



郑皓洋,李婷婷,黄颖利.中国黑土区耕地利用效益评价及问题诊断——基于粮食安全与黑土保护双重背景[J].中国农业大学学报,2023,28(11):29-41.
ZHENG Haoyang, LI Tingting, HUANG Yingli. Evaluation of cultivated land utilization benefit and diagnosis of problem in black soil area of China: Based on the dual background of food security and black soil conservation[J]. Journal of China Agricultural University, 2023, 28(11): 29-41.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2023.11.03

中国黑土区耕地利用效益评价及问题诊断 ——基于粮食安全与黑土保护双重背景

郑皓洋¹ 李婷婷² 黄颖利^{1*}

(1. 东北林业大学 经济管理学院, 哈尔滨 150040;
2. 中国社会科学院 农村发展研究所, 北京 100732)

摘要 为分析黑土区耕地利用效益现状并诊断效益提升过程中所面临的问题,基于2000—2020年中国黑土区耕地利用过程中的农业农村生产生活数据,从经济、社会和生态角度构建黑土区耕地利用效益评价指标体系,采用熵权TOPSIS模型测算耕地利用效益,并运用问题诊断模型识别效益提升中的问题,比较分析所涉各省(自治区)耕地利用综合效益及问题空间分异特征。结果表明:1)2000—2020年,黑土区耕地利用的经济、社会和生态效益以及综合效益呈现明显的整体上升态势,其中综合效益呈现“前期低速发展,中前期快速提升,中后期缓慢增长,后期波动提高”的变化趋势;2)社会效益是目前制约黑土区耕地利用效益提升的主要因素。截止到2020年,人均粮食产量、单位面积耕地产值以及人均耕地面积是限制黑土区耕地利用效益提高的主要影响因子;3)从省域角度来看,2000—2020年各省(自治区)耕地利用的综合效益不断提高。综上,目前制约黑龙江省耕地利用效益提高的是经济和社会子系统,而吉林省应注意缓解对生态子系统的压力,辽宁省经济和生态效益问题较显著,内蒙古自治区应关注社会和生态效益。本研究可为黑土地资源的可持续利用提供科学依据和政策启示。

关键词 黑土区; 耕地利用效益; 问题诊断; 空间分异特征

中图分类号 F301.21 文章编号 1007-4333(2023)11-0029-13 文献标志码 A

Evaluation of cultivated land utilization benefit and diagnosis of problem in black soil area of China: Based on the dual background of food security and black soil conservation

ZHENG Haoyang¹, LI Tingting², HUANG Yingli^{1*}

(1. School of Economics and Management, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;
2. Institute of Rural Development, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract In order to analyze the current situation of cultivated land use efficiency in black soil areas and diagnose the problems faced in the process of efficiency improvement, this study constructs an evaluation index system of cultivated land use efficiency in black soil areas from the economic, social and ecological perspectives based on the agricultural and rural production and life data of cultivated land use in black soil areas in China from 2000 to 2020. The cultivated land use efficiency is determined using the entropy-weighted TOPSIS model, and the problems in efficiency improvement are identified using a problem diagnosis model. The results show that: 1) From 2000 to 2020, the economic, social and ecological benefits as well as the comprehensive benefits of cultivated land use in the black soil area show an obvious increasing trend. The comprehensive benefits displays a trend of low development in the early

收稿日期: 2023-03-13

基金项目: 国家社会科学基金项目(22CGL064); 黑龙江省哲学社会科学规划项目(21JLB084); 中央高校基本科研业务费专项资金D类项目(2572020DZ09, 2572020DR06)

第一作者: 郑皓洋(ORCID:0009-0008-3779-6846), 硕士研究生, E-mail: atzhy0607@163.com

通讯作者: 黄颖利(ORCID:0000-0002-0168-1536), 教授, 博士生导师, 主要从事农林经济管理与绿色发展研究, E-mail: yluangnefu@163.com

stage rapid increase in the middle and early stage, slow growth in the middle and late stage, and fluctuation in the late stage; 2) The social benefits are the main factor that restricts the improvement of the benefits of cultivated land use in black soil areas. By 2020, the per capita grain yield, output value of cultivated land per unit area, and cultivated land area per capita are the main influencing factors limiting the improvement of cultivated land utilization efficiency in the Black Earth region; 3) From the provincial perspective, the comprehensive efficiency of cultivated land utilization in each province (autonomous region) has been improving from 2000 to 2020. In conclusion, the economic and social subsystems are the constraints to improve the effectiveness of cultivated land use in Heilongjiang Province currently, while Jilin Province should pay attention to alleviate the pressure on the ecological subsystem. Liaoning Province has more significant problems with economic and ecological benefits, and Inner Mongolia Autonomous Region should pay attention to social and ecological benefits. This study can provide scientific basis and policy inspiration for the sustainable utilization of black land resources.

Keywords black soil area; cultivated land utilization benefits; problem diagnosis; spatial differentiation characteristics

耕地作为农业发展的重要载体,是人类生活不可或缺的生存资源,也是保障经济发展及社会稳定的坚实基础^[1-2]。在为人类提供生产资料和生活所需时,耕地的合理利用实现了自然与经济社会间物质、能量以及信息的交换,保障人类粮食生产,维护社会稳定,并产生一定的经济价值,同时对于改善耕地生态环境、保持生物多样性起到重要作用。但随着中国快速进入工业化和城镇化阶段,耕地利用的生态污染问题不断加剧,农业用地与城市用地之间的矛盾日益突出^[3]。同时,气候变化带来的农业灾害加重和耕地质量下降等影响也日发严峻^[4]。眼下“新冠疫情”和“俄乌冲突”加剧了全球粮食供应的不稳定性,大大增加了中国外部粮食供应风险和耕地生产压力^[5]。面对当前耕地面积减少、生态恶化、粮食安全等一系列问题,探索黑土区耕地利用效益现状,诊断效益提升过程中所面临的问题,实现多维度耕地可持续利用模式已成为重要目标。

黑土区作为中国最大的粮食生产基地和商品粮生产基地,是保障中国粮食安全的“压舱石”,其特有的黑土资源被认为是最适合作物生长的土壤。然而长期“重用轻养”的高强度利用导致黑土地面临着“量减质退”的困境,出现了黑土层变薄和有机质下降的现象,而耕地质量的退化直接影响着黑土区的粮食生产安全^[6]。针对上述问题,中国出台了世界上唯一一部从国家层面立法保护黑土地的《中华人民共和国黑土地保护法》^[7],力求稳步恢复提升黑土地基础地力,促进资源的可持续利用。黑土区承担着维护生态平衡,保障国家粮食安全的重大任务,所以急需提高耕地利用效益,以促进区域农业的健康发展。

耕地利用效益是指单位面积土地投入与消耗在

区域发展的生态、经济和社会等方面所实现的物质产出或有效成果,能够反映耕地资源的优化配置程度^[8]。对这一主题开展的一系列研究主要从耕地利用的经济效益^[9-10]、社会效益^[11-13]、生态效益^[14-15]以及综合效益^[16-17]这4个角度进行评估,探讨不同效益的时空变化特征。而对效益进行评估的方法目前主要有包络分析法^[18]、成本收益法^[19]、空间分析法^[20]、综合指标法^[21]、能值分析法^[22]以及专家评分法^[12]等。已有研究的尺度涵盖了全国^[23]、省域^[11]、地市^[24]、县域^[25]乃至村域^[10]等。但多侧重于评价行政区域范围内的耕地利用效益,较少关注以土壤分布为区域的耕地利用情况,黑土地作为“耕地中的大熊猫”是世界公认的珍贵且肥沃的土壤资源,在中央农村会议上习近平总书记强调“要把黑土地保护作为一个大事来抓,把黑土地用好养好”,中国黑土区分布着广袤黑土耕地,在如今保护和利用好黑土耕地已成为社会亟待解决的议题时,探寻黑土区耕地利用效益现状,明确效益提升的主要问题,并根据不同行政区的空间分异特征,针对性的提出黑土利用建议就显得格外重要。

