

赵瑞, 吴克宁, 宋文, 等. 潮土区耕地地力评价及空间差异性敏感因素分析——以温县为例[J]. 江西农业大学学报, 2019, 41(3): 619-630.



潮土区耕地地力评价及空间差异性敏感因素分析

——以温县为例

赵 瑞¹, 吴克宁^{1,2*}, 宋 文¹, 宋恒飞¹

(1. 中国地质大学(北京) 土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 自然资源部国土整治重点实验室, 北京 100035)

摘要: 耕地地力评价是实现耕地数量、质量、生态“三位一体”保护工作的基础。为探究特定土壤类型耕地地力及影响空间差异性的敏感因素, 以河南省温县为例, 从地学条件、土壤性状、土壤管理和生物特性 4 个方面构建潮土区耕地地力评价指标体系, 通过对各指标分级赋值、加权求和计算区域耕地地力, 采用自然断点法进行等级划分, 并引入贡献分值定量分析影响耕地地力等级空间差异性的敏感因素。结果表明: 温县耕地地力总体水平较高, 具有明显的地域差异特征, 以青峰岭为界, 北部耕地地力较南部高, 其中一等地和二等地较多, 分别占总面积的 32.22% 和 50.59%; 影响温县地力等级空间差异性的敏感因素集中在土壤容重、土壤养分元素、有机质含量的自然条件和田间输水方式的人工条件指标中。结果与实际调查结果高度吻合, 为合理配置温县耕地资源和调整种植业结构奠定了基础。评价模型和指标体系可以满足潮土区耕地地力评价及空间差异性敏感因素诊断, 可为潮土区耕地质量提升作参考, 为相关研究提供新的思路和方法。

关键词: 潮土区; 耕地地力评价; 敏感因素; 量化; 温县

中图分类号: F301.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2019)03-0619-12

Evaluation of the Fertility of Cultivated Land and Analysis of Spatially Sensitive Factors in Fluvo Aquic Soil Area: A Case Study of WEN County

ZHAO Rui¹, WU Ke-ning^{1,2*}, SONG Wen¹, SONG Heng-fei¹

(1. School of Land Science and Technology, China University of Geoscience, Beijing 10083, China; 2. Key Laboratory of Land Consolidation, Ministry of Land Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: The evaluation of the fertility of cultivated land is the basis for the realization of the “trinity” protection of cultivated land quantity, quality and ecology. In order to explore the soil fertility of specific soil types and the sensitive factors affecting spatial differences, this paper takes Wen County of Henan Province as an example to construct the evaluation index system of cultivated land fertility in the fluvo-aquic soil area from

收稿日期: 2018-04-19 **修回日期:** 2018-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771561)和河南省温县耕地质量和耕地产能评价研究项目(H12255)

Project supported by National Natural Science Foundation of China (41771561) and Study on Evaluation of Cultivated Land Quality and Cultivated Land Productivity in Wen County, Henan Province (H12255)

作者简介: 赵瑞(1993—), 女, 硕士生, 主要从事土地评价和土地规划研究, orcid.org/0000-0003-0584-0028, 1607117052@qq.com; *通信作者: 吴克宁, 教授, 博士, orcid.org/0000-0001-7995-1666, wukening@cugb.edu.cn.

four aspects: geotechnical conditions, soil properties, soil management and biological characteristics. Through the hierarchical evaluation of each index, the fertility of the regional cultivated land was calculated by weighted summation, with the natural breakpoint method, the levels were classified, and with the introduction of quantitative analysis of the contribution scores the sensitive factors affecting the spatial difference in the fertility grades of cultivated land were analysed. The results indicated that the soil fertility in fluvo-aquic soil area—Wen County, Henan Province, is generally high with obvious regional differentiation. Fringed by Qingfeng ridge, the fertility of the cultivated land in the northern part is higher than that of the cultivated land in the southern part. The first-class and the second-class occupy a large part, accounting for 32.22% and 50.59% of the total area respectively. It is found that the main factors that control the spatial differentiation in the land use levels in the cultivated land are the natural conditions of soil bulk density, soil nutrient elements, organic matter content and artificial conditions. The results are in good agreement with the actual survey results, which lays a foundation for the rational allocation of cultivated land resources in Wen County and adjustment of planting structure. The evaluation model and index system can satisfy the evaluation of cultivated land fertility in the fluvo-aquic soil area and the diagnosis of spatially sensitive factors. It can be used as a reference for the improvement of cultivated land quality in the fluvo-aquic soil area and provide new ideas and methods for related research.

Keywords: fluvo-aquic soil area; evaluation of cultivated land fertility; controlling factor; quantification; Wen County

耕地地力的高低直接影响作物的生长发育、产量和品质,是确保农业可持续发展的重要物质基础。近年来,耕地与人口、耕地与环境、耕地地力建设、耕地合理利用与管理越来越受到关注。定期开展耕地地力调查,掌握耕地地力状况及其变化规律,为因地制宜地搞好农业结构调整、耕地质量保护、耕地的改良与应用、指导农民科学施肥以及粮食生产安全、退耕还林、生态环境建设等提供科学依据。因此,进行耕地地力评价有着重要意义。

