

土地整治项目对耕地质量等别的影响分析——以元氏县苏阳乡为例

刘佳皓^{1,2,3}, 王艳慧^{1,2,3*}

(1. 首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100048; 2. 首都师范大学三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100048; 3. 首都师范大学城市环境过程与数字模拟国家重点实验室培育基地, 北京 100048)

摘要 [目的]为了充分彰显土地整治工作的综合效益,促进土地节约集约利用。[方法]选取元氏县苏阳乡为研究区,从农用地分等角度,重新确定耕地质量评价指标权重以更新研究区耕地质量等别评价结果,并对筛选出的影响因素指标与耕地质量等别构建多元回归模型,分析揭示各影响因素的作用机制。[结果]土地整治项目可以显著提高耕地质量,研究区耕地质量等别从整治前的国家自然等12等、利用等13等提升至整治后的国家自然等8等、利用等12等。土地整治项目可以通过改善土壤理化性质等方式正向影响耕地质量,对研究区耕地质量影响较大的因素主要是土壤pH、有机质含量、排水条件和灌溉保证率。[结论]研究结果可为实施土地整治提高耕地质量提供理论依据和参考借鉴。

关键词 耕地质量评价;土地整治项目;农用地分等;影响因素分析;多元回归模型

中图分类号 F301.21 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)17-0061-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.17.018



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Influence of Land Consolidation Project on the Cultivated Land Quality—A Case Study from Suyang Township of Yuanshi County
LIU Jia-hao^{1,2,3}, WANG Yan-hui^{1,2,3} (1. Beijing Key Laboratory of Resource Environment and Geographic Information System, Capital Normal University, Beijing 100048; 2. Key Laboratory of 3-Dimensional Information Acquisition and Application, Ministry of Education, Capital Normal University, Beijing 100048; 3. State Key Laboratory Incubation Base of Urban Environmental Processes and Digital Simulation, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract [Objective] The research aimed to fully demonstrate the comprehensive benefits of land consolidation work, and promote land conservation and intensive use. [Method] This paper selects Suyang Township of Yuanshi County as the research area, and re-determines the weight of cultivated land quality evaluation index from the perspective of agriculture land gradation to update the evaluation results of cultivated land quality in the study area, and selects the influencing factors and cultivated land quality, construct a multivariate regression model and analyze the mechanism of action of each influencing factor. [Result] The land consolidation project can significantly improve the quality of cultivated land, and the quality of cultivated land in the study area would be upgraded from the national natural level 12 and utilization level 13 before the consolidation, to the national natural level 8 and utilization level 12 after the consolidation. The land improvement project could positively affect the quality of cultivated land by improving the physical and chemical properties of the soil. The factors that had a greater impact on the quality of cultivated land in the study area were soil pH, organic matter content, drainage conditions and irrigation guarantee rate. [Conclusion] The research results can provide theoretical basis and reference for the implementation of land consolidation to improve the quality of cultivated land.

Key words Cultivated land quality evaluation; Land consolidation project; Agriculture land gradation; Influencing factors analysis; Multiple regression

我国土地利用和农田污染问题突出,导致国家耕地安全面临数量和质量下降的双重威胁。随着土地整治工作的进一步开展,寻求耕地的数量和质量双重保护的目标逐渐明确,成为了土地整治的重点所在^[1]。土地整治将对耕地产生各种方面的影响,因此监测耕地数量和质量的变化就成为了衡量土地整治项目绩效的有效方法^[2]。当前我国耕地质量呈现不断下降的趋势,因此十分迫切需要通过土地整治措施对耕地进行综合治理,从而改善耕地质量影响因素,提高耕地质量等别。当前已有的土地整治项目及耕地质量的研究主要集中在对耕地质量评价发展研究、对耕地质量变化研究和土地整治发展研究3个方面。针对土地整治对耕地质量产生的影响,徐畅等^[3]采用野外采样与室内分析相结合的方法,对土地整治项目实施不同年限后的土壤质量进行追踪,

研究整治年限与土壤质量的改善效果之间的关系。张正峰等^[4]通过量化评估土地整治对田块利用产生影响的方法,对比分析了2个土地整治项目区的国民经济受土地整治项目影响的情况。赵京等^[5]、Fezzi等^[6]通过采用Tobit模型进行最大似然估计的方法,对土地整治与土地利用效率的关系进行研究,并分析了农户关于土地整治的满意程度对土地利用效率的影响。以上学者从土地整治对耕地质量影响的角度进行了分析,但相关研究仍停留在理论层面,较少实证分析。还有部分学者从土地整治前后耕地质量评价的角度进行研究,如牛海鹏^[7]通过将评价因素可比性和光温生产潜力进行修正的方法,测算土地整治耕地质量综合指数对土地整治的影响进行研究;邓燕红等^[8]通过改进土地利用系数和经济系数的计算方法,在农用地分等的基础上新增土壤保水保肥能力等参评指标,以使耕地质量评价结果更准确且具有说服力。余建新等^[9]探究了一种反映土地整治前后耕地质量差异的分等更新方法,在原耕地质量评价体系中增加受土地整治影响较大的修正分等因素,并以此修正分等计算系数。纵观这些研究,大多是从表征对耕地质量情况进行研究,而很少从土地整治与耕地质量之间的内在关系的角度来进行分析。在此背景下,笔者采用农用地分等方法^[10],在上一轮耕

