

东北黑土地保护评价指标体系研究

王琦琪, 陈印军, 李然嫣

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 东北黑土区是中国重要的粮食生产基地, 近年来黑土地出现地力下降、水土流失等问题。研究旨在建立耕地保护评价指标体系对东北黑土地保护状况进行评价和监督, 以期达到提升黑土土壤质量、保护农田生态环境、增加农田产出的效果。笔者在东北黑土区实地调研的基础上选取了14个一级指标及15个二级指标构建东北黑土地保护评价指标体系, 并采用层次分析法综合专家意见确定指标权重, 构建综合评价指标模型。研究结果表明: 经过筛选与计算选取了农田肥力(权重0.4700)、农田环境(权重0.3093)、农田管理(权重0.1517)和农田产出(权重0.0690)一级指标, 及有机质(权重0.1773)、黑土层厚度(权重0.1590)、全氮(权重0.0955)、沟蚀面积(权重0.0777)、农田产出(权重0.0690)等二级指标评价黑土地的改善或恶化情况, 并根据权重建立了综合评价指标。运用该指标体系和评价方法对东北黑土区的耕地保护效果进行评价, 可为东北地区农业可持续发展打下坚实基础。

关键词: 东北地区; 黑土地; 耕地保护; 层次分析法; 评价指标体系

中图分类号: S-9

文献标志码: A

论文编号: casb16120050

Evaluation Index System of Black Soil Protection in Northeast China

Wang Qiqi, Chen Yinjun, Li Ranyan

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Black soil area in Northeast China is an important grain production base, fertility decline and soil erosion appeared in recent years. Evaluation index system of black soil protection was established to evaluate and supervise the condition of black soil protection, to improve soil quality, protect farmland ecological environment and increase farmland output. Based on field investigations in the black soil area in Northeast China, the authors selected 14 first-class indexes and 15 second-class indexes to construct an evaluation index system, then used the analytic hierarchy process combined with expert opinions to determine the index weight and construct the comprehensive evaluation index model. The results showed that after selection and calculation, the first-class indexes of farmland fertility (weight 0.4700), farmland environment (weight 0.3093), farmland management (weight 0.1517), farmland output (weight 0.0690) and the second-class indexes of organic matter (weight 0.1773), thickness of black soil layer (weight 0.1590), total nitrogen (weight 0.0955), gully erosion area (weight 0.0777) farmland output (weight 0.0690) were used to evaluated the situation of improvement and deterioration of black soil, and establish the comprehensive evaluation index based on weights. Using this evaluation index system to evaluate the protection effect of the black soil area in Northeast China could provide a solid foundation for sustainable development of agriculture in Northeast China.

Key words: Northeast China; black soil; cultivated land protection; analytic hierarchy process; evaluation index system

基金项目: 国家科技支撑计划课题“中国农业科学院科技创新工程协同新行动—东北黑土地保护”(2012BAD05B01)。

第一作者简介: 王琦琪, 女, 1992年出生, 山东滨州人, 硕士, 研究方向为农业资源管理。通信地址: 100081 北京市海淀区中关村南大街12号 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, E-mail: wangQQ091422@163.com。

通讯作者: 陈印军, 男, 1960年出生, 河北景县人, 研究员, 博士, 研究方向为农业资源管理。通信地址: 100081 北京市海淀区中关村南大街12号 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, E-mail: chenyingjun@caas.cn。