耕地地力是指在当前管理水平下,由土壤本身特性、自然条件和基础设施水平等要素综合构成的耕地生产能力^[1]。耕地地力评价是指以利用方式为目的,估计耕地的高低和潜在生产力^[2]。近年来我国农业部开展了系列耕地地力评价工作,1996年农业部发布《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》(NY/T 309-1996),依据不同区域典型耕作制度的常年粮食产量平均水平,将全国耕地划分为7个类型区,同时粮食生产能力将全国耕地划分为10个地力等级;2002年农业部启动了“全国耕地地力调查与质量评价”重点项目,在全国开展建立耕地地力评价指标工作^[3];2008年颁布《耕地地力调查与质量评价技术规程》(NY/T 1634-2008),开展耕地地力和耕地环境质量评价;2016年发布《耕地质量等级》(GB/T 33469-2016)国家标准,适用于各级行政区及特定区域内耕地质量等级划分。农业部开展的耕地地力评价工作充分考虑了土壤养分状况、有效土层厚度等土壤特性,为农业生产服务的效果明显。此外,随着地理信息系统及相关数据库软件在土地评价中的应用越来越深入^[4],不少学者借助 ArcGIS 软件采用层次分析法、特尔斐法、模糊评价法、系统聚类法、综合归纳法等方法快速准确的对区域耕地地力进行了相关研究^[5-17],取得了较多成果。如:钟德卫等^[18]运用模糊评价法与 GIS 技术相结合对云南省绥江县耕地地力进行等级划分,董秀茹等^[19]运用数据对比分析法和 GIS 叠加分析法探寻农用地分等级与耕地地力评价成果的差异性,崔茜等^[20]运用 SPSS 软件与 GIS 技术对晋南地区小麦—玉米轮作区耕地地力调查与评价,推动了耕地地力评价向量化及自动化方向发展,提高了耕地地力评价工作的效率^[21]。也有学者基于耕地地力评价结果用定性或者定量的方法诊断影响耕地地力的障碍因素^[22]。如:张立江等^[23]在东北典型黑土区耕地地力评价基础上进行引入障碍度模型对影响耕地地力的障碍因素进行量化分析,王雪梅等^[24]利用耕地地力评价结果对阿克苏市现有耕地进行改良利用分区。但总体看,前人的研究大多针对某一特定区域内的耕地进行地力评价,较少针对特定地貌类型、利用方式、土壤类型等开展专题性评价研究,而针对某种土壤类型进行的耕地地力评价分析的研究较为少见,耕地

地力评价指标无更新,并缺乏控制耕地地力评价空间差异性特征的相关分析研究。因此,设计一套新的指标体系开展特定土壤类型耕地地力的评价研究并找出特定区域耕地地力评价空间差异性的敏感因素,将有助于特定土壤类型培肥,补充和完善区域耕地地力评价工作,有针对性的进行土地整治提升区域耕地地力水平。

潮土是一种受地下潜水影响和作用形成的具有腐殖质层、氧化还原层、母质层等剖面构型的半水成土^[25]。我国的潮土在行政区上主要分布在山东、河北和河南3省,分布地区地形平坦,地下水埋深较浅,其成土母质多为石灰性冲积物,含有机质较少,土壤质地以砂壤质和粉砂壤质为主,光热资源充足,为小麦、玉米、棉花等粮棉作物生产基地。但是由于有机肥投入数量锐减,土壤肥力消耗过大,且现有大型农机具利用率不高,能够实现深翻的耕地极少,致使耕作层变浅,土壤容重增加,提高耕地地力水平迫在眉睫。基于此,文章选取全国闻名的小麦亩产千斤县,黄河以北第一个亩产吨粮县,河南省潮土区——温县为研究对象,运用ArcGIS软件,结合现代统计分析技术,重新构建指标体系对其进行耕地地力评价以及空间差异性敏感因素分析,旨在全面摸清潮土区耕地地力现状,找出控制该区域耕地地力空间差异性的因素,以期有针对性地为该地区耕地地力提升和持续利用提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

温县位于豫北平原西部,属焦作市所辖,介于北纬 $34^{\circ}48'30''\sim 35^{\circ}02'48''$,东经 $112^{\circ}51'0''\sim 113^{\circ}13'30''$,行政区域总面积 $48\,130.05\text{ km}^2$,其中耕地 $31\,428.90\text{ km}^2$,林地 $1\,839.16\text{ km}^2$,园地 419.35 km^2 。南滨黄河,北依沁河,全境地势平坦,温县地处冲积平原主要是沁河的冲积物,部分小两合土、两合土在20~50 cm深处存在漏肥漏水问题,部分砂质潮土,砂性较强、易风蚀、土壤养分含量较低,对作物生长有一定影响。自西北向东南倾斜,海拔75~120 m,自然坡降约为1/2 000。由于黄、沁河历史上的多次泛滥、改道,形成了西高东低、南滩北洼、中间岗的地貌特征。土壤类型为潮土。属暖温带大陆性季风气候区,气候温和,四季分明。东邻武陟县,西邻孟州,南与荥阳市、巩义市隔黄河相望,西北与沁阳市接壤,东北隔沁河与博爱县交界,辖3乡7镇,包括262个行政村(图1)。