基金项目 国家自然科学基金项目(41771157);国家重点研发计划项目(2018YFB0505400);全国统计科学研究重点项目(2018LZ27);北京市教委科研计划项目(KM201810028014);首都师范大学科技创新平台建设项目。

作者简介 刘佳皓(1995—),男,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向:GIS方法与应用。*通信作者,教授,博士,博士生导师,从事GIS方法与应用研究。

收稿日期 2018-12-14

地质量等级年度更新的基础上修正各分等因素的权重^[11],以此来计算并对研究区耕地质量等级进行评价,并采用多元回归分析方法对各耕地质量因素指标在整治前后的变化情况进行分析,研究土地整治项目对耕地质量等级产生的影响。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 研究区地点位于河北省石家庄市元氏县苏阳乡西部山区,行政区划归属为上庄村与郭北村的集体土地(图1)。研究区为丘陵区,土壤以褐土为主,其次为潮土、草甸土和风沙土。研究区四至:东至上庄村水浇地地界,西至郭北村旱地和裸地地界,南至乡间道路和上庄村农村居民点,北至国有内陆滩涂。研究区地理位置为 $114^{\circ}26'08''\sim 114^{\circ}26'13''E$, $37^{\circ}43'50''\sim 37^{\circ}44'14''N$ 。土地整治面积为 6.7525 hm^2 ,地类为水浇地。土地整治项目批复时间为2014年6月,项目建设期为批复后12个月,实际竣工时间为2015年8月。在土地整治项目前,研究区内杂草丛生,淤积较为严重,灌溉条件较差,土地利用率低,田间道路严重制约机械化耕作,土壤侵蚀也较为严重。因此,研究区较为适合在土地整治的基础上对整治前后耕地质量的变化情况进行研究。

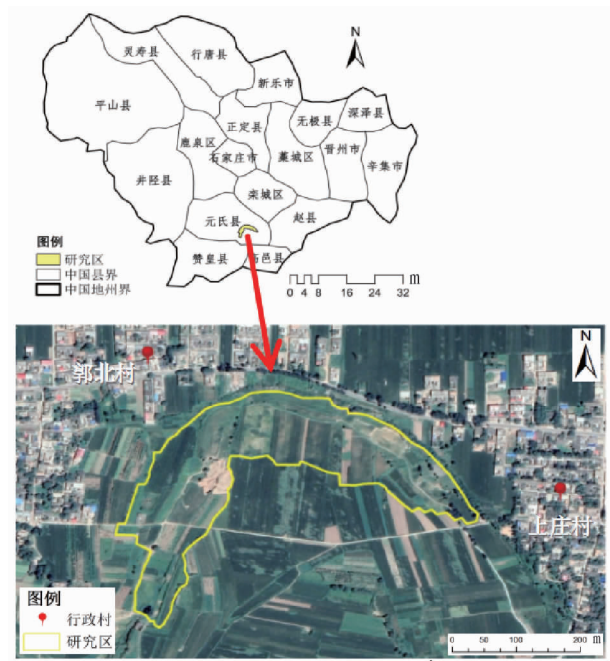


图1 研究区概况

Fig. 1 Overview of the research area

1.2 数据来源与处理 选取的数据为河北省石家庄市元氏县上轮耕地质量等级年度更新数据库(2015年)、河北省耕地质量等级成果补充完善技术报告(2014年)、元氏县1:10 000土地利用现状图(2010年)、来自CNES/Airbus的SPOT卫星影像(2018年)、土地整治项目竣工验收报告及相关部门调查走访获取的数据资料。对于图像数据,在使用前均进行了地理配准、投影变换、几何校正、图像融合和裁剪等预处理。

1.3 研究方法 农用地分等定级是对农业用地自然和经济

两方面属性进行综合评定下的等别和级别的划分,“等”和“级”是耕地质量评价体系中2个不同的层次^[12]。该研究通过农用地分等方法对研究区耕地质量等级进行评价,采用因子分析法研究土地整治项目对耕地质量的影响,并构建多元回归模型揭示土地整治各影响因素对耕地质量影响的作用机制。

1.3.1 耕地质量评价。从农用地分等的角度出发,确定分等因素指标及其权重后,根据作物产量比系数和光温生产潜力指数,计算耕地的自然质量等、利用等和经济等,并根据平衡转换规则将其分别转化为国家等,进而确定耕地质量等级。等级评价具体流程如图2所示,各计算指标参数均来自于《农用地质量分等规程》附录及相关表格数据^[10]。



图2 研究区耕地质量等级评价流程

Fig. 2 The evaluation process of cultivated land quality in the study area

1.3.1.1 确定标准耕作制度。通过查询《农用地质量分等规程》附录得到研究区所在的河北省石家庄市元氏县的标准耕作制度为小麦-玉米及小麦-棉花一年两熟。由元氏县耕地质量等级年度更新数据库(2015年)可知,元氏县基准作物为冬小麦,指定作物为冬小麦和夏玉米。

1.3.1.2 划分分等单元。分等单元是耕地质量评价的最小空间单位,由于研究区不同地块分等因素具有相对同质性而没有明显差异,因此该次评价采用地块法对研究区分等单元进行划分。为确保整治前后评价结果的可比性,采用与整治前评价过程相同的分等单元对整治后的耕地质量进行评价。即将研究区矢量范围图与研究区土地利用现状图(2010年)中指代耕地的图斑进行叠加,将形成的封闭单元作为此次耕地质量等级评价中的分等单元。