目前有关耕地利用效益的研究颇多^[3,20-25,28],多聚焦于省域等尺度^[3,11,14,16,24]的研究,而分析黑土分布区全域耕地利用效益的文献不多,但气候变化、粮食供应波动、水土流失等不利因素不仅限于对某一省份或县域的黑土耕地有影响,在国家全力保障粮食安全和开展黑土地保护规划的双重背景下,对涉及拥有黑土资源246个县域所构成的黑土区整体的耕地利用效益进行研究并分析其共性问题,可以对黑土区耕地资源可持续利用具有揭示作用。因此,本研究拟从经济、社会、生态3个维度构建耕地利用效益评价指标体系,以中国黑土区为研究区域,运用

熵权 TOPSIS 模型综合评价分析黑土区 2000—2020 年的耕地利用效益, 并采用问题分析模型诊断耕地利用中的不利影响因子, 利用 ArcGIS 软件描绘出各省域耕地利用综合效益及问题空间分异特征, 对相应问题提出针对性的改进意见, 以期为实现黑土地资源的可持续利用提供科学依据和政策启示。

1 研究区概况

黑土区位于东北地区, 主要分布在呼伦贝尔草

原、大小兴安岭地区三江平原、松嫩平原、松辽平原部分地区以及长白山地区, 包括黑龙江省和吉林省全部、辽宁省东北部以及内蒙古自治区“东四盟”(图 1), 共涉及 246 个县(区、市、旗), 其总面积为 109 万 km^2 , 约占全球黑土区面积的 12%^[26]。但是目前黑土区的黑土层普遍面临着“变薄、变瘦、变硬”的现状, 来自水利部的监测结果显示部分黑土层厚度已由原来的 60~80 cm 下降到 20~40 cm^[26], 吉林省的黑土有机质含量由垦前的 40~100 g/kg 下降为 20~50 g/kg^[27]。

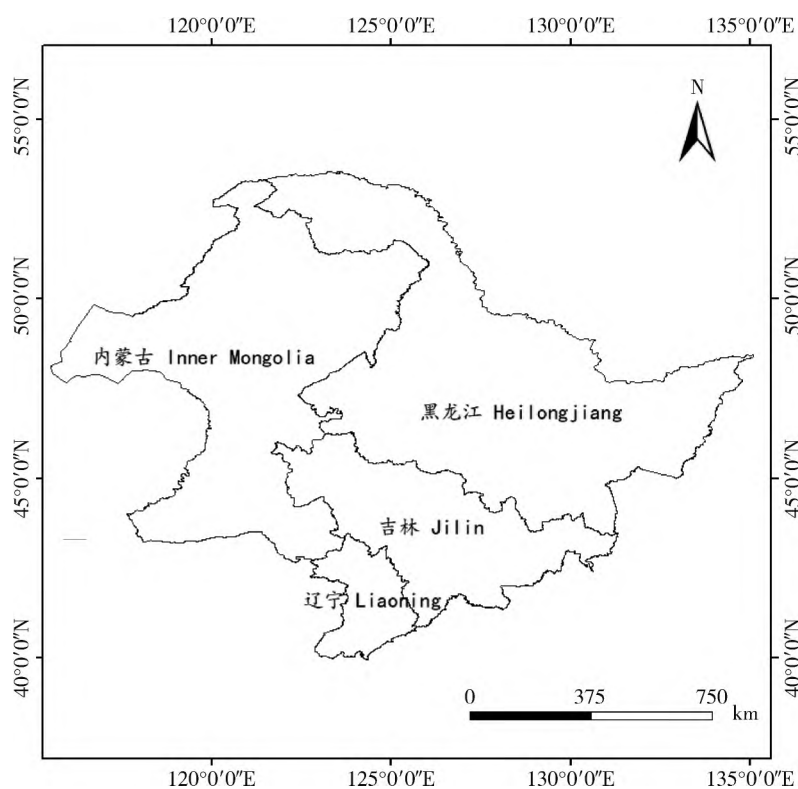


图 1 中国黑土区行政区划图

Fig. 1 Administrative map of the black soil area in China

2 研究方法与数据来源

2.1 耕地利用效益评价指标体系的构建

为能够合理反映出黑土区耕地利用效益, 并与当下粮食安全和黑土地保护背景相契合, 参考已有研究结果^[3, 28], 遵循系统、客观及可操作性原则, 并结合黑土区自然条件和地理特征, 构建了黑土区耕地利用效益评价指标体系, 详见表 1。可见: 该体系包含耕地利用的经济、社会、生态 3 方面效益准则层, 其中经济效益是指对耕地的产值以及技术产出的衡量, 是反应耕地利用创造经济价值的能力和农

业技术产出价值的重要指标, 主要从耕地产值、人均农业产值和农业机械化作价值能力方面进行表现。社会效益是体现耕地利用对人类社会系统所产生的维稳和保障民生等实际社会影响程度的重要指标, 是对黑土区保障粮食安全程度的有效反应^[32]。在当下全球面临粮食安全的大背景下, 耕地的社会效益显得更为重要, 因此可以从保障粮食安全的人均粮食产量、人均耕地面积以及反映农业从业者生活水平的农民人均纯收入进行构建。生态效益是表征耕地可持续利用程度的指标, 黑土地退化和农村人居环境污染等多个现象已经使得人类社会意识到

自然是有限的,是不能够无限索取的。因此本研究将从水土匹配、环境污染、土壤利用3方面分别选取

指标来衡量黑土地保护背景下黑土区耕地利用的生态效益。

表1 黑土区耕地利用效益评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of cultivated land use efficiency in the black soil area

目标层 Target layer	准则层 Guideline layer	指标层 Indicator layer	指标属性 Indicator propertie	计算公式 Calculation formula	指标内涵 Content of indicator	
黑土区 耕地利 用效益 Black soil area cultivated land use benefits	经济效益 Economic benefit	单位面积耕地产值	正向	农业总产值/耕地面积	反映黑土区耕地利用创造价值的能力	
		人均农业产值	正向	农业总产值/总人口	反映黑土区人均农业生产总值	
		农业机械化效率	正向	农业总产值/农业机械总动力	反映黑土区农业机械化价值产出能力	
	社会效益 Social benefit	人均粮食产量	正向	粮食总产量/总人口	反映黑土区粮食生产对社会需求的保障程度	
		农民人均纯收入	正向	—	反映黑土区农业从业人员收入水平	
		人均耕地面积	正向	耕地面积/总人口	反映黑土区耕地提供生产条件的能力	
	生态效益 Ecological benefit	灌溉指数	灌溉指数	正向	有效灌溉面积/耕地面积	反映黑土区水土匹配程度
			单位面积耕地化肥投入量	负向	化肥投入量/耕地面积	反映化肥使用对黑土区土壤的污染程度
		复种指数	复种指数	负向	农作物播种面积/耕地面积	反映黑土区耕地重复使用程度