收稿日期: 2016-12-10, **修回日期:** 2017-03-10。

0 引言

黑土富含有机质和其他矿物质,是土壤中自然肥力最高、最适宜耕作的土壤类型之一,未经开垦的黑土土壤有机质含量一般为8%~10%,黑土层厚度约为80~100 cm^[1];黑土多为粒状及团块状结构,疏松多孔,保水保肥效果好,有“土中之王”的称号。中国东北地区是世界三大黑土区之一,范围包括黑龙江省和吉林省全部、辽宁省大部以及内蒙古东部,土地面积103.5万km²,其中耕地面积29.73万km²,是当前中国最具增产潜力的地区和最重要的商品粮基地。黑龙江省粮食总产量在全国31个省(市、区)的排位从20世纪80年代的第8~14位,上升至2011年的第1位;东北四省区的粮食产量占全国粮食总产量的比重从20世纪80年代平均12.6%,上升至2011—2015年的平均23.54%,粮食商品率60%以上。东北地区粮食生产地位的大幅上升,离不开黑土地的支持和承载。但中国东北黑土地目前出现了有机质大幅下降、水土流失、土壤理化性状恶化等问题,据第二次全国土壤普查数据,开垦40年的黑土地,土壤容重由0.79 g/cm³上升至1.06 g/cm³,总孔隙度由69.7%下降到58.9%,田间持水量由57.5%下降到41.9%,酸碱度降至pH 6.0左右;黑土开垦20年后,土壤有机质含量水平下降30%~40%;开垦40年后有机质下降50%~60%^[2];据第二次土壤侵蚀遥感调查数据显示,东北黑土区水土流失面积已达7.43×10⁶ hm²,占全区土地总面积的36.7%,在黑土区49个市县中都有分布,对东北地区农业可持续发展造成极大障碍。

国内外对农田生态环境、土壤肥力或耕地产出的评价较多,对评价指标的选择和分类有多种方式。赵其国等^[3-6]认为,评价土壤肥力应包括化学、物理、生态和环境等多方面综合指标;吴玉红等^[7]在对土壤肥力进行评价时选取了土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾等指标;曹顺爱等^[8]在评价杭州市土地环境时选取了土壤有机质含量、地下水资源丰富程度、坡度、大气环境质量、生物多样性、植被等指标;胡赛等^[9-10]认为评价土地利用的可持续性和利用效益应从经济效益、生态效益和社会效益综合的角度出发,选取如粮食播面单产、森林覆盖率、农民人均纯收入等指标评价土地の利用状况;吕川等^[11]从驱动力、土壤环境压力、土壤环境状态、土壤环境影响及响应5个方面出发对东北黑土地的耕地质量进行评价;黄健等^[12]将评价指标分为数值型和概念型指标,数值型主要包括有机质、全氮、有效磷、速效钾、坡度、容重和水分等;概念型数据主要有土壤侵蚀程度、黑土层厚度、耕层质地、生产管理水

等。由上可以看出,以往研究中设计的指标多为数值型指标或分级指标,计算的是某一年份的指标值或某几个年份的平均值,对年间变化考虑较少;另外涉及耕地实施保护后的效果评价方面的文献较少,对评价区域的特殊性、具体性考虑不足。

近年国家强化了对黑土地的保护力度,2015年中央财政斥资5亿元在东北四省区的17个产粮大县(市、区、旗)开展黑土地保护利用试点;国务院批复的《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》中把东北黑土地保护作为重点专题列入发改委、农业部等6部委联合实施的重要任务;2016年,中共中央、国务院发布的《关于全面振兴东北地区等老工业基地的若干意见》中提出实施黑土地保护重大工程,展开土地质量保护,提升耕地质量。1998—2010年长期定位监测数据表明,东北地区土壤有机质呈上升趋势,平均每年增加0.32 g/kg^[13]。然而,在调查过程中了解到,黑土地保护评价指标体系尚没有形成,对经过整治的黑土地缺乏相应的考核反馈机制,不利于黑土地的保护工作的持续开展。

针对黑土地保护效果缺乏科学评价体系、目标责任难以落实的现状,中国需尽快建立一套可以监督土地使用者的黑土地保护评价指标体系,从农田土壤肥力、农田生态、农田管理和农田经济等多个角度评定黑土地的保护状况,落实土地使用者保护黑土地的责任,并为制定黑土地保护的相关政策提供科学依据。