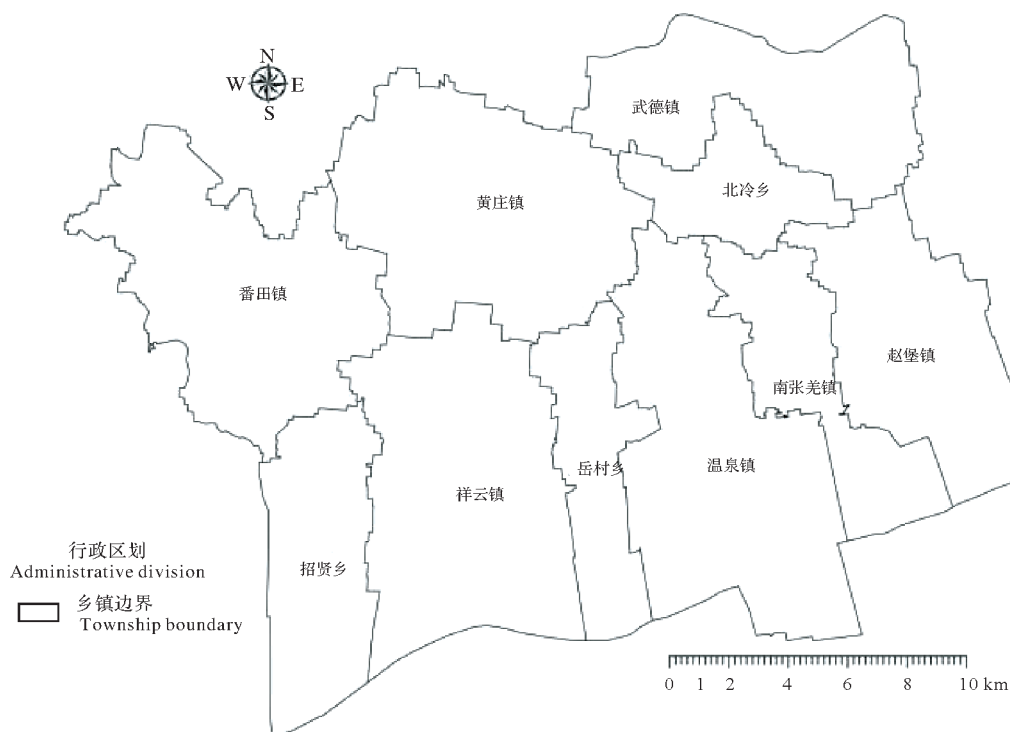


图1 温县行政区划图

Fig.1 Wen County administrative division

1.2 数据来源与处理

图文资料主要包括温县 2014 年土地利用变更调查成果、土地质量地球化学评价成果、1:5 万土壤图、高分辨率遥感图、行政区划图、DEM 数据、地形地貌图、农田水利工程图、灌溉水源规划图、2014 年统计年鉴等。其中提取 2014 年土地利用变更调查数据库中的耕地图层数据,以耕地图斑为评价单元,用地形地貌图、土壤图等专题图件与评价单元叠加获取各参评因素信息;对于土体构型、耕层质地、田间输水方式等定性因素,采用“以点代面”的方式将点位的属性赋值给评价单元^[22];对于土壤养分元素、土壤酸碱度等,采用空间插值的方法赋值给评价单元。

野外采样以均匀布点为原则,在 1:5 万土地质量地球化学调查样点和测土配方施肥样点的基础上,考虑农用地质量自然等别和利用等别分布、土壤类型(20 个土种)分布、土地利用现状,同时考虑不同土壤肥力状况和土地利用(种植作物),确定 27 个采样点(涵盖 20 个土种)作为土壤蚯蚓指标的取样点,通过样方徒手分离法进行采集,在采样点位置 60 cm×60 cm×20 cm 的样方,清除地被物,用铁锹挖掘,小心破碎土块并置于白塑料布上,手捡其中的蚯蚓,数其数目,之后按照土种类型赋值给评价单元。

通过 ArcGIS 软件将获取的各指标值和赋分值通过空间叠加操作添加至耕地图层属性表中,建立评价指标数据库,最终得到 21 888 个耕地斑块单元,总面积 31 428.90 hm²,评价比例尺为 1:10 000。

2 研究方法

2.1 潮土区耕地地力评价指标体系构建

根据潮土的特点和实际情况,从地学条件、土壤性状、土壤管理和生物特性 4 个方面选择指标构建潮土区耕地地力评价指标体系。各个指标采取百分制标准赋分量化处理,最优分级赋值 100 分,分级标准参考国土部《农用地质量分等规程》(GB/T28407—2012)和《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 33469—2016),环保部《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995)以及农业部《耕地质量等级》(GB/T 33469—2016)和《耕地地力调查与质量评价技术规程》(NY/T 1634—2008)的指标分级赋分方法,并结合实地情况进行调整。

表 1 潮土区耕地地力评价指标体系及其权重
Tab.1 Evaluation index system and weight of cultivated land fertility in fluvo aquic soil area

目标层 A Target level A	准则层 B Guideline B	权重 Weights	指标层 C Indicator level C	权重 Weights
河南省潮土区耕地地力 Cultivated land fertility in fluvo aquic soil area in Henan Province	地学条件 B1	0.10	地形部位 C1	0.07
			田面坡度 C2	0.03
	土壤性状 B2	0.63	有效土层厚度 C3	0.09
			有机质含量 C4	0.10
			耕层质地 C5	0.14
			障碍层类型及距地表深度 C6	0.01
			土体构型 C7	0.11
			土壤容重 C8	0.05
			土壤养分元素 C9	0.09
			土壤 pH C10	0.04
	土壤管理 B3	0.21	灌溉保证率 C11	0.10
			排水条件 C12	0.07
			田间输水方式 C13	0.04
	生物特性 B4	0.06	土壤蚯蚓 C14	0.06

地学条件在很大程度上决定了耕地的土壤物理和化学特性,影响着光温和降水的再分配过程,是耕地地力评价的基础,选择地形部位和田面坡度 2 项指标,在温县地形地貌图和 30 m×30 mDEM 数据的基础上通过实地调查获取指标值,参考农业部《耕地质量等级》进行分级赋分。

土壤特性是决定耕地地力状况的核心因素,土壤的物理和化学特性对作物生长和产量形成具有直接或间接的影响,参考国土部门、农业部门和环保部门现有标准和规范涉及的指标体系及潮土土层深厚、土壤养分低等实际特点选取有效土层厚度、有机质含量、耕层质地、障碍层类型及距地表深度、土体构型、土壤容重、土壤养分元素、土壤 pH 共 8 项指标,在土壤普查和农用地分等更新成果的基础上通过野外采样调查数据补充修正获取指标值。参考《农用地质量分等规程》和《耕地地力调查与质量评价技术规程》进行分级赋分。