2.2 利用熵权 TOPSIS 计算耕地利用效益与最优方案的贴适度

逼近理想解排序方法(TOPSIS)广泛运用在多指标评价研究中,是决策分析的一种常用技术。该方法是通过归一化矩阵将综合评价问题转换成评估对象之间差异距离的问题,在样本容量和数据分布等方面要求较为宽松^[3],并较为科学的通过与最优、最劣解之间的距离反映效益水平高低。但 TOPSIS 模型所需权重一般主要靠专家评分等主观性较强的方式来确定,会造成最终结果的偏差。因此,为解决主观性所导致的分析误差,已有研究将依靠自身信息判断指标权重的熵权法^[28]与 TOPSIS 方法结合,进而实现更加科学的分析。因此,本研究采用熵权 TOPSIS 模型对黑土区耕地利用效益进行评价,该方法即结合了熵权法能够依靠自身信息判断指标对综合评价目标影响程度的优点,又结合了 TOPSIS 模型能够利用与最优、最劣解之间的距离反映效益水平高低的科学性,是研究黑土区耕地利用效益合适的方法,具体步骤如下:

1)评价指标的原始数据标准化矩阵构建。

假设有 m 个评价指标, n 个对象,则耕地利用效益原始评价矩阵 X 为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

但是耕地利用效益评价指标体系中的数据量纲和单位并不统一,为使得原始数据转化为无量纲数据,遂采用极差法^[3]对数据进行处理,将原始矩阵 X 转化为标准化数据矩阵 R ,具体如下:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中,正向指标 r_{ij}^+ 和负向指标 r_{ij}^- 的计算公式分别如下^[3]:

$$r_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (3)$$

$$r_{ij}^- = \frac{x_{i\max} - x_{ij}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (4)$$

式中： x_{ij} 为第 j 个评价对象第 i 项指标的初始值； r_{ij}^+ 和 r_{ij}^- 分别为正向指标和负向指标的标准化值； $i = 1, 2, \dots, m$ ， m 为评价指标数； $j = 1, 2, \dots, n$ ， n 为评价对象数； $x_{i\min}$ 和 $x_{i\max}$ 分别为第 i 项指标的最小值和最大值。

2) 确定耕地利用效益各评价指标权重。

采用熵权法^[28]确定各指标权重 W_j 。熵权法是根据指标自身数据的离散程度来确定信息熵的大小，一般指标信息熵越大对综合评价的影响程度越大，所赋予的权重越大。该方法赋予指标权重相对客观，能够避免主观判断对结果的影响。

计算各评价指标的信息熵 E_j ^[34]：

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n r_{ij} \ln r_{ij} \quad (5)$$

式中：常数 k 与评价对象数 n 有关，一般令 $k = 1/\ln m$ 。

计算各评价指标的权重 W_j ^[34]：

$$W_j = \frac{(1 - E_j)}{\sum_{j=1}^m (1 - E_j)} \quad (6)$$

式中： W_j 为耕地利用效益各评价指标权重； E_j 为各指标信息熵。

3) 建立规范化加权决策矩阵。

通过将标准矩阵 R 与权重 W_j 相乘得到规范化加权决策矩阵^[34]。

$$Z_{ij} = W_j r_{ij} \quad (7)$$

式中： Z_{ij} 为规范化加权决策矩阵； W_j 为各评价指标的权重； r_{ij} 为第 j 个评价对象第 i 项指标在决策矩阵 R 中的对应值。

4) 确定评价指标的正、负理想解。

根据规范化加权决策矩阵确定正理想解 Z^+ 和负理想解 Z^- ^[34]：

$$Z^+ = \{\max Z_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)\} \quad (8)$$

$$Z^- = \{\min Z_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)\} \quad (9)$$

式中：正理想解 Z^+ 和负理想解 Z^- 分别由各指标 i 在 j 个评价对象中的最大值和最小值组成。

5) 计算评价指标与理想解的距离。

采用欧式距离公式计算评价对象的各评价指标与理想解的距离^[34]。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_j^+)^2} \quad (10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_j^-)^2} \quad (11)$$

式中： D_i^+ 为正向评价指标与理想解距离； D_i^- 为负向评价指标与理想解距离。

6) 计算所评价对象的耕地利用效益与最优方案的贴近度。

耕地利用效益的贴近度是指所评价对象的耕地利用效益与所计算出理想解最优方案的接近程度^[3]，符号为 T_i ，其取值范围为 $[0, 1]$ 。 T_i 越大表明评价对象的耕地利用效益越接近最优水平，当 $T_i = 1$ 时，耕地利用效益水平最高；当 $T_i = 0$ 时，耕地利用效益水平最低。贴近度计算公式如下^[3]：

$$T_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (12)$$

式中： T_i 为所评价对象的耕地利用效益与最优方案的贴近度； D_i^+ 为正向评价指标与理想解距离； D_i^- 为负向评价指标与理想解距离。

2.3 耕地利用效益问题诊断模型

问题诊断模型可以诊断耕地利用过程中的效益“短板”。理论上评价对象的经济、社会和生态效益均保持较高水平才能称之为可持续耕地利用，但实际上总会有一些不利影响因子导致某些效益水平偏低。因此识别区域耕地利用过程中的不利影响因子，可以为有针对性的制定政策建议提供帮助。指标偏离度 (I_{ij}) 能够表示第 j 个评价对象第 i 项指标的实际值与最优值之间的差距；不利影响程度 (O_{ij}) 可以反映第 j 个评价对象第 i 项指标对耕地利用效益总目标的不利影响程度。

评价指标偏离度 (I_{ij}) 和不利影响程度 (O_{ij}) 的计算公式如下^[3]：

$$I_{ij} = 1 - r_{ij} \quad (13)$$

$$O_{ij} = \frac{I_{ij} F_i}{\sum_{i=1}^m I_{ij} F_i} = \frac{I_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^m I_{ij} W_i} \quad (14)$$

式中： I_{ij} 为指标偏离度； O_{ij} 为不利影响程度； F_i 为因子贡献度，一般用指标权重 W_i 来表示。

第 j 个评价对象的第 u 个系统不利影响程度 (O_{uj}) 计算公式如下^[3]：

$$O_{uj} = \sum_{u_i=1}^{u_i} O_{ij} \quad (15)$$

式中： O_{uj} 为第 u 个系统不利影响程度； u_i 表示第 u 个系统的指标数量， $i = 1, 2, 3$ 。

2.4 数据来源

各项指标数据来源于《中国农村统计年鉴》^[35]、《中国县域统计年鉴》^[36]、《中国城市统计年鉴》^[37]、《黑龙江统计年鉴》^[38]、《吉林统计年鉴》^[39]、《辽宁统计年鉴》^[40]、《内蒙古统计年鉴》^[41]以及各县(区、市、旗)的统计年鉴等,部分缺失值由插值法补齐。

3 结果与分析

3.1 黑土区耕地利用效益评价及问题诊断

3.1.1 黑土区耕地利用效益评价

根据式(12)计算出的黑土区耕地利用效益与最优方案的贴近度见图2。可知:2000—2020年黑土区的生态、经济、社会以及综合4种效益不断提高,在本世纪初耕地利用的社会和经济效益较低,但其二者增速较快,到2020年各种效益均达到较高水平;2000—2020年黑土区耕地利用的综合效益趋势表现为“前期低速发展,中前期快速提升,中后期缓慢增长,后期波动提高”的变化趋势,整体上升态势较为明显。该结果与中国每一期“五年计划”均把农业发展放在国民经济发展的政策密切相关。具体结果如下:

总体来看,“十五”时期(2001—2005年),黑土区耕地利用的综合效益变化较为稳定,贴近度为0.20~0.30,最高值为2005年的0.262。社会效益和经济效益的贴近度均处于0.20以下。耕地利用的生态效益贴近度在0.60上下浮动。“十五”规划中对农业的发展总规划是提升总体效益的持续发展,增加农民收入。在这一时期中国农业总体处在