1 材料与方法

参考前人所作的关于耕地评价指标体系的成果并结合东北地区及黑土地的特点,笔者提出采用基期和考核期指标值变化率的形式,以农田肥力、农田环境、农田管理和农田经济4个一级指标及有机质含量、沟蚀面积、黑土层厚度、农田产出等15个二级指标定量考评黑土地的保护状况。考核对象为东北黑土区耕地管理者与使用者,考核期原则为3~5年一次。考核单元强调基年和考核年区域统一性与面积不变性,对农户承包地、不同农业经营方式经营耕地、行政区域内耕地进行不同层次的评价。

2 结果与分析

2.1 评价指标选取

2.1.1 指标选取原则

(1)可操作性原则。要求选择的指标值较容易获取,可通过实验法、定点监测调查或官方统计数据等多种方法获得客观的数据,保证具有较高的可行性。

(2)稳定性原则。稳定性原则要求选择的指标不易因人为操作而快速变化,在短期内影响评价结果,具

有相对稳定性。

(3)连续性原则。该原则要求制定的指标能够反映黑土地使用者在黑土地保护方面的长期稳定性投入,调动黑土地使用者对开展长期黑土地保护的积极性与主动性。

2.1.2 指标解释

(1)农田肥力。

①有机质:有机质含量是农田土壤肥力的综合反映^[4]。通过调查数据获得。

②全氮、有效磷、速效钾:全氮、有效磷、速效钾的含量来源调查数据。此3项是影响作物生长的重要指标。

③耕层容重:耕层容重越小,土壤疏松多孔,越有利于作物生长。耕层容重的变化和土壤肥力呈反比关系,容重越小,土壤肥力越高。该指标为负指标。

④pH值:东北部分地区土壤近年来出现酸化(东部和东北部)、盐碱化(主要为松嫩平原)问题,用土壤pH值的变化率衡量东北黑土区土壤的pH值变化,对防止土壤酸化和盐碱化具有重要作用。该指标为适度指标,根据不同的黑土细分类确定各自适宜的pH值。

(2)农田环境。

①土层厚度:土壤侵蚀会导致黑土层变薄和土地生产力下降。通过调查获得相关数据。

②沟蚀面积:沟蚀面积的变化主要采用3S技术辨别农田冲沟面积占耕地面积比重的变化情况,测量时要保证基年和考核年区域的一致性。该指标为负指标。

③植被覆盖:通过遥感影像得到的农田防护林面积占农田面积比重变化情况。

④重金属污染:根据我国《土壤环境质量标准》(GB15618 1995)^[5]三级标准的规定和以东北当地黑土自然背景值表底土为基准^[6],采用当达到二级标准污染程度时的重金属污染率计算重金属污染率变化率。

(3)农田管理。

①农田规模:农田规模化采用农田耕作单元面积大小变化来表示。耕作单元面积越大,地块越完整。可利用遥感图像获得。

②农田机械:大型农机在耕作过程中有助于打破犁底层,疏松土壤,并在秸秆还田中发挥小型机械不可比拟的优势。此处机械化水平指100马力以上大型农机拥有量,小型农机不算在内。

③粮豆轮作面积:目前东北黑土区玉米的种植面积占黑土区耕地面积的80%以上,玉米生长过程中对地力的消耗很大,不宜长时间连作,实施粮食(不包括

大豆)一豆类作物轮作有助于土壤肥力恢复和提升。主要依据3S技术统计某地在考核年度内进行1年、2年或多年粮豆轮作的面积占农作物种植总面积的比重变化情况。为防止考核地区在考核年度突击种植豆类作物,本指标采用考核年度与之前一年粮豆轮作面积平均值计算变化率,防止人为因素产生的影响。

④农田灌溉:2013年底全国耕地有效灌溉面积占全国耕地总量为52.15%,而东北四省中灌溉面积最大的黑龙江省有效灌溉面积仅占该省耕地总面积的33.67%,水利建设相对薄弱,不利于旱涝保收。