表 2 潮土区耕地地力评价指标赋分规则

Tab.2 Cultivated land fertility evaluation index assignment rule in fluvo aquic soil area									
准则层	指标层	指标分级赋值							
Guidelines	Indicator	Indicator rating assignment							
layer	layer	100	90	80	70	60	50	40	30
地学条件	地形部位	参考《耕地质量等级(国标征求意见稿)》《不同区域地形部位指标分级》							
Geographical conditions	田面坡度	田面坡度<3°	田面坡度2°~10°		田面坡度10°~15°			田面坡度15°~25°	
	有效土层厚度	≥150 cm	100~150 cm		60~100 cm		30~60 cm		<30 cm
	有机质含量	≥40 g/kg	40~30 g/kg	30~20 g/kg	20~10 g/kg	10~6 g/kg	<6 g/kg		
	耕层质地	壤土	粘土		砂土			砾质土	
	障碍层类型及距地表深度	60~90 cm		30~60 cm		<30 cm			
土壤性状	土体构型	通体壤、壤/砂/壤	壤/粘/壤		砂/粘/砂、壤/粘/壤/砂/砂	砂/粘/粘	粘/砂/粘、通体粘、粘/砂/砂	通体砂、通体砾	
Soil properties	土壤容重	1~1.25 g/cm ³	<1, 1.25~1.35 g/cm ³		1.35~1.45 g/cm ³		1.45~1.55 g/cm ³		>1.55 g/cm ³
	土壤养分元素	在表征耕地地力水平时,土壤养分主要考虑全氮、全磷和全钾(简称氮、磷、钾)含量,划分标准参考《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)							
	土壤 pH	6.0~7.9	5.5~6.0, 7.9~8.5	5.0~5.5, 8.5~9.0					
	灌溉保证率	充分满足,包括水田、菜地和可随时灌溉的水浇地	基本满足,有良好的灌溉系统,在关键需水生长季节有灌溉保证的水浇地		一般满足,有灌溉系统,但在大旱年不能保证灌溉的水浇地			无灌溉条件,包括旱地与望天田	
土壤管理	排水条件	有健全的干、支、斗、农排水沟道(包括抽排),无洪涝灾害	排水体系(包括抽排)基本健全,丰水年暴雨后有短期洪涝发生(田面积水 1~2 d)		排水体系(包括抽排)一般,丰水年大雨后有洪涝发生(田面积水 2~3 d)			无排水体系(包括抽排),一般年份在大雨后发生洪涝(田面积水≥3 d)	
Soil management	田间输水方式	管道输水方式,且为自流输水	渠道输水方式,且为自流输水		管道输水方式,水源为地下水或者非自流输水		渠道输水方式,水源为地下水或者非自流输水		
	生物特性								
Biological characteristics	土壤蚯蚓	>县域样点均值	县域样点均值		<县域样点均值				

土壤管理是指灌溉排水等工程的建设水平对耕地地力有重要影响,进行工程条件与耕地地学条件和土壤特性的合理匹配,是实现耕地高产稳产、增产增效的有效途径和重要保障。工程条件方面主要考虑了灌溉保证率、排水条件田间输水方式共3项指标,在农田水利工程图和灌溉水源规划图的基础上通过实地调查、测量测算和综合评估的方法获取指标值。参考《农用地质量分等规程》等相关研究分级赋分。

生物特性是耕地健康状况的重要因素之一,耕地中的很多生物可以改善土壤地力状况,对土壤过程有显著影响的主要以无脊椎动物为主^[26],而土壤蚯蚓是温带土壤中生物量最大的无脊椎动物^[27]。其不仅是土壤物质循环的重要参与者,能够直接或间接影响土壤 CO_2 、 N_2O 和 CH_4 等温室气体的产生和释放^[28],还在生态系统中担当着分解者的角色,对土壤环境改善起到了重要的作用^[29]。同时考虑数据获取的难易程度,生物特性要素确定了土壤蚯蚓1项指标,通过样方徒手分离法,数其数目,之后按照土种类型赋值给评价单元,由于土壤蚯蚓受外界因素影响较大,在各个区域的数量不一,且目前没有其衡量土壤质量好坏的基准点。因此本研究以区域调查样点土壤蚯蚓数量均值为基准“90分”,超过均值的单元为“100分”,低于均值的单元为“70分”。

最终构建14个因子的潮土区耕地地力评价指标体系如表1所示,但耕地地力评价准则多,并且含有部分定性因素,难以量化描述,而层次分析法是处理这类综合评价问题的有效模型,它可以将人的主观判断的定性分析定量化,因此采用层次分析法^[30](analytic hierarchy process, AHP)构造判断矩阵判断各评价指标权重,参考相关文献资料并结合专家意见及研究去实地情况确定两两指标间重要程度,并均通过一次性检验(random conformance rate, $CR < 0.1$),各指标的权重如表1所示。各指标的分级及赋分规则依据《农用地质量分等规程》(GB/T28407—2012)等相关研究成果确定,其指标分级及赋分规则如表2。

2.2 耕地地力评价方法确定

由于温县地形条件、土壤性状、土壤管理和生物特性各自的评价指标中无明显限制因子,因此可以采用加权求和法,即对评价分值和权重进行指数综合,来确定耕地地力四个方面的指数算出耕地地力综合指数(IFI)。

$$IFI = \sum (F_i \times C_i) \quad (1)$$

(1)式中,IFI代表耕地地力综合指数(integrated fertility index); F_i 代表第*i*个评价指标的隶属度; C_i 代表第*i*个评价指标的组合权重。

2.3 敏感因素分析

一般理清和挖掘出耕地地力障碍因素的研究用的是定量化模型,该模型能够对耕地地力评价指标进行诊断,挖掘出主要障碍因素,但是其模型涉及变量包含“因子贡献率”、“指标偏离度”和“障碍度”等^[20],涉及变量太多,公式繁琐,计算复杂。本研究试图创造出简单易懂的贡献分值公式找出耕地地力等级区域空间差异性的敏感因素,用影响耕地地力等级的二级指标权重、分级面积比例及对应得分计算耕地地力综合指数中的二级评价指标得分值以反映二级指标在耕地地力等级得分中的贡献分值:

$$Q_i = f_i \sum_{j=1}^n q_j c_j (i = 1, 2, 3 \cdots n) \quad (2)$$

(2)式中, Q_i 代表二级评价指标*i*在耕地地力综合指数中的贡献分值; f_i 代表二级评价指标*i*在耕地地力综合指数评价中的权重; c_j 、 q_j 分别代表二级评价指标*i*的分级面积比例与得分值; n 为二级评价指标的分级。

3 结果与分析

3.1 耕地地力评价结果分析

依据上述评价方法,按照《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》(NY/T 309—1996)相关原则与技术

标准,应将耕地地力综合指数从大到小的顺序等距分为5~10等份,但温县耕地地力综合指数在78~96,间距太小,故结合实际采用自然断点法将耕地地力综合指数分为三等,其中耕地综合指数92~96的为了一等地,88~91的为二等地,78~87的为三等地。利用 ArcGIS 的图件分析功能,形成耕地地力评价的等级分布图(图2)。