粗放式发展阶段,农业机械化程度较低,粮食产量不高,农民普遍收入较低。而上述问题在黑土区尤为明显。一方面黑土区农业生产的基础设施还未建成,像农村公路建设、农村电网改造、农业水利工程等还亟待解决,而粗放式农业生产还是主流。另一方面黑土区农民进城打工,大量人口外流,同时与粮食销区供销关系还不稳定。以上原因就导致了这一时期黑土区耕地利用的经济和社会效益较低,生态效益也在2003年开始有所下滑。

“十一五”期间(2006—2010年),黑土区耕地的经济、社会和综合效益快速提高,但生态效益有所下降。其中经济效益由2006年的0.214增长到2010年的0.293,社会效益由2006年的0.183增长到2010年的0.283,综合效益由2006年的0.279增长到2010年的0.335,但生态效益却由2006年的0.579降到到2010年的0.541。在这一时期,得益于国家实施一揽子的经济刺激计划,中国加大了对农村基础设施建设的投资,并逐步实现了道路、通讯以及电力等方面的“村村通”,极大方便农村居民出行,促进了农产品贸易的流通,对黑土区社会、经济效益提振明显。但是这一时期的快速发展,却加剧了环境的污染、造成生态破坏,使得生态效益有所下降。

“十二五”期间(2011—2015年),黑土区耕地利用的综合效益增速放缓,社会效益持续增长,2011—2013年经济效益增长迅速,2013—2015年较为平稳。而生态效益在2013年达到最低点0.533后,迅速增长到2014年的0.601,并在之后保持稳定增长。

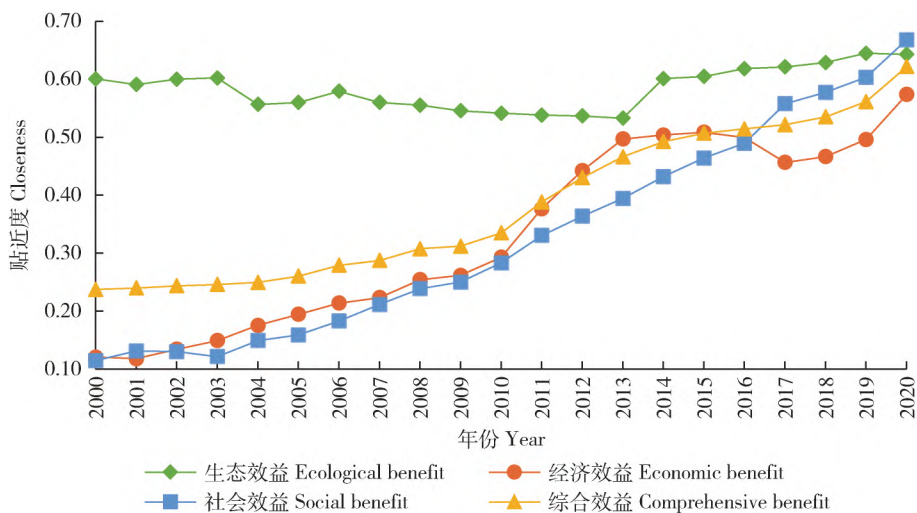


图2 黑土区耕地利用效益与最优方案的贴近度

Fig. 2 Closeness of benefit of cultivated land use in the black soil area to the optimal solution

同时黑土地硬化、肥力下降的问题也受到国家重视，黑土地“保护性耕作”得到普及，生态环境有所恢复；

“十三五”期间（2016—2020 年），黑土区的经济、社会、生态以及综合效益迎来了第二次的快速提升，各项效益水平高速增长，并基本于 2020 年达到最高水平。在这一全新阶段，中国取得了脱贫攻坚的全面胜利，农村居民收入大幅度提高，社会效益极大满足。逐步建立了现代农业产业体系、生产体系、经营体系，提高了农业质量效益和竞争力，并在高效、产品安全、资源节约、环境友好的农业现代化道路不断前进。但是农业发展面临着全新挑战，“十三五规划”前瞻性的将保障“粮食安全”放在了农业发展的首位，而新冠疫情和 2022 年“俄乌冲突”所带来

的国际农产品供给波动更是敲响了“粮食安全”的警钟。面对新的时代挑战，黑土区肩负重要责任。而谋求一条经济-社会-生态综合发展的可持续道路已然成为黑土地利用的重要命题。

3.1.2 黑土区耕地利用效益问题诊断

黑土区耕地利用效益子系统不利影响程度变动趋势及黑土区耕地利用效益主要不利影响因子的结果分别见图 3 和 4。可知：2000—2008 年，黑土区社会子系统的不利影响程度最高且均在 30% 以上，最低和最高值分别为 2008 年的 34.94% 以及 2000 年的 39.77%（图 3）。黑土区前 3 名的问题影响指标分别为人均粮食产量、单位面积耕地产值以及复种指数（图 4）。在“十五”阶段和“十一五”的初期阶段，

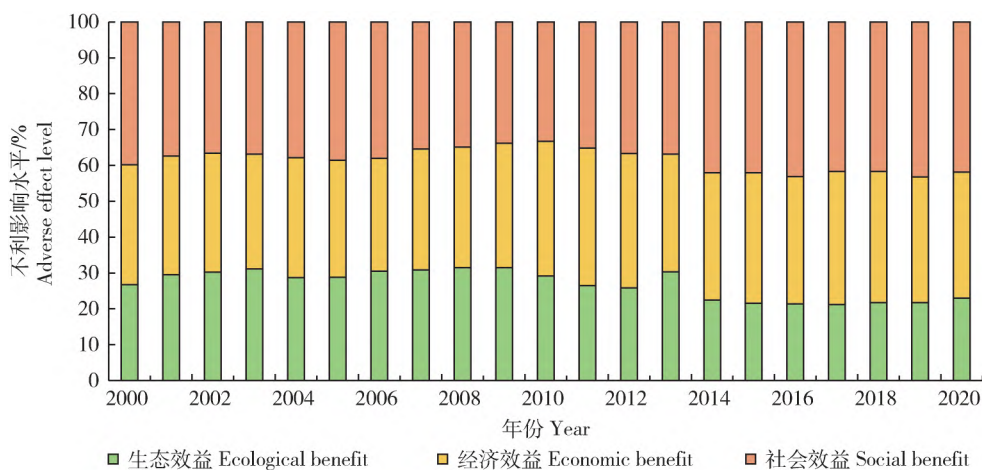


图 3 黑土区耕地利用效益子系统不利影响水平变动趋势

Fig. 3 Trends in the degree of adverse effects of the cultivated land use efficiency subsystem in the black soil area

