中因其在指标的选取和权重赋值的时候存在较大的偶然性和可变性, 是一种受到主观因素影响的评价方法, 因此需要通过一些方法对评价结果进行验证和对比。

首先, 我们可以通过基于水稻籽中重金属含量的评价方法进行验证。因为水稻品质的优劣可以客观的反映出水稻种植适宜性综合指数的高低, 而水稻籽实中能够的重金属含量的高低直接可以影响水稻的品质, 同时也是人们最为关注的生态健康问题。

我们可以使用水稻籽实中重金属 Cd 含量的实测值与水稻种植适宜性综合指数 RSI 建立相关关系(图 4), 其对应的相关系数为 0.218,  $P = 0.045$ , 存在统计学意义, 二者存在显著的负相关, 即在一定的范围内随着 RSI 的增长, 水稻籽实中重金属 Cd 的含量逐渐降低, 这意味水稻的品质逐渐提高和减少了可能通过食物链对生态环境造成危害。由此, 可以说明水稻中重金属的含量与水稻种植适宜性评价结果趋于一致, 这也证明了在本文中使用的土地质量地球化学数据的准确性。

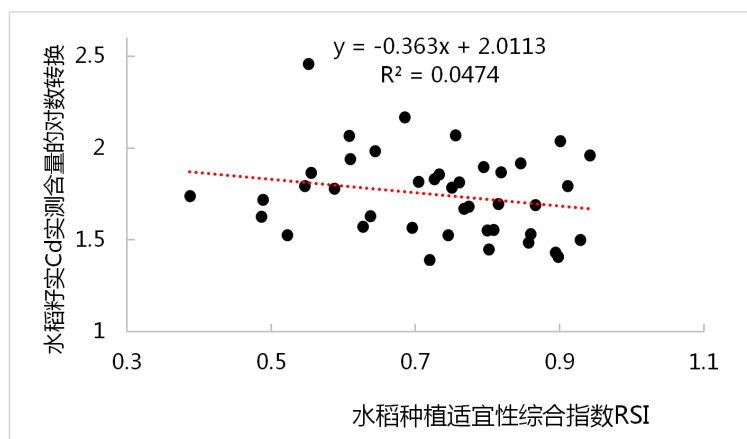


Figure 4. Correlation between Cd content of rice seeds and comprehensive index of rice planting suitability

图 4. 水稻籽实 Cd 含量与水稻种植适宜性综合指数之间的相关关系

## 6. 结论与讨论

在本次对评价区的水稻种植适宜性评价的研究中,充分考虑了土地质量对农业生产的影响,主要包括土壤养分、土壤环境和灌溉水环境三个方面,首先把新邵县土地质量地球化学调查工作成果数据库中的相关数据进行处理,然后再参照《DZ/T0295-2016 土地质量地球化学评价规范》对土壤养分、土壤环境和灌溉水环境进行评价分级,然后再将其作为参评因子,用于水稻种植适宜性评价中。

我们可以通过对比水稻种植适宜性评价空间分布图和评价区土地质量综合评价空间分布图(图 2)来对评价结果进行比照,一般来说土地质量评价等级越高的地方,土壤中的养分条件较好,重金属污染较少,种植农作物的适应性越高。通过对研究区进行土地质量综合评价可以统计出:“清洁”的土地面积占比为 100.02 km<sup>2</sup>,“轻度污染”的土地面积占比为 110.75 km<sup>2</sup>,“轻度污染”的土地面积占比为 201.44 km<sup>2</sup>,“中度以上污染”的土地面积占比为 33.59 km<sup>2</sup>。二者评价结果对比如图 5、图 6 所示。

