

2006—2021 年内蒙古耕地集约化与规模化耦合协调性

郝岩¹, 张裕凤^{1,2}

(1.内蒙古师范大学 地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022;

2.内蒙古土地利用与整治工程研究中心, 内蒙古 呼和浩特 010022)

摘要: [目的] 研究耕地可持续集约化与规模化耦合协调模式, 为制定国土空间规划、乡村振兴、耕地保护等政策提供科学依据。[方法] 以内蒙古自治区为例, 基于研究区 2006—2021 年的土地利用实际, 运用熵值法构建耕地可持续集约化与规模化评价指标体系, 采用多因子综合分析法对耕地可持续集约化与规模化进行测算, 根据评价结果进行耦合协调性分析。[结果] 2006—2021 年内蒙古耕地集约化综合水平在 0.218~0.370 之间, 总体呈上升趋势, 空间特征为东西耕地集约化水平较高, 中部较低。各盟市耕地集约化水平差距较小, 耕地利用程度与产出效果对耕地集约化水平影响较为显著。耕地规模化综合水平在 0.433~0.532 内波动, 总体呈现先上升后下降的趋势, 空间分布特征不规律。各盟市耕地规模化水平差距较大, 耕地斑块形状与面积对耕地规模化水平贡献度较高。在过去 15 a 间, 内蒙古耕地集约化与规模化的耦合度由磨合阶段逐步向高度磨合阶段发展, 耕地集约化与规模化的耦合协调度持续增长, 由濒临失调、勉强协调向初级协调、中级协调跃进, 但仍有 33.33% 的盟市处于勉强协调阶段, 空间分布格局大致为东西部较高, 中部较低。[结论] 内蒙古耕地利用水平存在优化空间, 应更加注重对耕地科学利用, 改善种植环境, 将耕地利用与保护并重, 促进内蒙古地区农业可持续高质量发展。

关键词: 耕地; 集约利用评价; 规模化评价; 耦合协调模型; 内蒙古自治区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2024)01-0314-12

中图分类号: F301.21

文献参数: 郝岩, 张裕凤. 2006—2021 年内蒙古耕地集约化与规模化耦合协调性[J]. 水土保持通报, 2024, 44(1): 314-325. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20231212.001; Hao Yan, Zhang Yufeng. Coupling coordination between intensification and scale of cultivated land in Inner Mongolia during 2006—2021 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2024, 44(1): 314-325.

Coupling Coordination Between Intensification and Scale of Cultivated Land in Inner Mongolia During 2006—2021

Hao Yan¹, Zhang Yufeng^{1,2}

(1. Inner Mongolia Normal University School of Geographical Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010022, China;

2. Inner Mongolia Land Use and Improvement Project Research Center, Hohhot, Inner Mongolia 010022, China)

Abstract: [Objective] A coupling and coordination model of sustainable intensification and scale of cultivated land was studied to provide scientific basis for formulating policies such as territorial spatial planning, rural revitalization and cultivated land protection. [Methods] Actual land use for a study area in Inner Mongolia was used to construct an evaluation index system of sustainable intensification and scale of cultivated land by the entropy method, and the sustainable intensification and scale of cultivated land were measured by the multi-factor comprehensive analysis method. A coupling and coordination analysis was carried out according to the evaluation results. Based on the evaluation results and regional status reported in the study area, we put forward specific suggestions for the utilization and protection of cultivated land in Inner Mongolia. [Results] The comprehensive level of cultivated land intensification in Inner Mongolia from 2006 to 2021 was between 0.218 and 0.370, showing an overall upward trend. The level of cultivated land intensification was higher in

收稿日期: 2023-06-24

修回日期: 2023-07-25

资助项目: 内蒙古自治区哲学社会科学规划重点项目“基于内蒙古自然资源与条件的产业结构优化研究”(2022NDA219)

第一作者: 郝岩(1999—), 女(汉族), 内蒙古自治区赤峰市人, 硕士研究生, 研究方向为土地经济与耕地保护研究。Email: haoya133199921@163.com.