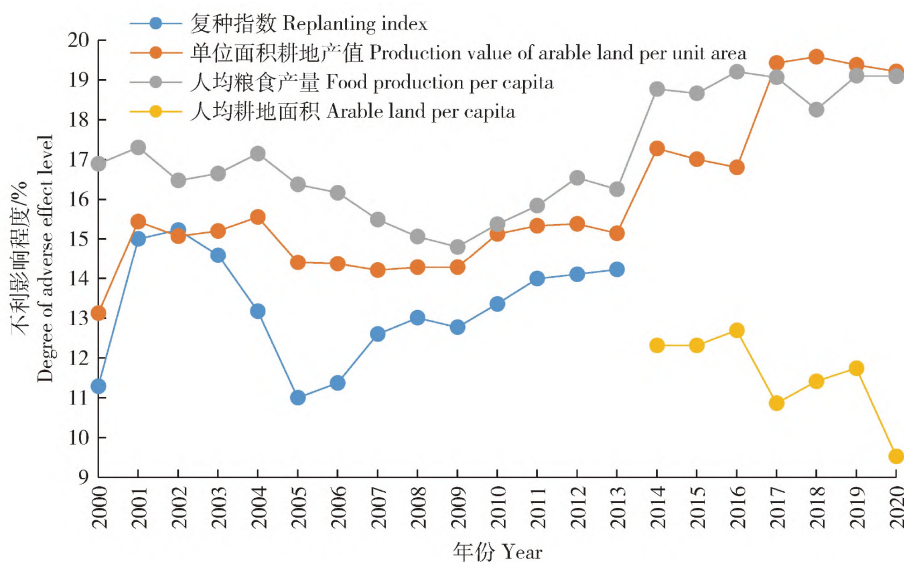


图 4 黑土区耕地利用效益主要不利影响因子

Fig. 4 Main adverse impact factors of cultivated land use efficiency in black soil areas

黑土区农业生产还处于较低水平,农产品产量不能有效满足日益增长的粮食消费和出口需求,就导致了黑土区耕地社会效益问题较为显著。同时较为粗放式的农产品生产使得农业附加值较低,单位面积的耕地产值不高。又由于生产意识以及技术水平的落后,“保护性”耕种方式还尚未有效普及,使得农民保持原有耕地习惯,对耕地保护的意愿较低。

2009—2012年,黑土区耕地利用的经济效益子系统不利影响程度最高,最低和最高值分别为2009年的34.71%以及2011年的38.43%。这一时期黑土区前3名的不利影响因子并未变,各因子的不利影响较上一时期有逐渐提高的趋势。在这一时期黑土区耕地利用没有了之前的社会效益子系统问题的困扰,反而转为经济效益子系统的阻碍。一方面,农业科技的进步和大量黑土区农业基础设施的投资使得粮食产量能够渐渐满足社会需求。另一方面,随着中国制造业大国的潜质日益凸显,工业逐渐成为中国重要的发展方向,而农业还处在向集约化和高效率发展的探索阶段,产值提升速度相对缓慢,且城镇化进程加快,要素投入的“城市偏向”加剧^[33],贫富差距不断扩大,进城打工的农民数量增加,农村撂荒现象增多,许多地区农业产值下降,这就使得经济子系统的问题较显著。

2013—2020年,黑土区的社会效益问题显著,同时前3名不利影响因子中的复种指数变为人均耕地面积。在这一时期中国人口还在不断增长,国内农产品自给面临着供小于需的现状。同时由于城市

面积的不断扩大,大量周边原农用地被征占,而黑土区又面临着人口流失、农业劳动力不断减少的现状,使得社会效益问题不利影响程度又重新提高,“人地矛盾”逐渐加剧,农业的产量和产值减少。同时在这一时期“中美贸易摩擦”频率增加,国际粮食价格波动频繁,大豆等粮食产品进口阻碍上升,而“新冠疫情”的影响更使得粮食供给问题加重。在这一时期党中央高度重视“粮食安全”问题,将保障口粮安全作为国家发展的重中之重。而耕地是粮食自给能力的基础^[29],所以面对人均耕地面积紧张、国内粮食安全风险不断提高的局面,更要严守“十八亿亩耕地红线”政策,落实“藏粮于地”和“藏粮于技”的政策战略^[30-31],提高区域乃至中国的粮食保障能力。

3.2 黑土区分省(自治区)耕地利用综合效益及问题诊断空间分异特征

3.2.1 黑土区分省(自治区)耕地利用综合效益空间分异特征

2000—2020年,黑土区各省(自治区)耕地利用综合效益空间分异特征见图5。可知:各省(自治区)的耕地利用综合效益随着时间呈现增长趋势,到2020年效益值均比2000年提高了一倍左右。从时序角度来看,2000年内蒙古自治区所辖的部分黑土区的耕地利用综合效益得分最高,其次是辽宁省,最后是黑龙江省和吉林省。到了2010年变为辽宁省得分最高。而到了2020年黑龙江省效益得分快速提升,与辽宁省一起处于较高得分区间。

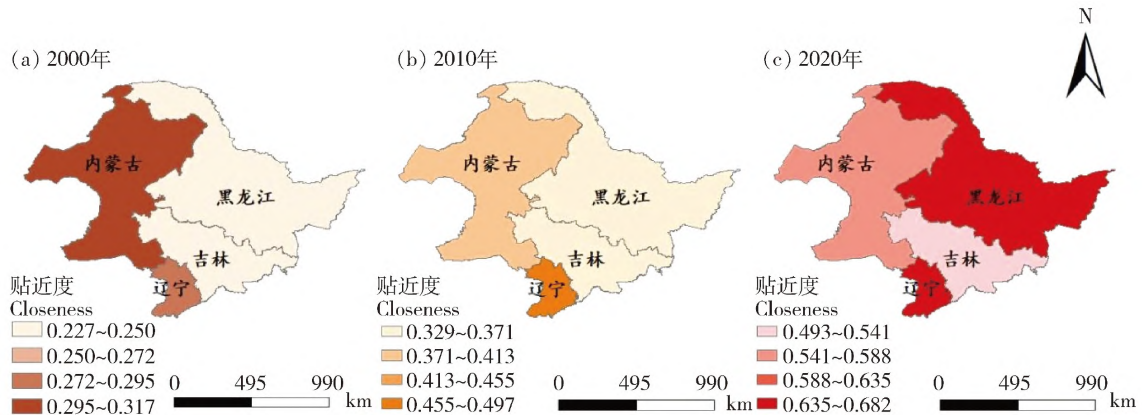


图5 2000年、2010年和2020年黑土区分省(自治区)耕地利用综合效益与最优方案的贴近期

Fig. 5 The closeness of the comprehensive efficiency of cultivated land use to the optimal solution in 2000, 2010 and 2020 in the provinces (autonomous regions) of the black soil area

从上述结果中可以看出,随着中国经济、社会和科技的不断发展,各省(自治区)的耕地利用效益也

在不断提高,从一开始2000年综合效益平均值处于0.270左右,到2020年综合效益平均值提高到

0.589 左右,黑土区各省份耕地利用效益已提升许多,但是还具有相当大的增长潜力,且各地耕地利用效益差异较大、发展不均衡并且具有波动性发展特征,像内蒙古自治区一开始效益得分最高,但到 2020 年的效益得分却居于第 3 位。而黑龙江省利用效益提升较快,由 2000 年的 0.241 提高到 2020 年的 0.682,位于 2020 年的最高效益区间。这首先得力于黑龙江省自然资源,其拥有丰富的耕地资源且许多土地处于黑土带上,是中国优质的农产品生产基地。其次近年来黑龙江省围绕特色农业、绿色农业进行发展,并同时实现了大规模的机械化农业生产。

3.2.2 黑土区分省(自治区)耕地利用效益子系统问题诊断空间分异特征

黑土区各省份(自治区)耕地利用效益的问题子系统空间分异特征见图 6。可知:

1)在 2020 年的经济子系统的效益问题诊断中,黑龙江省的不利影响程度最为显著,处于最高影响区间 33.031~34.604 中,其不利影响程度为 34.604%;辽宁省处在第二高影响区间 31.459~33.031 中,其不利影响程度为 32.956%;而吉林省