1.3.1.3 确定分等因素指标区。计算自然质量分一般有2种方法,即因素法和样地法。由于该研究的研究区耕地情况并不适宜建立跨区域的因素指标体系以采用样地法进行计算,故该研究选择因素法来计算自然质量分^[13]。首先需要

根据各限制性因素的区域分异规律来划分确定分等因素指标区。经查表确定研究区所属的分等因素指标区为“太行山南段冀南山前平原冬小麦/夏玉米一年两熟区”。

1.3.1.4 确定分等因素及权重。由于研究区耕地质量等级成果补充完善技术报告中的分等因素是由河北省农业生产、农业气象、地理科学等领域众多专家及专业人员通过多轮筛选、分析和修正确定的,因此该研究在确定分等因素时,直接沿用研究区耕地质量等级成果补充完善技术报告的分等因素选择。为能更好地揭示土地整治工程因素对耕地质量的影响情况,需对耕地质量评价指标权重进行重新测算。该研究结合使用德尔菲法和层次分析法以确定分等因素指标权重:先邀请各位相关领域专家对分等因素的重要程度进行判断,并在保证判断思维一致性的基础上构建判断矩阵,每个分等因素的权重均通过层次分析法来计算得到。为了使因素指标的权重更加准确,在比较2个指标并衡量指标的相对重要性时,引入了九分位的相对重要的比例尺度,将指标A与指标B对比的重要程度划分为9个等级:极其重要、很重要、重要、略微重要、相同重要、略微不重要、不重要、很不重要和极其不重要,并对指标A与指标B比较的评价值相应赋值为9、7、5、3、1、1/3、1/5、1/7和1/9^[14]。

将各个专家判断的分等因素重要程度结果运用几何平均法进行综合平均,进而根据相对重要比例尺度表构建判断矩阵,之后由指标权重系数计算公式得出各分等因素的权重值。权重系数值的计算公式如下:

$$M_i = \prod_{j=1}^4 a_{ij} \quad (1)$$

$$\bar{w}_i = \sqrt[4]{M_i} \quad (2)$$

$$w_i = \bar{w}_i / \sum_{i=1}^4 \bar{w}_i \quad (3)$$

式中, i 为分等因素编号; M_i 为第*i*行判断矩阵 a_{ij} 的乘积; a_{ij} 为指标A与指标B比较的评价值; \bar{w}_i 为 M_i 的4次方根(n 为评价指标的个数); w_i 为各评价指标的权重。

1.3.1.5 计算项目区自然质量分。根据河北省耕地质量等级成果补充完善技术报告附件中的土壤检测报告和外业调查表来确定地块各分等因素情况,并根据研究区所属分等因素指标区分等因素指标分值记分规则表^[10]进行打分,打分结果如下:①研究区表土质地为壤土,得分为100分;②水利灌溉情况为基本满足,得分为90分;③土壤有机质含量在0.6%~1.0%,得分为40分;④剖面构型层次为壤土—黏土—黏土,得分为90分。

获取各因素指标得分后即可根据公式(4)计算研究区自然质量分。

$$C_{L_{ij}} = (\sum_{k=1}^m w_k \times f_{ijk}) / 100 \quad (4)$$

式中, $C_{L_{ij}}$ 为第*i*个分等单元第*j*种指定作物的农用地自然质量分; w_k 为第*k*个分等因素的权重; i 为分等单元编号; j 为指定作物编号; k 为分等因素编号; m 为分等因素的数目; f_{ijk} 为第*i*个分等单元第*j*种指定作物第*k*个分等因素的指标分值。

1.3.1.6 计算项目区自然等指数。在计算研究区自然等指

数(R_i)之前需要先确定作物生产潜力指数及产量比系数,由研究区耕作制度可得冬小麦和夏玉米的生产潜力指数及产量比系数如表1所示。

表1 指定作物光温生产潜力指数及产量比系数

Table 1 Light temperature production potential index and yield ratio coefficient of designated crop

指定作物 Designated crop	光温生产 潜力指数 Light temperature production potential index	气候生产 潜力指数 Climate production potential index	产量比 系数 Yield ratio coefficient
冬小麦 Winter wheat	1 360	390	1.00
夏玉米 Summer corn	2 355	1 920	0.70

计算指定作物的自然等指数公式如下:

$$R_{ij} = \alpha_{ij} \times C_{L_{ij}} \times \beta_j \quad (5)$$

式中, R_{ij} 为第*i*个分等单元第*j*种指定作物的自然等指数; α_{ij} 为第*j*种作物的光温/气候生产潜力指数; $C_{L_{ij}}$ 为第*i*个分等单元第*j*种指定作物的农用地自然质量分; β_j 为第*j*种作物的产量比。

计算农用地自然等指数公式如下:

$$R_i = \begin{cases} \sum R_{ij} & (\text{一年一熟、两熟、三熟时}) \\ (\sum R_{ij}) / 2 & (\text{两年三熟时}) \end{cases} \quad (6)$$