(4)农田经济。进行东北黑土地保护评价的最终目的是保证农田可持续产出能力,维护东北黑土区作为全国粮食生产基地的重要地位。因此笔者选用东北地区粮食单位面积产量的变化率作为农田经济的评价指标。为避免旱涝年份对粮食生产产生影响从而影响指标值准确度,本指标采用考核年度与之前一年粮食标准产量平均值计算变化率。详细指标见表1。

2.1.3 指标值标准化 本研究获取的指标值均以变化量的形式表示,不存在量纲不同导致结果不同的情况;但依然存在正指标(指标值越大代表越好)、负指标(指标值越小代表越好)和适度指标(指标值越趋近于最佳值代表越好)。本研究的正指标较多,如有机质、黑土层厚度、农田产出等11项,故只对负指标如耕层容重、冲沟面积、重金属污染和适度指标(土壤pH值)做标准化处理。公式如(1)~(2)所示。

负指标的标准化公式: $y = -x$ (1)

适度指标的标准化公式: $y = \frac{1}{|a-x|}$ (2)

其中 a 为指标的适度值。特别说明,由于本研究指标最后得出的是变化量,所以适度指标要在计算变化量之前进行标准化。

2.2 综合评价指标的构建

2.2.1 指标权重确定 层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是在20世纪70年代初由美国运筹学家匹兹堡提出的应用多目标综合评价方法和网络系统理论的一种决策分析方法,在评价指标权重确定阶段有广泛的应用。众多学者^[17-21]运用层次分析法对耕地保护政策、土壤肥力或农田生态环境进行评价分析。具体步骤如下:

(1)建立层次结构模型。本模型共有3层,其中第一层为目标层,即东北黑土地保护评价A;第二层为准则层,具体包括农田土壤肥力B1、农田环境B2、农田管理B3和农田经济B4;第三层为方案层,分为有机质C1、全氮C2、有效磷C3、速效钾C4、耕层容重C5、土壤

表1 黑土地保护评价指标体系

一级 指标	二级 指标	指标解释	计算方法	正负 性
农田 肥力	有机质	土壤有机质 含量变化	$\frac{\text{考核年有机质含量} - \text{基年有机质含量}}{\text{基年有机质含量}} \times 100\%$	+
	全氮	土壤全氮 含量变化	$\frac{\text{考核年全氮含量} - \text{基年全氮含量}}{\text{基年全氮含量}} \times 100\%$	+
	有效磷	土壤有效磷 含量变化	$\frac{\text{考核年有效磷含量} - \text{基年速效磷含量}}{\text{基年有效磷含量}} \times 100\%$	+
	速效钾	土壤速效钾 含量变化	$\frac{\text{考核年速效钾含量} - \text{基年速效钾含量}}{\text{基年速效钾含量}} \times 100\%$	+
	耕层 容重	耕层容重变化	$\frac{\text{考核年耕层容重} - \text{基年耕层容重}}{\text{基年耕层容重}} \times 100\%$	-
	pH值	土壤pH值变化	$\frac{\text{考核年土壤pH值} - \text{基年土壤pH值}}{\text{基年土壤pH值}} \times 100\%$	适度
农田 环境	土层 厚度	黑土层厚度变化	$\frac{\text{考核年黑土层厚度} - \text{基年黑土层厚度}}{\text{基年黑土层厚度}} \times 100\%$	+
	沟蚀 面积	农田冲沟面积变化	$\frac{\text{考核年冲沟面积} - \text{基年冲沟面积}}{\text{基年冲沟面积}} \times 100\%$	-
	植被 覆盖	农田防护林面积变化	$\frac{\text{考核年防护林面积} - \text{基年防护林面积}}{\text{基年防护林面积}} \times 100\%$	+
	重金属 污染	农田重金属污染比率变化	$\frac{\text{考核年重金属污染比率} - \text{基年重金属污染比率}}{\text{基年污染比率}} \times 100\%$	-
农田 管理	农田 规模	耕作单元面积变化	$\frac{\text{考核年耕作单元面积} - \text{基年耕作单元面积}}{\text{基年耕作单元面积}} \times 100\%$	+
	农田 机械	百公顷农田大型农机 拥有量变化	$\frac{\text{考核年大型农机拥有量} - \text{基年大型农机拥有量}}{\text{基年大型农机拥有量}} \times 100\%$	+
	粮豆 轮作	粮豆轮作面积占比变化	$\frac{\text{考核年与前一年粮豆轮作面积比} - \text{基年与后一年粮豆轮作面积比}}{\text{基年与后一年粮豆轮作面积比}} \times 100\%$	+
	农田 灌溉	有效灌溉面积变化	$\frac{\text{考核年有效灌溉面积} - \text{基年有效灌溉面积}}{\text{基年有效灌溉面积}} \times 100\%$	+
农田 经济	农田 产出	粮食作物单产变化	$\frac{\text{考核年与前一年粮食标准单产平均值} - \text{基年与后一年粮食标准单产平均值}}{\text{基年与后一年粮食标准单产平均值}} \times 100\%$	+