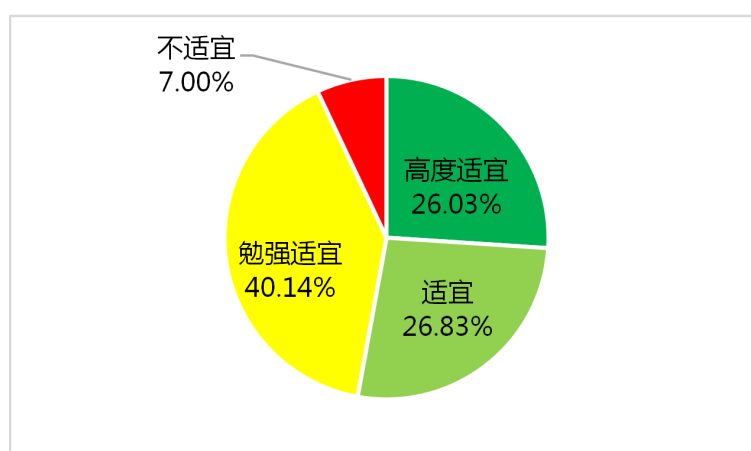


Figure 5. Rating map of rice plant suitability evaluation in the evaluation area  
图 5. 评价区水稻种植适宜性评价分级图

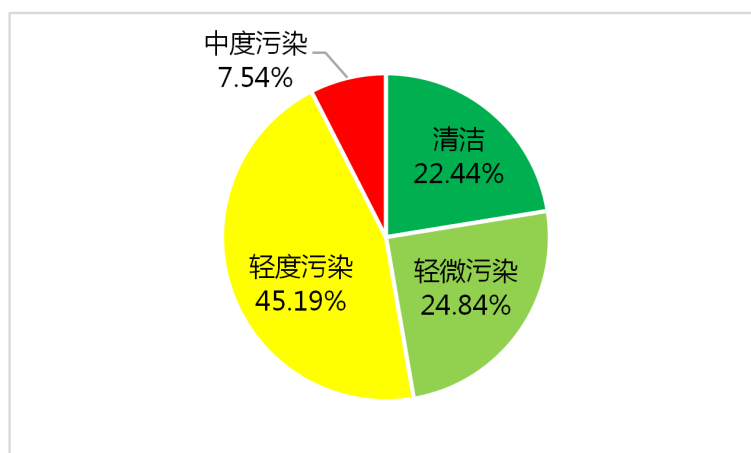


Figure 6. Grading map of comprehensive evaluation of land quality in the evaluation area  
图 6. 评价区土地质量综合评价分级图

通过对比我们可以看出,水稻种植适宜性评价的结果与新邵县土地质量综合评价结果基本相吻合,在新邵的南边和东边土地质量和水稻种植适宜性指数都比较好,该地区的土地质量基本也属于清洁或是

轻微污染的土地。而在北边,特别是坪上镇的北边,这里土地基本都有较高的污染程度,因此在这块区域水稻种植适宜性指数比较低,基本属于勉强种植区域和不适宜种植区域。

根据以上对比分析,我们可以认为,在水稻适宜性种植评价中,如果像前人一样仅仅采用部分地学条件、土壤剖面、灌排条件和部分土壤养分条件等作为评价指标,其评价结果受到主观因素影响较大,因为其中的地形部位、障碍层位置、成土母质等多项评价指标的打分量化严重地依赖于专家的经验 and 判断,评价方法的主观性太强,而且不能给出明确的等级划分以及处理的数据过程比较繁琐。而在本评价方法中使用的数据都来源于在《新邵县耕地质量评价》项目基础上建立的新邵县土地质量地球化学调查工作成果数据库中的地球化学数据,数据可靠真实,再结合 GIS 技术对评价区进行水稻适宜性评价工作,可以加快工作进度、提高评价的精确度,且得到的评价结果客观可信,为合理规划研究区的土地并充分发挥出其潜力提供可靠的依据。

本次水稻种植适宜性评价发现:研究区“高度适宜”和“适宜”水稻种植面积分别为 116.04 km<sup>2</sup>和 119.62 km<sup>2</sup>,分占基本农田总面积的 26.03%和 16.83%,二者分布范围都比较广泛,其中“高度适宜”水稻种植区域主要分布在东部及南部地区,而“适宜”水稻种植面积相对较分散;“勉强适宜”的水稻种植面积在研究区内分布最广、所占面积最大,面积约为 178.94 km<sup>2</sup>,占基本农田总面积的 40.14%,在研究区内较为分散,但在北边的坪上镇分布较为集中;“不适宜”面积约 31.20 km<sup>2</sup>,占比 7.00%,由于所占比例相对较低,在研究区内呈点状分布,无明显规律。该评价方法充分考虑了土地质量中土壤养分、土壤中重金属对水稻种植和生态环境的影响,合理地调整研究区的水稻种植区的规划,不仅为作物的适宜性评价开辟了新的路径,也为生态农业的发展提供了方向,为农业的可持续发展提供了保障。