式中, R_i 为第*i*个分等单元的农用地自然等指数;其他符号的含义同式(5)。

由于元氏县指定作物均为一年两熟制,故 $R_i = \sum R_{ij}$,即为研究区自然等指数。

1.3.1.7 计算项目区利用等指数和经济等指数。在计算研究区利用等指数和研究区经济等指数之前,需要先获取研究区土地利用系数和土地经济系数。根据河北省耕地质量等级成果年度补充完善技术报告(2014年)中的“利用等值区图”与“经济等值区图”,确定研究区综合土地利用系数为0.292,综合土地经济系数为0.293。

研究区利用等指数(Y_i)采用综合土地利用系数法计算,其计算公式如下:

$$Y_i = R_i \times K_L \quad (7)$$

式中, Y_i 为第*i*个分等单元的农用地利用等指数; R_i 为第*i*个分等单元的农用地自然等指数; K_L 为分等单元所属利用等值区的综合土地利用系数。

研究区经济等指数(G_i)采用综合土地利用系数法计算,其计算公式如下:

$$G_i = Y_i \times K_c \quad (8)$$

式中, G_i 为第*i*个分等单元的农用地经济等指数; Y_i 为第*i*个分等单元的农用地利用等指数; K_c 为分等单元所属经济等值区的综合土地经济系数。

1.3.1.8 国家级等别划分及校验。从上述过程中获得的研究区自然等指数(R_i)、利用等指数(Y_i)和经济等指数(G_i)均为省级指标,需将其转化为国家级自然等指数(R_s)、国家级利用等指数(Y_s)和国家级经济等指数(G_s)。省级等别指数与国家级等别指数可采用如下公式进行换算:

$$\begin{cases} R_s = R_i \times 1.208 - 137.84 \\ Y_s = Y_i \times 0.774 + 105.46 \\ G_s = G_i \times 1.402 + 360.00 \end{cases} \quad (9)$$

转化为国家级等指数后,再根据国家级自然等划分间距表(间 400 为一等)、国家级利用等划分间距表(间 200 为一等)、国家级经济等划分间距表(间 200 为一等)来划分确定国家级等别。结合整治前研究区耕地质量评价数据,即可比较研究区整治前后耕地质量等别评价结果。

1.3.2 土地整治对耕地质量影响分析。对研究区样本点进行选取并筛选出适用于进行影响分析的因素指标,通过多元回归分析法研究土地整治影响因素与耕地质量等别之间的内在关系,以各影响因素整治前后的差值为自变量,因变量是耕地国家利用等整治前后指数差,通过计算构建多元回归分析模型,进而分析揭示各影响因素的作用机制。

首先根据研究区土地整治项目主要建设内容及研究区土壤理化性质等实际情况,从耕地质量等别的视角,选取建立候选评价因素指标集。该研究在充分分析土地整治项目对耕地的地力、生态、经济、空间等方面影响的基础上,从以下 4 个方面选择因素指标构成候选因素指标体系集:①土壤质量相关因素指标的选取。土壤质量通过各方面综合作用以影响地力质量进而作用于耕地质量,用以表征土壤质量条件的因素指标有土壤 pH、有机质含量、剖面构型、表土质地、有效土层厚度、盐渍化程度、障碍层距地表深度等。②空间质量相关因素指标的选取。影响空间质量评价因素的主要是耕地形态情况和耕地地表情况。表征耕地形态情况的因素指标选取形状指数、田块平均规模、地形坡度、田块破碎度;表征耕地地表情况的因素指标选取地表岩石露头度。③耕地利用条件相关因素指标的选取。耕地利用条件主要受土地整治项目质量的影响。表征交通基础设施建设的因素指标选取道路通达度;表征水利基础设施建设的因素指标选取灌溉保证率和排水条件。④生态质量相关因素指标的选取。生态质量也是耕地质量的重要组成部分,因此还应从生态质量的角度选取因素指标。表征水资源供应指标选取灌溉水源;表征生态效益的指标选取灌溉水源;表征生态效益的指标确定为植被覆盖率;表征生态压力的指标确定为土壤侵蚀程度。在构建候选因素指标集后即逐个分析候选因素指标的相关性并检验其显著性,从而剔除统计学意义较小的因素指标。

显著性判断的过程采用土地整治前后各因素指标差值进行计算,其相关数据采用样本点法在研究区内选取样本点进行数据获取。该研究采用单对角线法、梅花五点法与棋盘式法相结合的方法进行样本点选取,共计获得 78 个样本点,如图 3 所示。

在计算前对各样本点获取的数据采用 Z-score 法进行标准化预处理,取 1 作为原始数据的标准差映射值以进行标准差归一化,从而使其对于判断耕地质量的影响程度可进行统一比较^[15]。为使土地整治前后的耕地质量具有比较价值,对整治前研究区上轮耕地质量年度更新数据中与整治后评