pH值C6等。具体的层次结构模型和层次结构分析图如图1所示。

(2)专家打分确定判断矩阵。邀请了12位相关领域的权威专家对该指标体系分层次进行两两判断打分,取同一项指标专家打分结果的平均数构成判断矩阵。

(3)单层次的一致性检验与指标权重计算。为了检验判断矩阵是否具有 consistency,需要对其进行逐一一

致性检验。一致性检验公式如(3)所示。

$$CR = \frac{(\lambda_{\max} - n)/(n - 1)}{RI} \dots\dots\dots (3)$$

式中:λ_{max}为矩阵最大特征根,n为矩阵阶数,RI为矩阵平均随机一致性指标。

各单层一致性检验的结果如下:B1为0.0506,B2为0.0275,B3为0.0359,根据判断条件CR<0.1,各单层指标判断矩阵均具有一致性。在进行一致性检验的

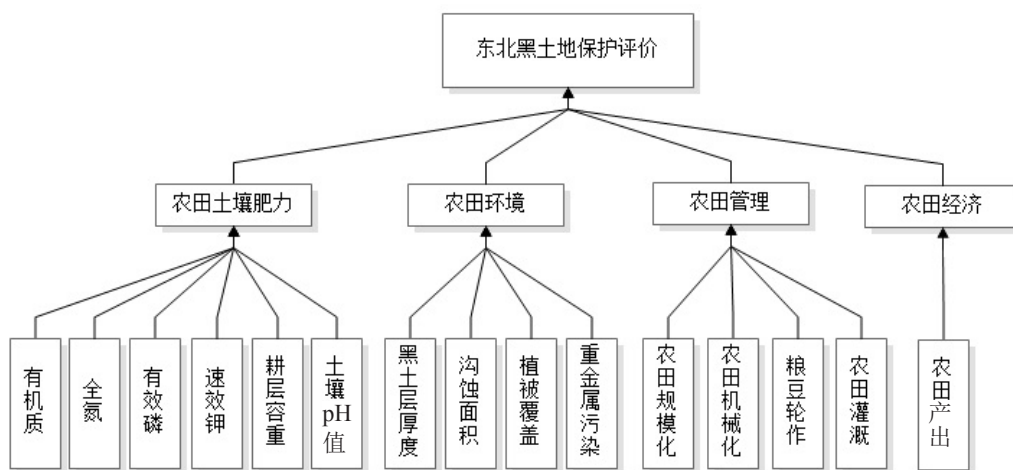


图1 指标层次结构分析图

过程中,各单层指标的特征向量和特征值被相应地得出,其中特征向量的值即为各单层指标的权重值。

(4)总排序的一致性检验和总权重的计算。与以上单层次检验方法相同,层次分析法要求对总排序进行一致性检验和总权重的计算。总排序的检验结果为 $A: 0.0273$, 具有满意的一致性;总权重计算公式为 $P=P1 \times P2$, 最终权重结果如表2。