则处在第三高影响区间 29.886~31.459 中,其不利影响程度为 29.940%;最后是内蒙古自治区,不利影响程度为 28.314%。

2)在 2020 年的社会子系统的效益问题诊断中,黑龙江省的不利影响最显著,处在最高影响区间 48.333~56.486 中,其不利影响程度为 56.486%;其次是内蒙古自治区和吉林省均处在第三高影响区间 32.027~40.180,不利影响程度为分别为 37.486%和 34.851%;最后是辽宁省,其不利影响程度为 23.874%。

3)在 2020 年的生态子系统效益问题诊断中,辽宁省和吉林省的处在最高影响区间 34.605~43.169 中,其中辽宁省的不利影响程度为 43.169%,吉林省为 35.208%;之后是内蒙古自治区处在第二高影响区间 26.040~34.605 中,其不利影响程度为 34.200%;最后是黑龙江省,不利影响程度为 8.911%。

综上,目前制约黑龙江省耕地利用效益提高的是经济和社会子系统,而吉林省应注意缓解对生态子系统的压力,辽宁省经济和生态效益问题较显著,内蒙古自治区还应该关注自身的社会和生态效益。

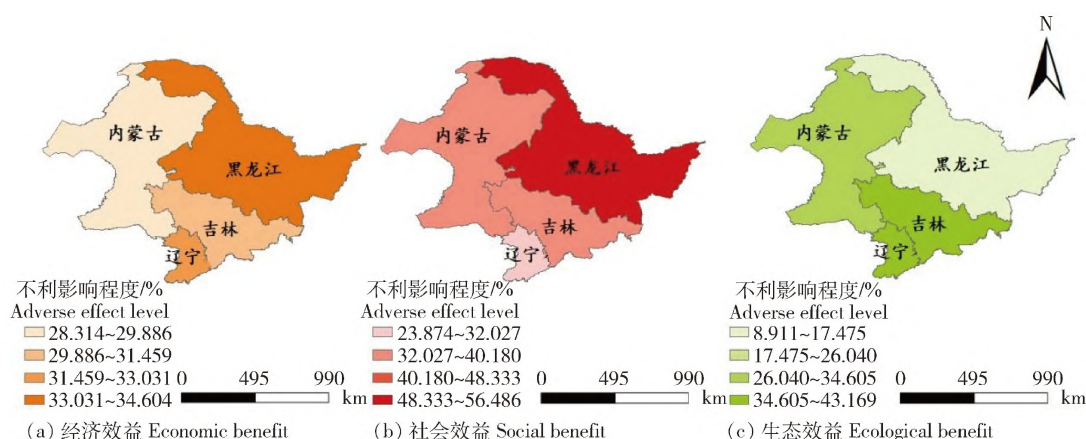


图 6 2020 年黑土区分省份(自治区)耕地利用效益各子系统问题诊断

Fig. 6 Diagnosis of the problems of each subsystem of cultivated land use efficiency in the provinces (autonomous regions) of the black soil area in 2020

4 讨论与结论

4.1 讨论

本研究发现,在研究期内黑土区耕地经历了“粗放式”经营向可持续利用探索的重大发展变革,黑土区耕地利用的综合效益趋势表现出了“前期低速发展,中前期快速提升,中后期缓慢增长,后期波动提

高”的变化特征,总体呈现上升态势。而“耕地面积减少”、“人均粮食产量较低”、“不合理耕作模式”以及“耕地产值不高”等问题影响因子的干扰使得耕地利用效益在提升过程中有所波动,这与李保国等^[31]对黑土地可持续发展面临的问题分析相符。作为中国粮食生产的“压舱石”和重要的商品粮生产基地,黑土区耕地利用效益还有较大提升空间。针对耕地

利用过程中的问题诊断,黑土区未来还应做好以下几点:1)坚守耕地红线政策,保证稳定的农产品种植面积;2)着力提高黑土区粮食产量,促进农业科技的发展,引入高端农业生产设备,逐步实现农业机械化、集约化生产;3)扩大有效灌溉面积,重视农业水利设施建设,提高地区水土匹配程度;4)推广保护性耕作“梨树模式”,实现秸秆全量覆盖、免耕少耕,逐步恢复黑土土肥力^[31];5)提高农业经济“造血”能力,防止农村居民再次返贫;6)加强气候变化监测,构建农业生产应对气候变化技术体系;7)推动地理信息遥感技术与农业结合,构建“天空地”智慧农业数字网络。

分省份来看,目前制约黑龙江省耕地利用效益提高的是经济和社会子系统,而吉林省应注意缓解对生态子系统的压力,辽宁省经济和生态效益问题较显著,内蒙古自治区还应该关注自身的社会和生态效益。因此:1)黑龙江省在后续农业发展中,应重视健全社会化农村服务体系,提高农产品物流、仓储和管理等社会服务能力,防止农村居民再次返贫,并促进农业产值的快速提升^[42-43];2)吉林省与科研院所共同探索的“梨树模式”是提高黑土地利用生态效益的重要经验和手段,应加大推广力度并积极探索出一条符合高质量发展的黑土区全域保护性耕作模式^[44];3)辽宁省针对黑土利用的经济和生态问题,应结合自身科研优势,引进科技管理技术,建设数字化环境监测网络,提高农业绿色生产宣传力度,构建分类治理保护模式,开拓出经济-社会-生态效益协调发展的道路;4)内蒙古自治区的“东四盟”,拥有大面积黑土耕地,对粮食安全具有重要作用,但其水资源存量紧缺、水土流失情况严重,农业社会化服务水平较低。在后续的发展过程应在减少水土流失、实现节能增效,并加强社会服务,以促进内蒙古地区的黑土地保护和农业高质量发展。

本研究对涉及拥有黑土资源 246 个县域所构成的黑土区整体及所属各省份的耕地利用效益及问题进行分析,一定程度上弥补了以往只研究单一省份或典型县域的研究不足。熵权 TOPSIS 模型对数据有很强的耐受性,研究方法科学可行。但受于数据的可获得性和研究可操作性,在后续研究对于黑土区耕地利用效益评价指标体系的完善和研究深度的扩展都值得进一步探讨。

4.2 结论

通过分析 2000—2020 年黑土区及其所涉及各

省(自治区)的耕地利用效益及诊断阻碍效益提升的不利影响因子,主要结论如下:

1)2000—2020 年,黑土区耕地利用的经济、社会、生态以及综合效益整体上升态势较为明显,其中综合效益表现出了“前期低速发展,中前期快速提升,中后期缓慢增长,后期波动提高”的变化趋势。

2)2000—2008 年,黑土区社会子系统的问题不利影响程度最高;2009—2012 年,经济效益子系统的的社会影响显著;2013—2020 年,黑土区的社会效益问题再次显著。截止到 2020 年黑土区耕地利用效益的前 3 名不利影响因子分别为人均粮食产量、单位面积耕地产值以及人均耕地面积。

3)从省域角度来看,黑龙江省耕地利用综合效益提升速度较快,吉林省保持稳定,辽宁省表现良好,内蒙古自治区波动变化。目前制约黑龙江省耕地利用效益提高的是经济和社会子系统,而吉林省应注意缓解对生态子系统的压力,辽宁省经济和生态效益问题较显著,内蒙古自治区还应该关注自身的社会和生态效益。