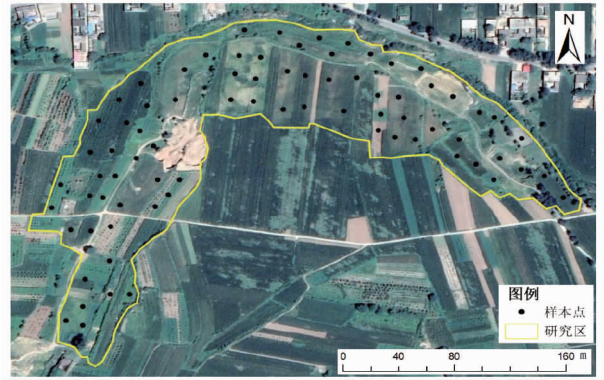


图 3 研究区样本点

Fig. 3 Sample point of the research area

价体系中评价因子和权重不同的部分进行完善,其他部分参数体系保持不变,最终结果作为土地整治前耕地质量的评价结果。

对影响因素进行有关土地整治对耕地质量影响相关性的显著性判断,对各指标进行单因素相关性分析以验证各影响因素与耕地质量变化之间的相关性是否显著^[16]。为了定量分析各种影响因素对土地整治前后耕地质量的影响,对通过显著性判断的各影响因素与耕地质量变化情况进行多元回归分析,通过计算对其构建多元回归分析模型,从而系统地揭示各影响因素对耕地质量等别的影响情况^[17]。之后再根据计算结果对影响原因进行分析,并针对土地整治项目提出合理的政策建议。

2 结果与分析

2.1 耕地质量等别的评定 由研究区属“太行山南段冀南山前平原冬小麦/夏玉米一年两熟区”,可得得分因素有 4 个,即表土质地、灌溉保证率、有机质和剖面构型。根据不同因素的影响程度,对国土方面有关专家的意见进行归纳和总结,并将各因素指标对耕地质量的影响程度进行排序。在此基础上,利用 MATLAB 软件构建判断矩阵 X:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 9 & 1/4 \\ 1/4 & 1/9 & 1 & 3 \\ 1 & 4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

通过公式(1)、(2)和(3)计算各因素指标权重系数如表 2 所示。由计算结果可得各分等因素权重分别为表土质地 0.24、灌溉保证率 0.40、有机质含量 0.12、剖面构型 0.24,计算结果均通过了一致性检测,说明结果具有一定的客观性。

表 2 分等因素权重系数计算

Table 2 Measuring the data involved in the weight

i	M_i	\bar{w}_i	w_i
1	4/3	1.074 6	0.24
2	27/4	1.611 9	0.40
3	1/12	0.5373	0.12
4	4/3	1.074 6	0.24

采用加权平均法,按照公式(4)计算每种指定作物的自然质量分,并通过加权平均计算得出研究区农用地自然质量

分为 0.864。由公式(5)、(6)计算得 $R_i = R_j = 2\ 599.34$,即为农用地自然等指数。由公式(7)计算得 $Y_i = 759.01$,即为农用地利用等指数。由公式(8)计算得 $G_i = 222.39$,即为农用地经济等指数。

由公式(9)可以得出国家级自然等指数 $R_s = 3\ 002.16$ 、国家级利用等指数 $Y_s = 692.93$ 、国家级经济等指数 $G_s = 671.79$ 。根据间距划分表确定国家自然等为 8 等,国家利用等为 12 等,国家经济等为 12 等。

根据元氏县 2015 年度耕地质量等级年度更新数据库(2015 年),整治前,研究区耕地的国家自然等为 12 等,国家利用等和经济等分别为 13 等和 12 等;整治后,采用该研究评价方法确定研究区内现状耕地和新增耕地的灌溉保证率条件达到基本满足,国家自然等提升至 8 等,国家利用等和经济等均提高至 12 等。最终得到整治前后研究区耕地质量等别对比如表 3 所示。

表 3 整治前后耕地质量等别对比

Table 3 Contrast of cultivated land quality before and after remediation

土地整治前后 Before and after remediation	国家自然等指数 National nature index	国家利用等指数 National utilization index	国家经济等指数 National economy index	国家自然等 National nature level	国家利用等 National utilization level	国家经济等 National economy level
整治前 Before remediation	1 199.34	413.65	656.32	12	13	12
整治后 After remediation	3 002.16	692.93	671.79	8	12	12

2.2 土地整治影响因素分析及原因研究

2.2.1 因素指标的筛选。依据耕地质量评价指标体系构建原则,该研究最终确定的耕地质量评价因素指标候选集中包含表土质地、灌溉保证率、有机质含量、剖面构型、盐渍化程度、排水条件、地形坡度、道路通达率、植被覆盖率、田块破碎度、土壤 pH、有效土层厚度、土壤侵蚀程度、灌溉水源、障碍

层距地表深度、田块平均规模、形状指数和地表岩石露头度共计 18 个因素指标。之后从研究区所选取的样本点获取相关数据,通过分等因素指标分值记分规则表^[10]进行量化处理,并采用 Z-score 法进行标准化,之后利用 SPSS 软件的 Pearson 分析工具进行相关性分析,得到影响因素指标的显著性检验结果如表 4 所示。

表 4 影响因素指标的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of impact factor indicators