2.2.2 综合评价指标 采用综合指数法建立东北黑土地保护综合评价指标模型。综合评价指标的计算公式如(4)所示。

$$Y = \sum_{i=1}^n P_i C_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中 Y 为综合评价指标值, C 为各指标经标准化后的分值, P 为各个指标对应的总权重。如果 $Y < -1$, 表示土地整体趋于恶化;如果 Y 介于 -1 和 1 之间,表示土地变化处于稳定态势;如果 $Y > 1$, 表示土地多数指标得到了改善。该指标计算公式不仅适用于计算目标层指标,也可用于计算准则层指标,如土壤肥力 $B1$ 、农田环境 $B2$ 、农田管理 $B3$ 等。

3 结论

笔者在对中国东北黑土地目前存在问题进行系统分析的基础上,遵循可操作性、稳定性和连续性的原则,选取了农田土壤肥力、农田环境、农田管理和农田经济4项一级指标及有机质、全氮等15个二级指标综

表2 指标权重表

目标层A	准则层B	指标权重 $P1$	指标层C	指标权重 $P2$	总权重 P
东北黑土地保护评价	农田肥力 $B1$	0.4700	有机质 $C1$	0.3771	0.1773
			全氮 $C2$	0.2031	0.0955
			有效磷 $C3$	0.1280	0.0602
			速效钾 $C4$	0.1034	0.0486
			耕层容重 $C5$	0.1413	0.0664
			土壤 pH 值 $C6$	0.0471	0.0221
	农田环境 $B2$	0.3093	黑土层厚度 $C7$	0.5141	0.1590
			沟蚀面积 $C8$	0.2513	0.0777
			植被覆盖 $C9$	0.1552	0.0480
			重金属污染 $C10$	0.0794	0.0245
	农田管理 $B3$	0.1517	农田规模化 $C11$	0.3030	0.0460
			农田机械化 $C12$	0.3327	0.0505
			粮豆轮作 $C13$	0.2740	0.0416
			农田灌溉 $C14$	0.0903	0.0137
	农田经济 $B4$	0.0690	农田产出 $C15$	1	0.0690

合反映东北黑土地土壤肥力、农田生态环境、农田管理的变化情况,对东北黑土区土地使用者进行全面、深入地土地保护考核;运用层次分析法对12位相关领域专家的指标权重两两打分进行汇总和修正,得出东北黑土地保护评价指标各自权重,其中农田土壤肥力B1在准则层B中权重0.4700为最高,农田环境B2的权重为0.3093,农田管理B3的权重为0.1517,农田经济B4权重为0.0690;指标层C中有机质C1权重为0.1773、黑土层厚度C7权重为0.1590、全氮C2的权重为0.0955、沟蚀面积C8的权重为0.0777、农田产出C15的权重为0.0690、耕层容重C5的权重为0.0664,为准则层相对重要指标。最后运用综合指数模型对各个指标值进行综合得出综合评价指标,以达到增进黑土土壤肥力、改善耕地质量、保护地区生态环境、促进粮食生产提质增效的目标。

笔者的创新点在于,指标值采用变化率的形式,反映基年和考核终年内的变化情况,正向的数据代表黑土地的某一方面或整体得到了改善。另外在设计指标时,考虑到东北地区是中国粮食生产基地和近年来存在的水土流失问题,有针对性地选取了沟蚀面积、农田规模化和粮豆轮作等指标,对有机质、黑土层厚度和农田产出等指标的重要程度也加以强化,突出了黑土地保护的重点。但由于目前部分指标近5年数据缺失,故本研究不曾用实际区域举例进行计算,但仍可作为将来评价指标的借鉴参考和发展方向。