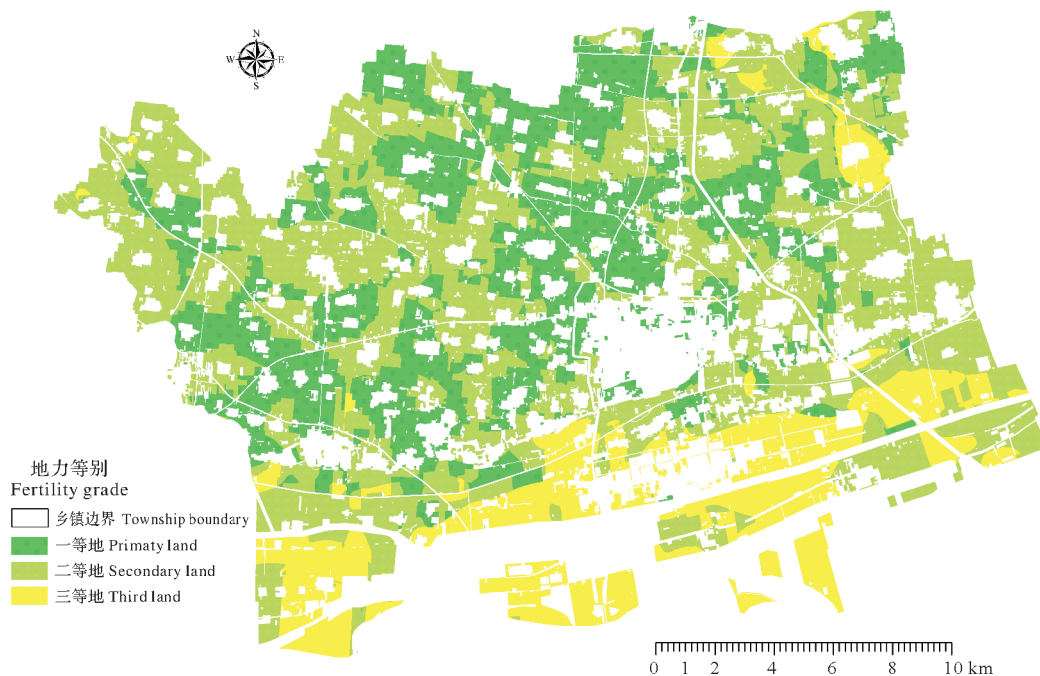


图2 河南典型潮土区——温县耕地地力等级图

Fig.2 Typical fluvo aquic soil area in Henan Province—Wen County cultivated land fertility grade

评价结果显示,河南潮土区——温县耕地地力三等地数量较少,一等地和二等地较多,温县耕地总面积为31 428.90 hm²,其中一等地占总耕地面积的32.22%,二等地占总耕地面积的50.59%,三等地占总耕地面积的17.19%。总体地力水平较高,具有明显的地域差异特征,北部耕地地力较南部高,以青峰岭和沁河为界,再由温县各乡镇耕地地力等级分布表(表3)可知,耕地地力最好的一等地主要分布青峰岭以北的黄庄镇、番田镇、祥云镇、武德镇和北冷乡等乡镇,属于沁河冲积平原,地势开阔平坦,土壤类型多发育为两合土和小两合土,土质疏松,耕性良好;耕地地力较好的二等地主要分布在番田镇、赵堡镇、黄庄镇、祥云镇、武德镇和南张羌镇等乡镇,分布均匀;耕地地力一般的三等地主要分布在青峰岭以南的温泉镇、招贤乡、祥云镇、赵堡镇和岳村乡以及东北角临近沁河的武德镇,青峰岭以南的耕地地力较差,为黄河漫滩地,土壤本身肥力较低,质地以砂土为主,沁河附近的耕地受河流冲积的作用,土壤肥力较低。

再根据图3,总体来看,温县各乡镇之间耕地地力差异明显。赵堡镇、番田镇、南张羌镇和祥云镇呈现“两头小中间大”的区域耕地地力结构,耕地地力多为中等偏优;黄庄镇和北冷乡的一等耕地地力较多,分别占乡镇耕地总面积的55.62%和49.31%;番田镇、黄庄镇和北冷乡几乎没有三等耕地地力,耕地地力水平较其他乡镇较高;温泉镇、招贤乡和岳村乡的耕地地力最差的耕地占比最大,分别为53.01%、39.46%和44.11%。

3.2 敏感因素分析结果

运用贡献分值公式计算出耕地地力评价中的二级评价指标在耕地地力等级得分中的贡献分值如表4和图4所示。

计算结果显示,温县耕地地力评价中,贡献分值最大的二级评价指标为耕层质地(14.00)、其次为土体构型(10.38)、灌溉保证率(10.00)、有效土层厚度(9.00)、地形部位(7.00)、有机质含量(7.00)和排水条件(6.27),这7个二级评价指标的权重之和为0.67,因此温县的耕地地力水平较高是必然的。此外,评价

表 3 温县各乡镇耕地地力各等级分布
Tab.3 Wen County township cultivated land fertility of all levels of distribution

乡镇名称 Township name	一等地 First place	占比/% Percentage	二等地 Second place	占比/% Percentage	三等地 Third place	占比/% Percentage
北冷乡 Beileng township	813.29	8.03	836.20	5.26	0.00	0.00
番田镇 Fantian town	1 875.01	18.51	3 260.27	20.51	17.79	0.33
黄庄镇 Huangzhuang town	2 945.47	29.08	2 346.56	14.76	3.37	0.06
南张羌镇 Nanzhangqiang town	400.42	3.95	1 353.92	8.52	223.66	4.14
温泉镇 Wenquan town	532.53	5.26	847.60	5.33	1 556.69	28.81
武德镇 Wude town	1 233.84	12.18	1 516.23	9.54	401.67	7.43
祥云镇 Xiangyun town	1 355.43	13.38	1 760.08	11.07	853.99	15.81
岳村乡 Yuecun township	409.30	4.04	416.95	2.62	652.05	12.07
招贤乡 Zhaoxian township	384.57	3.80	1 065.05	6.70	944.78	17.49
赵堡镇 Zhaobao town	177.41	1.75	2 495.84	15.70	748.91	13.86