参考文献 References

- [1] Li Y, Shi Z, Wu H X, Li F, Li H Y. Definition of management zones for enhancing cultivated land conservation using combined spatial data [J]. *Environmental Management*, 2013, 52(4): 792-806
- [2] 杜国明,刘彦随. 黑龙江省耕地集约利用评价及分区研究[J]. *资源科学*, 2013, 35(3): 554-560
Du G M, Liu Y S. Evaluating and zoning intensive utilization of cultivated land in Heilongjiang Province[J]. *Resources Science*, 2013, 35(3): 554-560 (in Chinese)
- [3] 马聪,林坚. 基于熵权 TOPSIS 模型的耕地利用效益评价及障碍因子识别:以东中西三地案例比较为例[J]. *中国农业大学学报*, 2021, 26(8): 196-210
Ma C, Lin J. Evaluation of cultivated land use efficiency based on entropy TOPSIS model and identification of its obstacle factors: A case study of three regions in the east, middle and west of China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(8): 196-210 (in Chinese)
- [4] 刘泽瑾,焦利民,连喜红. 1995—2020 年气候变化和耕地利用变化对中国耕地气候生产潜力的影响分析[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(3): 62-73
Liu Z J, Jiao L M, Lian X H. Effects of climate change and cultivated land use change on climatic potential productivity of cultivated land in China from 1995 to 2020[J]. *China Land Science*, 2022, 36(3): 62-73 (in Chinese)
- [5] 钟钰,陈希,崔奇峰. 俄乌冲突对世界粮食安全的影响[J]. *世界农业*, 2022(10): 18-27

- Zhong Y, Chen X, Cui Q F. The impact of Russia-Ukraine conflict on world food security [J]. *World Agriculture*, 2022 (10): 18-27 (in Chinese)
- [6] 梁爱珍, 张延, 陈学文, 张士秀, 黄丹丹, 杨学明, 张晓平, 李秀军, 田春杰, McLaughlin N B, 相洋. 东北黑土区保护性耕作的发展现状与成效研究[J]. *地理科学*, 2022, 42(8): 1325-1335
- Liang A Z, Zhang Y, Chen X W, Zhang S X, Huang D D, Yang X M, Zhang X P, Li X J, Tian C J, McLaughlin N B, Xiang Y. Development and effects of conservation tillage in the black soil region of Northeast China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(08): 1325-1335 (in Chinese)
- [7] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国黑土地保护法[J]. *中国农业综合开发*, 2022(7): 4-7
- Standing Committee of the National People's Congress. Black land protection law of the People's Republic of China [J]. *Agricultural Comprehensive Development in China*, 2022(7): 4-7 (in Chinese)
- [8] 牛海鹏, 张安录. 耕地利用生态社会效益测算方法及其应用[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(5): 316-323
- Niu H P, Zhang A L. Method of measuring ecological and social benefits of cultivated land and its application [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26 (5): 316-323 (in Chinese)
- [9] 萧承勇. 台湾地区的农地重划及其社会经济利益[J]. *农业工程学报*, 2001, 17(5): 172-176
- Xiao C Y. Farmland innovation in Taiwan region and its socioeconomic benefits [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2001, 17(5): 172-176 (in Chinese)
- [10] 王东, 陈英, 路正, 孔喆. 玉米种植制度调整下的耕地经济效益评价及其影响因素分析: 以定西市鲁家沟镇太平村为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2016, 30(5): 41-46
- Wang D, Chen Y, Lu Z, Kong Z. Economic benefit evaluation of cultivated land and analysis of the influence factors during adjustment of corn cropping system: A case study of Taiping Village in Dingxi City [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(5): 41-46 (in Chinese)
- [11] 徐京京, 黄建武. 安徽省耕地资源利用的生态社会效益计算方法及其应用[J]. *水土保持通报*, 2015, 35(4): 157-162
- Xu J J, Huang J W. Calculating method of ecological and social benefits from cultivated land resource and its application in Anhui Province [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2015, 35(4): 157-162 (in Chinese)
- [12] Duguma L A, Hager H. Farmers' assessment of the social and ecological values of land uses in central highland Ethiopia [J]. *Environmental Management*, 2011, 47(5): 969-982
- [13] Pennington D N, Dalzell B, Nelson E, Mulla D, Taff S, Hawthorne P, Polasky S. Cost-effective land use planning: Optimizing land use and land management patterns to maximize social benefits [J]. *Ecological Economics*, 2017, 139: 75-90
- [14] 宋戈, 梁海鸥, 林佳, 孙白妮, 张慧, 姜博. 黑龙江省垦区耕地利用综合效益评价及驱动力分析[J]. *经济地理*, 2010, 30(5): 835-840
- Song G, Liang H O, Lin J, Sun B N, Zhang H, Jiang B. Evaluation on the comprehensive benefit of cultivated land use and analysis on the driving forces in Heilongjiang reclamation area [J]. *Economic Geography*, 2010, 30(5): 835-840 (in Chinese)
- [15] Zaehringer J G, Schwilch G, Andriamihaja O R, Ramamonjisoa B, Messerli P. Remote sensing combined with social-ecological data: The importance of diverse land uses for ecosystem service provision in north-eastern Madagascar [J]. *Ecosystem services*, 2017, 25: 140-152
- [16] 吴涛, 任平. 基于综合评价的耕地利用效益时空特征分析: 以四川省为例[J]. *四川师范大学学报: 自然科学版*, 2015, 38(5): 746-753
- Wu T, Ren P. Comprehensive evaluation of spatio-temporal characteristics of cultivated land utilization benefits in Sichuan Province [J]. *Journal of Sichuan Normal University: Natural Science Edition*, 2015, 38(5): 746-753 (in Chinese)
- [17] Wagner M, Mangold A, Lask J, Petig E, Kiesel A, Lewandowski I. Economic and environmental performance of miscanthus cultivated on marginal land for biogas production [J]. *Global Change Biology Bioenergy*, 2019, 11(1): 34-49
- [18] 邹静, 刘学录, 姚代宏. 基于 DEA 模型的平凉市耕地利用综合效益评价[J]. *甘肃农业大学学报*, 2014, 49(5): 148-153
- Zou J, Liu X L, Yao D H. Comprehensive efficiency evaluation on cultivated land use in Pingliang City based on DEA model [J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2014, 49(5): 148-153 (in Chinese)
- [19] Li Q F, Hu S G, Du G M, Zhang C R, Liu Y S. Cultivated land use benefits under state and collective agrarian property regimes in China [J]. *Sustainability*, 2017, 10(2): 7
- [20] 刘琼峰, 李明德, 段建南, 吴海勇. 基于 GIS 的湖南省耕地利用效益时空变异研究[J]. *经济地理*, 2013, 33(9): 142-147
- Liu Q F, Li M D, Duan J N, Wu H Y. The spatio-temporal variation of benefit of cultivated land use based on GIS technology in Hunan Province [J]. *Economic Geography*, 2013, 33(9): 142-147 (in Chinese)
- [21] 李佳, 雷国平, 柳杨, 徐辉. 河南省耕地利用效益评价研究[J]. *水土保持通报*, 2013, 33(3): 318-324
- Li J, Lei G P, Liu Y, Xu H. Research on the evaluation of cultivated land use efficiency in He'nan Province [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2013, 33(3): 318-324 (in Chinese)
- [22] 聂艳, 乌云嘎, 于婧, 姜艳, 周勇. 基于能值分析的武穴市耕地利用效益时空特征分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(6): 987-993
- Nie Y, Wu Y G, Yu J, Jiang Y, Zhou Y. Spatio-temporal variation characteristic of utilization efficiency of cultivated land in Wuxue based on an energy analysis [J]. *Resources and Environment in the Yangtze River Basin*, 2015, 24(6): 987-993 (in Chinese)
- [23] 庞英, 张全景, 叶依广. 中国耕地资源利用效益研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(5): 32-36
- Pang Y, Zhang Q J, Ye Y G. Study on the utilization benefit of cultivated land in China [J]. *China Population, Resources and*