通信作者: 张裕凤(1964—), 女(汉族), 山东省烟台市人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地调查与评价、经济地理学的研究。Email: zhangyufeng@imnu.edu.cn.

the east and west, and lower in the central region. The differences in cultivated land intensification level among all of the cities were small, and the utilization degree and output effect of cultivated land had a significant influence on the level of cultivated land intensification. The comprehensive level of cultivated land scale fluctuated between 0.433 and 0.532, showing a trend of initially increasing and then decreasing. The spatial distribution characteristics were irregular. There was a large difference in the scale level of cultivated land among the cities, and the shape and area of cultivated land patches had a high contribution to the scale level of cultivated land. During the past 15 years, the coupling degree of cultivated land intensification and scale in Inner Mongolia gradually developed from the run-in stage to the high-level run-in stage, and the coupling degree of cultivated land intensification and scale continued to increase. The coupling degree of cultivated land intensification and scale has advanced from the verge of disharmony and barely coordinated to primary coordination and intermediate coordination. However, 33.33% of cities were still in the barely coordinated stage, and the spatial distribution pattern was generally higher in the eastern and western regions and lower in the central region. [Conclusion] There is room for optimizing the cultivated land utilization level in Inner Mongolia. More attention should be given to the scientific utilization of cultivated land, improving the planting environment, and attaching equal importance to the utilization and protection of cultivated land to promote sustainable and high-quality agricultural development in Inner Mongolia.

Keywords: cultivated land; intensive use evaluation; scale evaluation; coupled coordination model; Inner Mongolia Autonomous Region

在粮食安全的视角下,耕地资源是人类依赖生存的稀缺资源。近年来中国坚决实行最严格的耕地保护制度,但由于全球环境恶化、全国城镇化脚步逐渐加快和生态保护政策等影响,中国耕地资源存在数量减少、质量下降和可耕性丧失等问题^[1]。同时由于且耕地后备资源明显不足,粮食安全和农民权益难以保障,提高耕地综合利用效率可作为解决此困境的有效之法^[2],也是社会经济发展、土地面积约束、人口增长与技术进步等压力下人类利用土地的必然选择。耕地可持续集约化与耕地规模化作为评价耕地利用状态的两个不同视角,其根本目的是在人类作用下,挖掘耕地潜力,提高耕地产出能力,为国土空间规划、乡村振兴、耕地保护等政策提供科学支撑。由此,研究耕地可持续集约化与规模化耦合协调模式,对促进耕地资源利用方式优化,提高区域农业现代化水平具有重要意义。

集约化是指在有限的可利用的资源上投入特定时间、技术与资金,从而使得利用结果不断优化的可持续过程。耕地是土地资源中最宝贵的资源,耕地集约化可以概括为:保证耕地资源充分满足不断增加的粮食需求,对有限的耕地资源投入有利于提高生产效率的生产资料、管理技术与资金,在保护耕地质量安全的前提下,追求耕地高效率产出能力^[3]。耕地规模化,是将形状不规则、面积较小、产权分散的耕地地块通过高标准农田建设、土地整治等工程进行整理修复,从而使耕地资源达到适度规模经营状态,进而

提高耕地利用效率与单位农业产出能力。本研究中的耕地规模化是相对于耕地破碎化而言的,耕地破碎化的内涵包括以下 3 个方面:①景观破碎化。景观破碎化是土地资源利用变化在景观格局方面的外在表现之一^[4]。耕地资源在土地资源系统中,由于自然地理状况影响下的耕地规模、斑块数量、密度等现状特征以及耕地利用连接度、离散性、分割度等空间特征。②权属破碎化。耕地作为资产在产权主体、经营利用等权属分配及转移状况。③利用破碎化。由于社会经济发展的需要,使得原本规则的、连片集中的耕地被分割为形状不规则、不集中、面积狭小的地块^[5]。

近年来关于耕地集约化与规模化、破碎化等方面的研究较为广泛,逐渐由单一的耕地集约化研究转向集约化与耕地生态效率、粮食安全、碳排放、细碎化等方面的综合评价。倪超等^[6],姚成胜等^[7],刘源等^[8],分别采用熵值法和差异系数法、能值分析法、超效率 SBM 模型等对测度了大尺度下耕地利用集约化水平;路欣怡等^[9]基于耕地集约化利用,评价了县域耕地健康状态及其内部协调性;侯孟阳等^[10]评估了城镇化与气候条件的双重作用下对耕地集约利用与粮食生产的影响;胡贤辉等^[11]采用耦合协调度模型及空间自相关模型探究中国耕地集约化与生态效率的时空分异特征与耦合协调度;王剑等^[12]研究了耕地集约利用与农业碳排放水平之间的互动发展关系;王聪等^[13]构建了县域尺度下耕地集约化与规模化评价