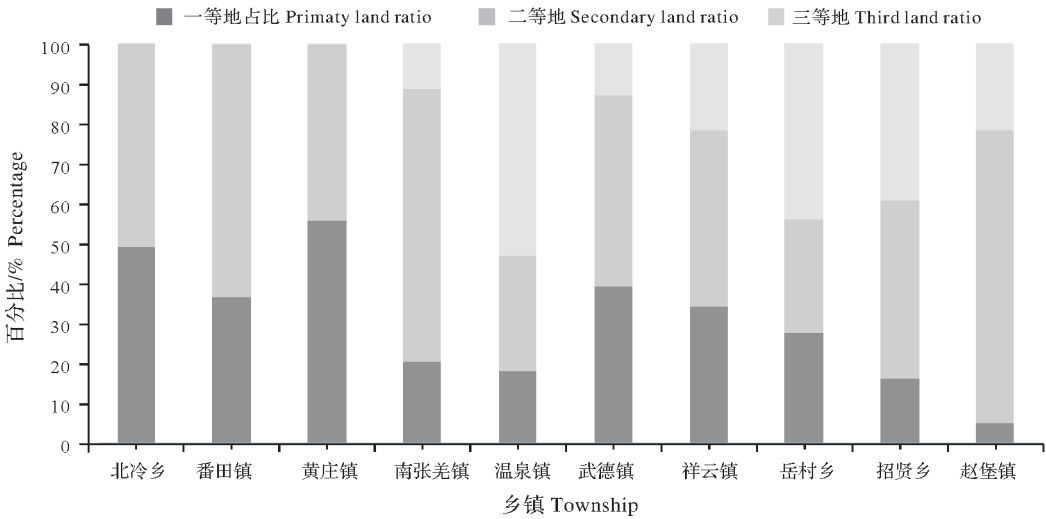


图 3 温县各乡镇耕地地力等级占比分布

Fig.3 Geographical distribution of cultivated land in Wenxian counties

单元中地形部位、田面坡度、有效土层厚度、障碍层类型及距地表深度以及灌溉保证率这 5 个指标全部是得分 100 分的 1 级;耕层质地、土体构型、土壤蚯蚓这三个指标得分在 100 分的 1 级指标占比非常高,分别是 99.95%、81.35% 和 86.21%;土壤 pH 得分在 90 分以上的一级和二级的比例是 100%;田间输水方式、土壤容重、土壤养分元素、有机质含量指标有得分在 70 分以下的三级、四级和五级都有出现,分级特征明显,因此控制温县耕地地力等级空间差异性特征的主要因素集中在土壤容重、土壤养分元素、有机质含量的自然条件和田间输水方式的人工条件指标中,应因地制宜实施配水工程,增施有机肥与磷钾肥以增加土壤有机质和养分含量,改善土壤物理性状,根据实际情况调整农业种植结构,在逐步提高耕地地力减少区域内差异的基础上,合理规划配置耕地资源,切实保护耕地。

表 4 耕地地力水平二级指标贡献分值
Tab.4 The second level of cultivated land fertility level contribution score table

一级指标 First indicators	二级指标 Secondary indicators	权重 Weights	一级	二级	三级	四级	五级	六级	贡献 分值
			First	Second	Third	Fourth	Fifth	Sixth	
			比例/% /分值	比例/% /分值	比例/% /分值	比例/% /分值	比例/% /分值	比例/% /分值	
地学条件 Geographical conditions	地形部位	0.07	100/100						7.00
	田面坡度	0.03	100/100						3.00
	有效土层厚度	0.09	100/100						9.00
	有机质含量	0.10			8.56/80	83.82/70	7.06/60	0.56/50	7.00
	耕层质地	0.14	99.95/100		0.05/70				14.00
土壤性状 Soil properties	障碍层类型及距地表深度	0.01	100/100						1.00
	土体构型	0.11	81.35/100		18.65/70				10.38
	土壤容重	0.05	3.60/100	79.52/90	2.01/70	14.87/50			4.20
	土壤养分元素	0.09		4.34/90	49.00/70	41.66/50	5.00/30		5.45
	土壤pH	0.04	30.06/100	69.94/90					3.72
土壤管理 Soil management	灌溉保证率	0.10	100/100						10.00
	排水条件	0.07	21.93/100	64.97/90	13.10/70				6.27
	田间输水方式	0.04		32.39/90	67.61/70				3.06
生物特性 Biological characteristics	土壤蚯蚓	0.06	86.21/100		13.79/70				5.75

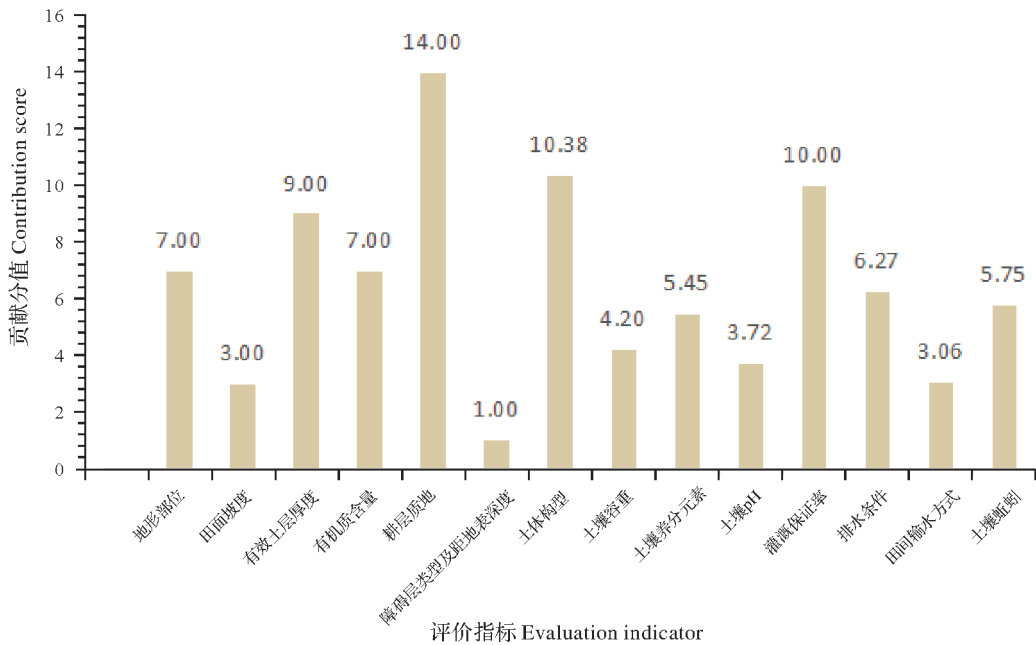


图 4 二级评价指标在耕地地力等级评价中贡献分值

Fig.4 The second evaluation index contributes to the evaluation of cultivated land productivity