影响因素类型 Type of influence factor	影响因素 Influencing factor	变量表示 Variable representation	因素含义 Factor meaning	相关性系数 Correlation coefficient	显著性判断 Significance judgment
分等指标因素 Classification index factors	表土质地	A_1	一般指耕地的耕层土壤质地	0.787	显著
	灌溉保证率	A_2	指预期灌溉用水量在多年灌溉中所能够得到的满足程度的百分比	0.897	显著
	有机质含量	A_3	指土壤内有机物质的含量,分为六个级别	0.694	比较显著
	剖面构型	A_4	指土壤剖面中不同质地地层的排列顺序	-0.834	显著
补充敏感因素 Supplementary sensitivity	盐渍化程度	A_5	指由于水分散失导致盐分积累在表层土壤中,所形成的盐化危害的程度	-0.312	不显著
	排水条件	A_6	指受地形和排水体系共同影响的雨后(或灌溉后)地表积水情况	0.851	显著
	地形坡度	A_7	指农田坡面与水平线的夹角度数	-0.341	比较显著
	道路通达率	A_8	指评价单元内田间道路直接通达的田块数占田块总数的比率	0.654	不显著
	植被覆盖率	A_9	通常是指森林面积占土地总面积之比,一般用百分数表示	0.412	比较显著
	田块破碎度	A_{10}	指田块被分割的破碎程度	0.332	不显著
	土壤 pH 值	A_{11}	指土壤溶液的酸碱性强弱程度,以 pH 值表示	0.732	显著
	有效土层厚度	A_{12}	指土壤层和松散的母质层之和的总厚度	0.810	不显著
	土壤侵蚀程度	A_{13}	指以土壤原生剖面被侵蚀的状态为指标划分的土壤侵蚀等级	-0.331	比较显著
	灌溉水源	A_{14}	指天然水资源中可用于灌溉的水体,分为地表水和深浅层地下水	0.498	不显著
	障碍层距地表深度	A_{15}	指土壤障碍层距地表的距离	0.316	比较显著
	田块平均规模	A_{16}	指耕地田块面积之和与田块数量之比	0.673	不显著
	形状指数	A_{17}	指耕地田块形状接近正方形的几何指数	0.197	比较显著
	地表岩石露头度	A_{18}	指基岩出露地面站地面的百分比	-0.452	比较显著

根据分析结果,有 6 个影响因素的相关性为高度相关且通过了置信度为 0.01 的显著性检验,最终确定用以进行多元回归分析的因素指标为有机质含量、灌溉保证率、表土质地、剖面构型、排水条件和土壤 pH。

2.2.2 多元回归分析。利用 SPSS 软件进行多元线性回归分析,自变量为各影响因素整治前后差值,分别用 X_1 (有机质含量)、 X_2 (灌溉保证率)、 X_3 (表土质地)、 X_4 (剖面构型)、 X_5 (排水条件)、 X_6 (土壤 pH)来表示;因变量为研究区耕地国家

利用等指数在整治前后的差值,用 Y 表示。从多元回归分析模型结果(表5)可看出,相关系数为0.891 1,表明 X 和 Y 之间存在高度相关性;拟合优度为0.794,回归方程拟合良好,自变量对因变量的解释力较强; F 显著性统计量的 F 值远小

于显著性水平0.01,因此建立的回归模型被认为是有效的。其中 X_3 、 X_4 的 P 值均大于0.05,因此认为表土质地和剖面构型对耕地质量的变化影响不大。得出回归方程为 $Y = -217.409 + 8.392X_1 + 2.618X_2 - 5.374X_3 + 11.106X_4$ 。

表5 多元回归分析模型
Table 5 Multiple regression analysis model

变量 Number	回归系数 Regression coefficients	标准差 Standard deviation	t 统计量 t statistic	P 值 (P -value)	相关系数 Correlation coefficient(r)	拟合优度 R-squared(R^2)	F 值 (Significance F)
常量 Constant	-217.409	8.695	64.385	0.000 1	0.891 1	0.794	0.000 1
X_1	8.392	0.085	15.372	0.027 0			
X_2	2.618	0.384	18.625	0.001 0			
X_3	-6.209	0.219	-1.473	0.213 0			
X_4	8.734	3.764	2.384	0.172 0			
X_5	-5.374	5.332	-9.568	0.039 0			
X_6	11.106	0.143	26.193	<0.000 1			

2.2.3 原因分析及政策建议。从多元回归模型的构建可以看出,通过显著性检验的各影响因素中,影响因素 X_6 其回归系数绝对值最大,故对耕地质量影响最大的是土壤pH。土地整治前,研究区的土壤呈酸性,平均pH偏低。整治后,由于翻耕工程使得表层土壤产生了剥离和回填,提高了土壤颗粒间的土壤通透性,从而对微生物的氧化还原反应产生促进作用,改善了土壤酸碱环境^[18]。此外,酸肥的减少施用以及增施有机肥料等也是正向影响土壤pH的重要措施;另一个对耕地质量影响较大的因素是 X_1 (有机质含量)。整治前研究区土壤有机质含量呈现集中和不均匀的特点,整治后通过土壤翻耕以及有机肥料的施用,使土壤有机质含量高的区域减少,低含量区域增加,总体趋于均衡;此外,影响因素 X_2 (灌溉保证率)和 X_3 (排水条件)也通过了回归模型的筛选,这得益于整治过程中灌溉与排水工程的实施,通过输水管道的铺设以及蓄水池与阀门井的规划和建设,改善了研究区的排水条件,扩大了保证灌溉面积,同时使得研究区耕地抗洪涝能力明显提高。