指标体系;刘晶等^[14]剖析了耕地细碎化影响耕地可持续集约利用的理论机理。

综上所述,现有研究更多集中在耕地集约化、耕地细碎化、耕地规模化等单一研究上,在不同尺度下对耕地集约化与规模化耦合协调分析不足,且现有研究多基于大尺度(省域)与小尺度(县域),缺少对中尺度下耕地集约化水平与规模化水平两者关系的探寻,即不同城市间耕地集约化与规模化之间的存在哪些差异,同一城市耕地集约化与规模化的关联程度在时间与空间上存在怎样的表现特征与发展规律,对此问题的研究有利于明确耕地利用现状水平,为市域耕地保护与治理提供可靠数据支撑,为国土空间规划、土地整治、高标准农田建设等提供科学建议。内蒙古自治区是全国 13 个粮食主产区和 8 个粮食规模调出省区之一,其土地利用具有农牧业为主的典型特征。近年来内蒙古耕地数量有所增加,耕地利用的重点逐步由数量转变为数量质量并重,耕地利用方式更加注重节约集约化。且由于其特殊的地理位置,区内库布齐沙漠、河套平原与呼伦贝尔高原等典型地貌促进了土地景观破碎度,同时对耕地破碎度也产生了一定的影响。基于此背景,本研究采用了内蒙古 12 个盟市 2006—2021 年的截面数据与土地利用数据,运用熵值法、多因子综合评价法测度耕地集约化水平,借鉴景观生态学中景观破碎度指标构建耕地规模化评价体系,对各盟市规模化水平进行评价,利用耦合协调度模型对集约化与规模化之间的关系进行分析,以期为内蒙古耕地保护和利用管理提供些许有益依据。

1 研究区及数据来源

1.1 研究区概况

内蒙古自治区地处中国北部边疆,全境以高原为主,气候以温带大陆性气候为主,全年太阳辐射量从东北向西南递增,降水量由东北向西南递减。境内共有大小河流 1 000 多条,但水资源时空分布不均,中西部水资源较为紧缺。内蒙古地区土壤类型较多,土壤带基本呈东北—西南排列,最东为黑土壤地带,自然肥力最高,土壤结构良好,易于耕作,适宜发展农业,向西依次为暗棕壤地带、黑钙土地带、栗钙土地带、棕壤土地带、黑垆土地带、灰钙土地带、风沙土地带和灰棕漠土地带。2021 年全区生产总值完成 2.05×10^{12} 元,人均生产总值达到 85 422 元。2021 年末全区常住人口 2.40×10^7 人,其中城镇人口 1.64×10^7 人,乡村人口 7.63×10^6 人;人口城镇化率为 68.2%。内蒙古土地总面积 118.3 km^2 ,占全国土地面积的 12.3%。其中耕地 $1.15 \times 10^7 \text{ hm}^2$,园地 $4.81 \times 10^4 \text{ hm}^2$,林地 $2.44 \times$

10^7 hm^2 ,草地 $5.43 \times 10^7 \text{ hm}^2$,湿地 $3.80 \times 10^6 \text{ hm}^2$,城镇村及工矿用地 $1.51 \times 10^6 \text{ hm}^2$,交通运输用地 $1.21 \times 10^7 \text{ hm}^2$,水域及水利设施用地 $1.07 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。内蒙古耕地资源以水浇地和旱地为主,耕地主要分布在西辽河平原、松嫩平原嫩江右岸、河套平原和土默川平原。通辽市、呼伦贝尔市、赤峰市和兴安盟东 4 盟市耕地面积较大,占全区耕地的 66%。耕地主要种植作物为小麦、水稻、玉米。2021 年全区耕地灌溉面积为 $3.18 \times 10^6 \text{ hm}^2$,粮食总播种面积为 $6.88 \times 10^6 \text{ hm}^2$,粮食产量 3 840.33 t,农业总产值为 1.88×10^{11} 元(图 1)。