4 结论与讨论

4.1 结 论

河南省潮土区——温县耕地地力总体水平较高,具有明显的地域差异特征,以青峰岭为界,北部耕地地力较南部高,其中一等地和二等地较多,分别占总耕地面积的 32.22% 和 50.59%,三等地数量较少,占总耕地面积的 17.19%。根据贡献分值公式计算出影响耕地地力的二级因素的贡献分值分析控制温县

耕地地力等级空间差异性特征的敏感因素主要集中在土壤容重、土壤养分元素、有机质含量的自然条件和田间输水方式的人工条件指标中,有利于为温县耕地质量提升提出针对性的对策以及耕地地力管理提供理论基础,对耕地的精准利用与保护有重要的实践意义,同时也为特定土壤类型的耕地地力评价工作做了有益探索。

4.2 讨论

本研究对河南省潮土区——温县耕地地力进行了全面评价与分析,构建的耕地地力评价指标体系融合了国土部农用地分等指标、土地质量地球化学评价指标以及农业部耕地质量等级指标等,综合考虑了耕地的地形条件、土壤特性、土壤管理以及生物特性的自然因素和人为因素,考虑全面,对目前的耕地地力评价体系进行了补充和完善。

本研究建立和完善了温县耕地地力评价基础数据库,摸清了土壤肥力演变规律,探明了温县的耕地地力情况,为耕地资源的利用和开发提供了翔实的基础数据,为合理配置耕地资源和调整种植业结构奠定了基础。但因研究考虑了耕地的土壤管理和生物特性,其评价结果与农业部原耕地地力评价成果会有一定的差异性。

本研究重点旨在探讨特定土壤类型耕地地力评价指标,并设计贡献分值公式找出特定区域耕地地力评价空间差异性的敏感因素,为相关研究提供新的思路与方法。后续还可选择其他土壤类型的区域实证比较验证。其次,本研究发现部分指标有多个数据获取源,不同部门的采样时间、地点和分析方法都不一样,同一坐标点数据建议采用最新数据。此外,由于数据获取的限制,评价指标体系还有待完善,如土壤健康方面的指标等。

参考文献:

- [1] 李涛.山东省耕地类型区划分及地力评价研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2003,34(2):217-222.
Li T.Cultivated land type classification and productivity evaluation of Shangdong Province[J].Journal of Shandong Agricultural University(Natural Science Edition),2003,34(2):217-222.
- [2] 全国农业技术推广服务中心.耕地地力调查与质量评价[M].北京:中国农业出版社,2005.
National Agricultural Technology Extension Service Center.Investigation of farmland fertility and quality evaluation[M].Beijing:China Agriculture Press,2005.
- [3] 魏洪斌.基于土地整治的耕地质量评价与提升研究[D].北京:中国地质大学(北京),2015.
Wei H B.Research on evaluation and promotion of cultivated land quality based on land improvement[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing),2015.
- [4] Reshmidevi T V,Eldno T I,Jana R.A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds[J].Agricultural Systems,2009,101(1):101-109.
- [5] 周俊,杨子凡.高台县耕地地力评价[J].中国农业资源与区划,2018,39(6):74-78.
Zhou J,Yang Z F.Evaluation of cultivated land fertility in Gaotai County[J].Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2018,39(6):74-78.
- [6] 沈建国,王忠,李丹,等.余杭区新垦红壤耕地肥力特征及地力评价[J].土壤通报,2018,49(1):55-60.
Shen J G,Wang Z,Li D,et al.The quality evaluation of newly reclaimed red soils in Yuhang District, Hangzhou[J].Chinese Journal of Soil Science,2018,49(1):55-60.
- [7] 蔡立群,张仁陟,罗珠珠,等.基于GIS的定西市安定区耕地地力评价研究[J].干旱区资源与环境,2011,25(12):145-150.
Cai L Q,Zhang R Z,Luo Z Z,et al.Evaluation of the farmland productivity of anding district in Dingxi city based on GIS[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2011,25(12):145-150.
- [8] 郑红晓,张红方.基于地力评价的耕地利用类型分区研究——以沁阳市为例[J].中国农业资源与区划,2015,36(5):132-137.
Zheng H X,Zhang H F.Research of cultivated land use type partitionbased on the productivity evaluation[J].Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2015,36(5):132-137.