土地整治必须以土地利用总体规划为依据,坚持整体规划原则,并根据当地特点因地制宜地采取相应的整治措施。在未来的管理和利用中,应当减少酸肥用量,增加农家有机肥的施用量,这样既能增加土壤有机质含量,又能改善土壤酸碱环境,从而提高耕地质量。此外可以采取土地翻耕的措施,使土壤中的有机质分布更加均匀,同时促进土壤pH的自我调节。充分利用水资源是提高耕地水利条件的主要途径,通过各种沟渠涵管的合理建设,使渠道灌溉有水,排水通畅,即可保证耕地良好的排水条件和灌溉保证率。

3 结论与讨论

该研究以元氏县苏阳乡土地整治项目为例,采用农用地分等方法对研究区耕地质量进行评价,并对整治前后的耕地质量等别变化情况进行分析,通过建立土地整治影响因素与耕地质量变化之间的多元回归模型来研究土地整治项目与耕地质量变化的内在联系。根据评价结果,研究区现状耕地

和新增耕地的灌溉保证率条件均达到基本满足。耕地质量等别从整治前的国家自然等12等、利用等13等提升至整治后的国家自然等8等、利用等12等。研究表明,土地整治项目可以通过改善土壤理化性质等方式从而正向影响耕地质量,对研究区耕地质量影响较大的因素主要是土壤pH、有机质含量、排水条件和灌溉保证率。整治后土壤酸碱环境得到了改善,有机质含量在得到提升的同时分布也更加趋于均匀,管道沟渠的建设使得耕地排水条件和灌溉保证率均达到良好状态,土地整治项目明显改善了耕地基本建设条件。所以建议在今后的管理利用中要减少酸肥施用量和增施有机肥料,更加注重翻耕对耕地质量带来的多方面正向影响。充分提高耕地水利条件,保证在已有的灌溉水源合理发挥作用的前提下,提高输水能力和灌溉保证率,并加强土壤排水措施,防止旱涝灾害。

通过研究土地整治对耕地质量的影响,可以完善土地整治技术体系,指导土地整治项目的总体布局,为土地整治项目提供理论依据和参考。但该研究的研究区数据仅限于县级土地整治项目范围,且由于当地经济条件限制,并不能保证土地整治作用的完全发挥。并且,该研究对研究区土地整治项目的实证分析是基于研究区本身自然条件的基础上进行的,因此得出的结论与建议具有一定的区域限制性。此外,由于评价区域仅限于县级单一土地整治项目的耕地质量评价,因此难以从区域层面阐明土地整治与耕地质量变化之间的关系。今后将尝试以土地整治单个项目为基础单元,进行区域级别的视角分析,从而探究不同地区土地整治项目对耕地质量的影响差异,以指导区域层面土地整治项目的规划和设计,并为不同地区制定差异化的土地整治政策提供依据。

参考文献

- [1] 鄢宛琪,朱道林,汤怀志.中国土地整治战略重塑与创新[J].农业工程学报,2016,32(4):1-8.
- [2] 徐康,金晓斌,吴定国,等.基于农用地分等修正的土地整治项目耕地质量评价[J].农业工程学报,2015,31(7):247-255.

加 9.23 cmol/kg, 有机质增加 14.32 g/kg。施用土壤修复剂土壤有效态镉、有效态砷含量分别降低 41.93%、64.34%, 稻米中镉、无机砷含量分别降低 81.25%、77.92%, 达到国家食品污染物限量标准。施用土壤修复剂还能在一定程度上提高稻谷的长势及产量, 稻谷产量增加 6.82%。因此该土壤修复剂在有效降低农田土壤中镉和砷活性的基础上, 可同时显著降低农产品中重金属镉和砷的含量, 并能一定程度上提高水稻的产量, 在农田重金属修复过程中, 可以施用适量的该土壤修复剂治理污染土壤。