4 讨论

为加强黑土地保护,保证评价体系的顺利实施,特提出以下建议:建立完善的土壤监测体系,增加监测点数量,使检测指标多样化,对土壤肥力、农田生态环境等进行全方位的准确监测;加大土壤改良和田间工程建设的资金投入力度,补贴土地使用者进行的改良土壤、保护生态的费用成本;制定详细、合理的评价奖惩措施,对评价后的结果予以公布和反馈,奖优罚劣,进一步发挥评价体系的作用。

参考文献

[1] 魏丹,匡恩俊,迟凤琴,等.东北黑土资源现状与保护策略[J].黑龙江

农业科学,2016(1):158-161.

- [2] 魏丹,周宝库.制约黑龙江省粮食增产的因素及对策[J].黑龙江农业科学,2007(3):7-10.
- [3] 赵其国,孙波,张桃林.土壤质量与持续环境□.土壤质量的定义及评价方法[J].土壤,1997(3):113-120.
- [4] 骆东奇,白洁,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法[J].土壤与环境,2002(2):202-205.
- [5] 高旺盛,陈源泉,石彦琴,等.中国集约高产农田生态健康评价方法及指标体系初探[J].中国农学通报,2007(10):131-137.
- [6] 王百慧,刘宝林,岳中辉,等.农田黑土质量指示指标研究进展[J].中国农学通报,2013(12):17-21.
- [7] 吴玉红,田霄鸿,同延安,等.基于主成分分析的土壤肥力综合指数评价[J].生态学杂志,2010(1):173-180.
- [8] 曹顺爱,吴次芳,余万军.国外土地环境评价方法及其在杭州市土地环境评价中的应用[J].农业工程学报,2006(10):263-266.
- [9] 胡赛,蒲春玲,汪霖,等.基于熵值法的乌什县农用地利用效益评价研究[J].中国农业资源与区划,2016(3):111-115.
- [10] 陈百明,张凤荣.中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J].自然资源学报,2001(3):197-203.
- [11] 吕川,陈明辉.典型黑土区土壤环境质量综合评价指标体系与分区管理对策研究[J].中国农学通报,2016(8):108-112.
- [12] 黄健,李会民,张惠琳,等.基于GIS的吉林省县级耕地地力评价与评价指标体系的研究——以九台市为例[J].土壤通报,2007,38(3):422-426.
- [13] 杨瑞珍,陈印军.东北地区耕地质量状况及变化态势分析[J].中国农业资源与区划,2014(6):19-24.
- [14] 汪景宽,王铁宇,张旭东,等.黑土土壤质量演变初探I——不同开垦年限黑土主要质量指标演变规律[J].沈阳农业大学学报,2002(1):43-47.
- [15] 国家环境保护局科技标准司.GB15618—1995.土壤环境质量标准[S].北京:中国标准出版社,1995:1-2.
- [16] 郭观林,周启星.中国东北部黑土重金属污染趋势分析[J].中国科学院研究生院学报,2004(3):386-392.
- [17] 赵艳霞,孙凤芹,王菲.基于AHP的耕地保护公共政策分析[J].中国农业资源与区划,2015(3):143-148.
- [18] 秦纪媛.基于AHP模型的农超对接绩效评价研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [19] 王炜,杨晓东,曾辉,等.土地整理综合效益评价指标与方法[J].农业工程学报,2005(10):70-73.
- [20] 王瑞燕,赵庚星,陈丽丽.基于ANN—产量的耕地地力定量评价模型及其应用[J].农业工程学报,2008(1):113-118.
- [21] 吕振宇,牛灵安,郝晋珉,等.基于层次分析法的耕地细碎化程度多指标综合评价研究[J].中国农学通报,2014(26):200-206.