- Environment, 2004, 14(5): 32-36 (in Chinese)
- [24] 周俊霞, 刘淑英, 王平. 甘肃省耕地利用效益时空分异特征[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(2): 258-262
Zhou J X, Liu S Y, Wang P. Evaluation on utilization benefits of cultivated land in Gansu Province [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2012, 51(2): 258-262 (in Chinese)
- [25] 谷秀兰, 黄朝明, 栾乔林, 韦仕川. 基于熵值法的县域耕地利用效益定量评价[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 533-537
Gu X L, Huang C M, Luan Q L, Wei S C. Quantitative evaluation of County cultivated land utilization benefit based on entropy method[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(10): 533-537 (in Chinese)
- [26] 中国科学院. 东北黑土地白皮书(2020)[R]. 2021
Chinese Academy of Sciences. White Paper on Northeast Blackland (2020)[R]. 2021 (in Chinese)
- [27] 刘兴土, 阎百兴. 东北黑土区水土流失与粮食安全[J]. 中国水土保持, 2009(1): 17-19
Liu X T, Yan B X. Soil erosion and food security in the black soil region of Northeast China[J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2009(1): 17-19 (in Chinese)
- [28] 潘晓卉, 张平宇, 刘世薇, 初楠臣. 黑龙江省西部垦区与农区耕地利用效益比较分析[J]. 中国科学院大学学报, 2019, 36(5): 633-641
Pan X H, Zhang P Y, Liu S W, Chu N C. Comparative analysis on the benefits of cultivated land use between the reclamation areas and rural areas in western part of Heilongjiang Province[J]. *Journal of University of Chinese Academy of Sciences*, 2019, 36(5): 633-641 (in Chinese)
- [29] 傅泽强, 蔡运龙, 杨友孝, 戴尔阜. 中国粮食安全与耕地资源变化的相关分析[J]. 自然资源学报, 2001, 16(4): 313-319
Fu Z Q, Cai Y L, Yang Y X, Dai E F. Research on the relationship of cultivated land change and food security in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(4): 313-319 (in Chinese)
- [30] 沈仁芳, 王超, 孙波. “藏粮于地、藏粮于技”战略实施中的土壤科学与技术问题[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 135-144
Shen R F, Wang C, Sun B. Soil related scientific and technological problems in implementing strategy of ‘storing grain in land and technology’[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2018, 33(2): 135-144 (in Chinese)
- [31] 李保国, 刘忠, 黄峰, 杨晓光, 刘志娟, 万炜, 汪景宽, 徐英德, 李子忠, 任国生. 巩固黑土地粮仓 保障国家粮食安全[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(10): 1184-1193
Li B G, Liu Z, Huang F, Yang X G, Liu Z J, Wan W, Wang J K, Xu Y D, Li Z Z, Ren T S. Consolidate the granary of black land and ensure national food security[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1184-1193 (in Chinese)
- [32] 李全峰, 黄宇, 杜国明, 瞿诗进, 李玉清. 2000—2020年东北黑土区耕地单产时空格局演化特征[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(3): 188-197
Li Q F, Huang Y, Du G M, Qu S J, Li Y Q. Evolutionary characteristics of spatial and temporal patterns of cultivated land yields in the black soil region of Northeast China from 2000 to 2020[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(3): 188-197 (in Chinese)
- [33] 姬志恒, 张彦. 中国城乡协调发展的时空差异及影响因素[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(7): 235-249
Ji Z H, Zhang Y. Temporal and spatial differences and influencing factors of coordinated development between urban and rural areas in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(7): 235-249 (in Chinese)
- [34] 杨秀敏, 耿静, 徐游, 庄海燕, 陈文述. 基于TOPSIS模型的海南岛土地综合承载力时空变化及障碍度诊断[J]. 生态学报, 2022, 42(22): 9324-9334
Yang X M, Geng J, Xu Y, Zhuang H Y, Chen W S. Spatio-temporal change and obstacle degree diagnosis of comprehensive land carrying capacity in Hainan Island based on TOPSIS model[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(22): 9324-9334 (in Chinese)
- [35] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2020
Statistics Bureau of National Department of Rural Socio-Economic Survey. *China Rural Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2020 (in Chinese)
- [36] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县域统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2020
Statistics Bureau of National Department of Rural Socio-Economic Survey. *China County Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2020 (in Chinese)
- [37] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版, 2000—2020
Statistics Bureau of National Department of Urban Socio-Economic Survey. *China Urban Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2020 (in Chinese)
- [38] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2020
Statistics Bureau of Heilongjiang Province. *Heilongjiang Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2020 (in Chinese)
- [39] 吉林省统计局. 吉林统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2020
Statistics Bureau of Jilin Province. *Jilin Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2020 (in Chinese)
- [40] 辽宁省统计局. 辽宁统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2020
Statistics Bureau of Liaoning Province. *Liaoning Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2020 (in Chinese)
- [41] 内蒙古自治区统计局. 内蒙古统计年鉴 2000—2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000—2020
Statistics Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region. *Inner Mongolia Statistical Yearbook (2000-2020)* [M]. Beijing: China

Statistics Press, 2000—2020 (in Chinese)

- [42] 李保国, 王健. 依法建立我国黑土地保护治理体系[J]. 中国土地, 2022 (7): 19-21

Li B G, Wang J. Establishing the black land protection and governance system in China according to law[J]. *China Land*, 2022(7): 19-21 (in Chinese)

- [43] 李婕, 王玉斌, 程鹏飞. 中国农业全要素生产率的时空演变差异及内源构成[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(2): 240-252

Li J, Wang Y B, Cheng P F. Temporal and spatial evolution difference and endogenous composition of agricultural total factor productivity in

China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(2): 240-252 (in Chinese)

- [44] 崔文倩, 赵锦, 杨晓光. 基于 Meta 分析的 4 种保护性耕作措施对东北春玉米生长季农田土壤水热环境影响[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27 (8): 24-34

Cui W Q, Zhao J, Yang X G. Effects of four conservation tillage measures on soil hydrothermal environment in northeast spring maize growing season based on meta-analysis [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(8): 24-34 (in Chinese)

责任编辑：杨爱东



第一作者简介：郑皓洋，硕士研究生，现就读于东北林业大学。本科期间获得东北林业大学经济管理学术作品大赛一等奖和“正大杯”市场调研分析大赛二等奖，是省级大学生创新创业项目“碳交易试点政策对制造业碳排放影响的实证研究：基于双重差分模型的检验”第一负责人。研究方向为黑土地自然资源可持续利用。先后参加调研项目有：中央财政补贴林区民生实地调查项目；林业草原局东北国有林区民生监测调查项目；中国乡村振兴综合调查项目。本科期间作为第一作者在《中国林业经济》上发表论文“碳交易试点政策对制造业碳排放的影响研究”。对生态经济学领域有浓厚兴趣。



通讯作者简介：黄颖利，博士，东北林业大学经济管理学院教授、博士生导师。现任东北林业大学科学技术研究院副院长、黑龙江省政府特聘碳汇经济专家、黑龙江省产业创新协同体系碳汇经济首席专家、黑龙江省现代林业与碳汇经济发展高端智库首席专家。主要从事生态产品价值实现、气候变化经济学、生态经济、绿色高质量发展等方面的研究。主持国家新文科项目；教育部人文社会科学项目；国家博士后基金一等奖项目；十四五国家重点研发课题子课题；黑龙江省政府重大委托项目；黑龙江省自然科学基金项目等。近 5 年发表 CSSCI、CSCD、SCI 论文 37 篇。