## 基金项目

湖南省中央引导地方科技发展专项(2017XF5039)和湖南省财政厅和湖南省国土资源厅“新邵县耕地质量调查”项目资助。

## 参考文献

- [1] 任东风,齐欢,赵俊宇.基于 GIS 的阜蒙县耕地质量等别评价[J].测绘与空间地理信息,2019,42(7): 22-26.
- [2] 韩慧杰,夏学齐,吴海东,汤明,姜明亮.基于 GIS 和土地质量地球化学数据的水稻种植适宜性评价——以安徽省青阳县为例[J].中国生态农业学报(中英文),2019,27(4): 591-600.
- [3] 武春林,王瑞廷,丁坤,韩玲.中国土壤质量地球化学调查与评价的研究现状和进展[J].西北地质,2018,51(3): 240-252.
- [4] 李正金,李卫国,李菁,陆一磊.基于多因子分析的水稻种植适宜性研究[J].江苏农业科学,2018,46(16): 271-275.
- [5] 刘斌.基于气候变暖背景下黑龙江省水稻种植适宜性区划初探[J].农民致富之友,2018(1): 70.
- [6] 叶延琼,李韵,章家恩,秦钟,李逸勉.GIS 支持下的广东省水稻种植生态适宜性评价[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(2): 131-136+221.
- [7] 李文西,张月平,毛伟,姜义,陈欣,王长松,张炳宁.水稻种植适宜性评价及指标选取研究[J].农学报,2013,3(4): 19-24+41.
- [8] 贾尚霞.霍邱县水稻适宜性评价[J].农技服务,2013,30(4): 368-369.
- [9] 梁成权,庄恒扬,高辉,仇红.GIS 技术在水稻优质高产栽培中的应用研究进展[J].中国稻米,2013,19(2): 14-17.
- [10] 曾良贵,陈可明,揭红科,黄益国.湖南省水稻生产概况及发展策略[J].湖南农业科学,2013(2): 17-19.
- [11] 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,李永涛,同延安,汪景宽,李涛,鲁明星.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.
- [12] 聂文芳.基于 GIS 的广德县耕地水稻种植适宜性定量评价[J].安徽农学通报(上半月刊),2010,16(21): 148-150.

- [13] 王志刚, 申红芳, 王磊. 我国水稻生产的特点与影响因素调查分析[J]. 中国稻米, 2010, 16(1): 26-29.
- [14] 辛良杰, 李秀彬. 近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 58-65.
- [15] 叶协锋, 李亚娟, 刘国顺, 陈海生. GIS 支持下的植烟土壤肥力适宜性评价——以河南省许昌市为例[J]. 农机化研究, 2007(2): 47-49.
- [16] 朱德峰, 陈惠哲, 徐一成. 我国水稻机械种植的发展前景与对策[J]. 农业技术与装备, 2007(1): 14-15.
- [17] 代磊, 汪诚文, 刘仁志. 宁波市土地生态适宜性评价分析[J]. 环境保护, 2006(24): 40-42.
- [18] 周琼华. GIS 支持下的区域绿色蔬菜地适宜性及其质量评价——以厦门市同安区为例[J]. 中国农学通报, 2006, 22(7): 359-364.
- [19] 方斌, 吴次芳, 吕军. 耕地质量多功能技术评价指标研究——以平湖市为例[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 177-180.
- [20] Kihoro, J., Bosco, N.J. and Murage, H. (2013) Suitability Analysis for Rice Growing Sites Using a Multicriteria Evaluation and GIS Approach in Great Mwea Region, Kenya. *Springerplus*, 2, 265.
- [21] 唐嘉平, 刘钊. 基于 GIS 的特色经济作物种植适宜性评价系统[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18(1): 9-12.
- [22] 国土资源部. DZ/T 0295-2016. 土地质量地球化学评价规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [23] 刘朝亮. 层次分析法在农业系统中的应用研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(13): 228-232.
- [24] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. GB 15618-2018. 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [25] 成宾宾. 宣汉县水稻适宜性评价[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2010.