- [9] 王瑞燕,赵庚星,李涛,等.GIS支持下的耕地地力等级评价[J].农业工程学报,2004,20(1):307-310.
Wang R Y,Zhao G X,Li T,et al.GIS supported quantitative evaluation of cultivated land fertility[J].Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2004,20(1):307-310.
- [10] 鲁明星,贺立源,吴礼树,等.基于GIS的华中丘陵区耕地地力评价研究[J].农业工程学报,2006,22(8):96-101.
Lu M X,He L Y,Wu L S,et al.Evaluation of the farmland productivity of hilly region of central China based on GIS[J].Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2006,22(8):96-101.
- [11] 张海涛,周勇,汪善勤,等.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[J].农业工程学报,2003,19(2):219-223.
Zhang H T,Zhou Y,Wang S Q,et al.Natural productivity evaluation of cultivated land based on GIS and RS data in Houhu farm of Jiangnan Plain[J].Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2003,19(2):219-223.
- [12] 侯浩,常庆瑞.基于GIS的铜川市印台区耕地地力评价研究[J].西北林学院学报,2014,29(5):169-175.
Hou H,Chang Q R.Evaluation of the farmland productivity of Yintai District in Tongchuan City based on GIS[J].Journal of Northwest Forestry University[J].2014,29(5):169-175.
- [13] 谢文,郭熙,赵小敏,等.基于木桶原理的县域耕地地力综合评价探析[J].江西农业大学学报,2012,34(4):169-175.
Xie W,Guo S,Zhao X M,et al.A study on comprehensive evaluation of cultivated land fertility based on barrel principle in county locality[J].Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis,2012,34(4):169-175.
- [14] 徐丽萍,陈晓梅,汪吉东,等.江苏典型丘陵区耕地地力评价与改良对策——以南京市六合区为例[J].江苏农业科学,2012,40(5):333-335.
Xu L P,Chen X M,Wang J D,et al.Evaluation of farmland fertility and its improvement in typical hilly areas of Jiangsu Province:a case study of Liuhe District,Nanjing[J].Jiangsu Agricultural Sciences,2012,40(5):333-335.
- [15] 崔增团,郭世乾.基于GIS的河西走廊灌溉农业区耕地地力评价研究——以甘肃省肃州区耕地地力评价为例[J].中国农业资源与区划,2012,33(1):56-61.
Cui Z T,Guo S Q.Evaluation of farmland productivity in irrigation agricultural region of HEXI corridor in Gansu Province based on GIS technique-a case study of Suzhou County[J].Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2012,33(1):56-61.
- [16] 盛艳,姚云峰,秦富仓,等.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.
Sheng Y,Yao Y F,Qin F C,et al.Gradation of the cropland productivity based on GIS technique[J].Journal of Arid Land Resources and Environment,2014,28(6):27-32.
- [17] 周俊,杨子凡,孙成胜.基于GIS的市级耕地地力评价——以张掖市为例[J].中国农业资源与区划,2014,35(6):39-44.
Zhou J,Yang Z F,Sun C S.Evaluation of city-level cultivated land fertilities based on GIS technology:taking Zhangye City as an example[J].Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2014,35(6):39-44.
- [18] 钟德卫,张连英,邓长香,等.基于GIS的金沙江流域耕地地力评价——以云南省绥江县为例[J].中国农业资源与区划,2016,37(1):11-16.
Zhong D W,Zhang L Y,Deng C X,et al.Evaluation of cultivated land fertility of JINSHA river basin based on GIS—taking Yunnan Province of Suijiang County as an example[J].Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2016,37(1):11-16.
- [19] 董秀茹,佟星,孔玲.农用地分等与耕地地力评价成果差异性原因分析——以辽宁省法库县为例[J].中国农业资源与区划,2018,39(2):134-138.
Dong X R,Tong X,Kong L.Analysis on the differences and reasons of agricultural land grading and cultivated land fertility evaluation results:a case study of Faku County,Liaoning Province[J].Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2018,39(2):134-138.
- [20] 崔茜,毕如田,李发志,等.晋南地区小麦—玉米轮作区耕地质量评价研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2014(2):142-146.
Cui Q,Bi R T,Li F Z,et al.Study on land quality evaluation of wheat and corn multiple cropping area in Jinnan District[J].Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition),2014(2):142-146.

- [21] 张艳粉,任圆圆,陈伟强.基于GIS的洛阳市耕地地力评价研究[J].河南农业大学学报,2013,47(4):470-474.
Zhang Y F, Ren Y Y, Chen W Q. Evaluation study on cultivated land fertility of Luoyang City based on GIS[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2013, 47(4): 470-474.
- [22] 李艳华,许月卿,郭洪峰.西部生态脆弱区农用地质量等别限制因素及提升策略研究[J].中国农业资源与区划, 2014, 35(1): 67-74.
Li Y H, Xu Y Q, Guo H F. Research on limiting factors and promotion strategies of agricultural land grading in wested ecological fragile areas[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2014, 35(1): 67-74.
- [23] 张立江,汪景宽,裴久渤,等.东北典型黑土区耕地地力评价与障碍因素诊断[J].中国农业资源与区划, 2017, 38(1): 110-117.
Zhang L J, Wang J K, Fei J B, et al. Evaluation of cultivation land fertility and its obstacle factores diagnosis in the typical black soil area of northeast China [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(1): 110-117.
- [24] 王雪梅,柴仲平,武红旗,等.阿克苏市耕地地力评价与改良利用研究[J].水土保持通报, 2013, 33(1): 162-166.
Wang X M, Cai Z P, Wu H Q, et al. Fertility evaluation and improvement of cultivated land in Aksu City of Xinjiang Wei Autonomous Region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33(1): 162-166.
- [25] 张凤荣.土壤地理学[M].北京:中国农业出版社, 2016.
Zhang F R. Soil geography [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016.
- [26] 唐玉姝,魏朝富,颜廷梅,等.土壤质量生物学指标研究进展[J].土壤, 2007(2): 157-163.
Tang Y S, Wei C F, Yan T M, et al. Biological indicator of soil quality: a review [J]. Soils, 2007(2): 157-163.
- [27] 吕贻忠,李保国.土壤学[M].北京:中国农业出版社, 2006.
Lu Y Z, Li B G. Soil Science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [28] 唐浩,朱江,黄沈发,等.蚯蚓在土壤重金属污染及其修复中的应用研究进展[J].土壤, 2013, 45(1): 17-25.
Tang H, Zhu J, Huang S F, et al. Review on application of earthworm in soil heavy metal pollution and remediation [J]. Soils, 2013, 45(1): 17-25.
- [29] 卢明珠,吕宪国,管强.蚯蚓对土壤温室气体排放的影响及机制研究进展[J].土壤学报, 2015, 52(6): 1209-1225.
Lu M Z, Lv X G, Guan Q. Advancement in study on effect of earthworm on greenhouse gas emission in soil and its mechanism [J]. Acta Pedologica Sinica, 2015, 52(6): 1209-1225.
- [30] 李斌.层次分析法和特尔斐法的赋权精度与定权[J].系统工程理论与实践, 1998, 18(12): 74-79.
Li B. Weighing and the accuracy of weight estimation in Delphi and AHP [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 1998, 18(12): 74-79.