参考文献

- [1] 环境保护部. 全国土壤污染状况调查公报正式公布[J]. 中国环境管理, 2014, 6(2): 26.
- [2] 陈英旭. 环境学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 113-114.
- [3] CHANEY R L, REEVES P G, RYAN J A, et al. An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks[J]. Biometals, 2004, 17(5): 549-553.
- [4] 崔岩山, 陈晓晨. 土壤中镉的生物可给性及其对人体的健康风险评估[J]. 环境科学, 2010, 31(2): 403-408.
- [5] 陈朗, 宋玉芳, 张薇, 等. 土壤镉污染毒性效应的多指标综合评价[J]. 环境科学, 2008, 29(9): 2606-2612.
- [6] 陈同斌. 土壤溶液中的砷及其与水稻生长效应的关系[J]. 生态学报, 1996, 16(2): 147-153.
- [7] 唐彬, 邱亚群, 胡立琼, 等. 含铁材料修复砷污染土壤的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(12): 3692-3695, 3729.
- [8] VAN VLIET O P R, FAAIJ A P C, TURKENBURG W C. Fischer-Tropsch diesel production in a well-to-wheel perspective: A carbon, energy flow and cost analysis[J]. Energy conversion and management, 2009, 50(6): 855-876.
- [9] 林海, 靳晓娜, 董颖博, 等. 膨润土对不同类型农田土壤重金属形态及生物有效性的影响[J]. 环境科学, 2019, 40(2): 945-952.
- [10] 蔡瑞, 李玉奇. 生物质炭对不同质地镉污染土壤性质及有效镉的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(3): 70-72.
- [11] 陈晓婷, 王果, 梁志超, 等. 钙镁磷肥和硅肥对 Cd、Pb、Zn 污染土壤上小白菜生长和元素吸收的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2002, 31(1): 109-112.
- [12] 张海勃, 李相奎, 白瑞琴, 等. 硅肥和钙镁磷肥对作物吸收重金属镉的抑制作用研究[J]. 内蒙古农业科技, 2013(4): 54-55.
- [13] 刘大镗, 郭明选, 高汉清, 等. 施用生石灰对镉污染酸性土壤中水稻镉积累的影响[J]. 湖南农业环境科学, 2016(12): 24-26.
- [14] 蓝兰, 涂仕华. 不同中微量及有益元素对土壤 pH 和镉有效性的影响[J]. 四川农业科技, 2018(3): 43-47.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [16] 张传琦, 程丽娅, 黄勤, 等. ICP-MS 法测定土壤中有效态砷的研究[J]. 分析试验室, 2011, 30(7): 83-86.
- [17] 梁学峰, 徐应明, 王林, 等. 天然黏土联合磷肥对农田土壤镉铅污染原位钝化修复效应研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(5): 1011-1018.
- [18] 刘昭兵, 纪雄辉, 王国祥, 等. 赤泥对 Cd 污染稻田水稻生长及吸收累积 Cd 的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(4): 692-697.
- [19] 王林, 徐应明, 孙扬, 等. 海泡石及其复配材料钝化修复镉污染土壤[J]. 环境工程学报, 2010, 4(9): 2093-2098.
- [20] 朱奇宏, 黄道友, 刘国胜, 等. 改良剂对镉污染酸性水稻土的修复效应与机理研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 847-851.
- [21] 罗远恒, 顾雪元, 吴永贵, 等. 土壤调理剂对农田土壤镉污染的原位钝化修复效应研究[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(5): 890-897.
- [22] 王林, 徐应明, 孙国红, 等. 海泡石和磷酸盐对镉铅污染稻田土壤的钝化修复效应与机理研究[J]. 生态环境学报, 2012, 21(2): 314-320.
- [23] 陈杰, 宋靖琦, 张晶, 等. 不同钝化剂对铜污染土壤原位钝化修复[J]. 土壤, 2016, 48(4): 742-747.
- [24] 谢洪珍. 某金矿含砷铅碱性工业废水的处理试验研究[J]. 湿法冶金, 2011, 30(4): 336-339.
- [25] 蒋茂林, 彭润土及其复合材料脱除模拟废水中砷(V)的试验研究[D]. 南宁: 广西大学, 2013.
- [26] 任海, 付立东, 王宇, 等. 硅肥与基本苗配置对水稻生长发育、产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(1): 108-116.
- [3] 徐畅, 高明, 谢德体, 等. 土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 242-248.
- [4] 张正峰, 杨红, 谷晓坤. 土地整治对平原区及丘陵区田块利用的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(3): 1-8.
- [5] 赵京, 杨钢桥, 汪文雄. 农地整理对农户土地利用效率的影响研究[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2271-2276.
- [6] FEZZI C, HARWOOD A R, LOVETT A A, et al. The environmental impact of climate change adaptation on land use and water quality[J]. Nature climate change, 2015, 5: 255-260.
- [7] 牛海鹏. 河南省土地开发整理耕地质量综合指数测算[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2006, 25(4): 301-305.
- [8] 邓燕红, 黄炎和, 涂凯, 等. 土地整理项目区耕地质量评价方法研究: 以福建省长泰县为例[J]. 福建农业学报, 2015, 30(6): 599-604.
- [9] 余建新, 魏巍, 廖晓虹, 等. 土地整治项目区农用地质量分等方法的修正[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 234-240.
- [10] 全国国土资源标准化技术委员会. 农用地质量分等规程: GB/T 28407—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [11] 张侠, 张成, 尚国珩. 石家庄市土地利用分区研究[J]. 中国国土资源经济, 2015, 28(7): 53-57.
- [12] 马瑞明, 马仁会, 韩冬梅, 等. 基于多层次指标的省域耕地质量评价体系构建[J]. 农业工程学报, 2018, 34(16): 249-257.
- [13] 文虎, 易正炳, 王新军, 等. 基于 GIS 的农用地定级研究: 以新疆五家渠垦区为例[J]. 中国农学通报, 2016, 32(2): 186-192.
- [14] SHEREKAR V, TATIKONDA M, STUDENT M E. Impact of factor affecting on labour productivity in construction projects by AHP method[J]. Int J Eng Sci Comput, 2016, 6(6): 6771-6775.
- [15] 张慧, 王洋. 中国耕地压力的空间分异及社会经济因素影响: 基于 342 个地级行政区的面板数据[J]. 地理研究, 2017, 36(4): 731-742.
- [16] 杨子, 刘曙光, 宁静, 等. 典型黑土垄作区耕地沟蚀对土壤养分的影响研究[J]. 土壤, 2017, 49(2): 379-385.
- [17] 张立新, 朱道林, 谢保鹏, 等. 中国粮食主产区耕地利用效率时空格局演变及影响因素: 基于 180 个地级市的实证研究[J]. 资源科学, 2017, 39(4): 608-619.
- [18] 匡雨花, 叶英聪, 赵小敏, 等. 基于农用地分等修正的土地整治项目对耕地质量的影响评价[J]. 农业工程学报, 2016, 32(17): 198-205.

(上接第 66 页)