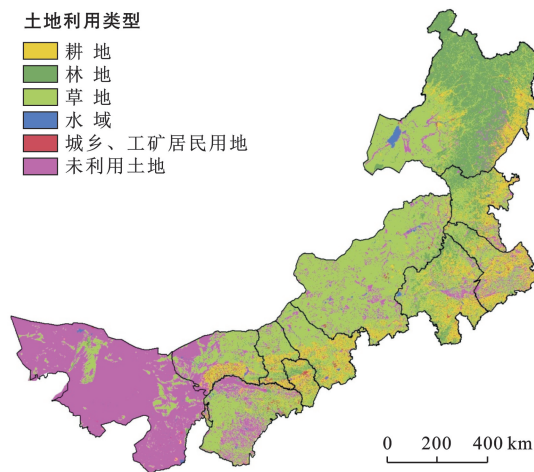


图 1 2021 年内蒙古土地资源现状

Fig.1 Status of cultivated land resources in Inner Mongolia in 2021

1.2 数据来源

(1) 社会经济数据。共收集了 2011, 2016 以及 2021 年内蒙古及各盟市相关统计资料,其中涉及到的耕地面积、人口数量、化肥投入、机械动力投入、灌溉面积、粮食产量等均取自《中国农村统计年鉴》《内蒙古自治区统计年鉴》以及各市级统计年鉴数据资料^[11],其中耕地面积是指年末耕地面积。对于缺失数据采用线性回归法进行处理。

(2) 土地利用数据。本研究中土地利用数据来源于中国年度土地覆盖数据集(annual China land cover dataset, CLCD),具有 30 m 高精度分辨率。利用行政区划边界提取 2006, 2011, 2016 以及 2021 年内蒙古自治区 12 盟市的 CLCD 土地覆盖数据。

2 研究方法与评价指标

2.1 耕地集约化

2.1.1 耕地集约化指标体系构建 耕地集约利用是对于耕地粗放经营而言的。在进行耕地集约利用评价时,不仅仅要考虑在现有经营模式下耕地的经济效

益,同时要注重耕地的社会效益和生态效益。本文依照科学性和可操作性、系统性和层次性、比较性和可量化性等原则,参考已有研究成果^[7,15-24]并结合内蒙

古自治区社会发展现状,从投入强度、利用程度、产出效果和持续状态 4 方面出发,选取 12 指标因子来构建内蒙古耕地集约利用评价体系(表 1)。

表 1 内蒙古耕地集约利用评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of cultivated land intensive use in Inner Mongolia

目标层	准则层	指标层	指标说明	权重
耕地集约利用水平	投入强度	地均劳力/(人·hm ⁻²)	种植业人口/耕地总面积	0.080
		地均化肥/(kg·hm ⁻²)	种植业化肥投入/耕地总面积	0.026
		地均农机动力/(kW·hm ⁻²)	种植业机械总动力/耕地总面积	0.091
	利用程度	复种指数/%	农作物播种面积/耕地总面积×100%	0.099
		垦殖指数/%	耕地总面积/土地总面积×100%	0.088
		灌溉指数/%	有效灌溉面积/耕地总面积×100%	0.097
	产出效果	粮食单产/(kg·hm ⁻²)	粮食总产量/粮食播种面积	0.075
		劳均产值/(元/人)	种植业总产值/种植业人口	0.089
		地均利润/(元·hm ⁻²)	农业增加值/耕地总面积	0.129
	持续状况	粮食安全系数/%	(人均粮食占有量 kg/人均 400 kg)×100%	0.110
		农业供养指数/(元/人)	农业总产值/人口总数	0.051
		人均耕地/(hm ² /人)	耕地总面积/人口总数	0.065

2.1.2 耕地集约化水平测度

(1) 数据标准化。在进行评价前对各指标进行标准化处理可提高评价结果的精度。由于每个指标的量纲和单位是不同的,无法直接进行计算和比较。同时评价指标可分为正向指标和负向指标,正向指标数值越大越优,而负向指标越小越优,也同样说明每个指标在进行标准化处理之前无法直接进行比较。所以在进行耕地集约利用评价之前,需要先对数据进行标准化处理,评价指标标准化公式为:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j} \quad (\text{正向指标}) \quad (1)$$

$$X'_{ij} = \frac{\max X_j - X_{ij}}{\max X_j - \min X_j} \quad (\text{负向指标}) \quad (2)$$

式中: X'_{ij} 表示指标的标准化值; X_{ij} 为第*i*年的第*j*项观测值; $\max X_j$ 为所有年份中第*j*项观测值中的最大值; $\min X_j$ 为所有年份中第*j*项观测值中的最小值。

(2) 熵值法。为了能得到较为客观的权重,在此研究中,指标的客观权重采用熵值法进行计算,对各项评价进行赋权。为了避免标准化数值出现数值较小或负值的情况,将标准化后的数值进行平移处理,即将标准化后的值加上常数 1,计算评价指标的熵值和差异性系数,最终得到各评价指标权重。具体计算公式为:

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n y_{ij} \ln(y_{ij}) \quad (3)$$

$$g_j = 1 - e_j \quad (4)$$

$$\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (5)$$

式中: e_j 为第*i*项指标的第*j*项的熵值; y_{ij} 为数据无量纲后的值; g_j 为第*i*项指标的第*j*项的差异性系数; ω_j 为第*i*项指标的第*j*项的权重值。

(3) 多因素综合评价法。根据《内蒙古自治区统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》所查询的数据,按照指标含义,将各评价指标无量纲化,得到评价指标的标准值,利用熵权系数法计算各指标的权重。运用多因子综合评价法计算 2006,2011,2016 及 2021 年内蒙古 12 盟市耕地集约化水平值,其取值范围是 [0,1],集约化水平值越接近 1,耕地集约化程度越高。具体计算公式为:

$$Z_i = \sum_{j=1}^n \omega_j X'_{ij} \quad (6)$$

式中: X'_{ij} 为评价指标的标准化值; Z_i 为耕地利用集约化水平值。

2.2 耕地规模化

基于景观生态学定量研究成果^[5,13-14,25],结合研究目标,选取景观格局指数中的斑块密度指数、边缘密度指数、斑块形状指数、平均斑块面积、面积加权分维指数、斑块聚集度指数作为耕地规模化评价指标(表 2)。

为保证数据的统一性,本研究以内蒙古行政单元作为评估单元。将 2006,2011,2016,2021 年土地覆盖数据利用 12 盟市行政界线进行裁剪,使用

Fragstats软件计算各盟市区域内地块密度、平均斑块面积、斑块聚集度指数、面积加权分维指数、边缘密度指数和斑块形状指数,利用熵权法计算指标的信息熵

并赋予权重,进而获得市域尺度下规模化水平值,其取值范围为[0,1],规模化水平值越接近1,耕地规模化程度越高。

表 2 内蒙古耕地规模化评价指标体系

Table 2 Scale evaluation index system of cultivated land in Inner Mongolia

目标层	指标层	指标说明	权重
耕地规模化水平	斑块密度指数(PD)	单位面积内耕地地块个数	0.043 1
	边缘密度指数(ED)	斑块周长与面积之比	0.057 6
	斑块形状指数(LSI)	景观内部斑块组合情况	0.322 7
	平均斑块面积(AREA_MN)	耕地平均地块面积	0.263 9
	面积加权分维指数(FRAC_AM)	各斑块的边缘密度经各自面积权重加权之和	0.192 6
	斑块聚集度指数(AI)	区域景观类型内部斑块团聚程度	0.120 0

2.3 耦合协调度模型

耕地集约化与耕地规模化是两个独立又相互影响作用的系统。采用耦合协调度模型对耕地规模化与集约化相互影响程度及协调状况。具体计算公式为:

$$C_i = \sqrt{\frac{S_{i1} \times S_{i2}}{(S_{i1} + S_{i2})^2}} \quad (7)$$

$$D_i = \sqrt{C_i \times T} \quad (8)$$

$$T = \alpha S_{i1} + \beta S_{i2} \quad (9)$$

式中: S_{i1} 为第*i*个盟市的耕地集约化水平; S_{i2} 为第*i*个盟市的耕地规模化水平; C_i 为第*i*个盟市集约化与规模化的协调度, C_i 值越大说明两系统间耦合度越高,取值范围为[0,1]。 D_i 为耦合协调度; T 为两个系统间的协调性指数; α 与 β 分别表示集约化与耕地化在整个系统中的权重,本研究中耕地集约化与规模化对耕地可持续利用同等重要,取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

结合已有研究^[26-32],本次研究将内蒙古市域尺度下耦合度划分为低度耦合[0.0,0.2]、拮抗阶段(0.2,0.6]、磨合阶段(0.6,0.9]、高度耦合(0.9,1.0]4个等级,耦合协调度划分为极度失调[0.0,0.1]、严重失调(0.1,0.2]、中度失调(0.2,0.3]、轻度失调(0.3,0.4]、濒临失调(0.4,0.5]、勉强协调(0.5,0.6]、初级协调(0.6,0.7]、中级协调(0.7,0.8]、良好协调(0.8,0.9]、优质协调(0.9,1.0]10个等级。

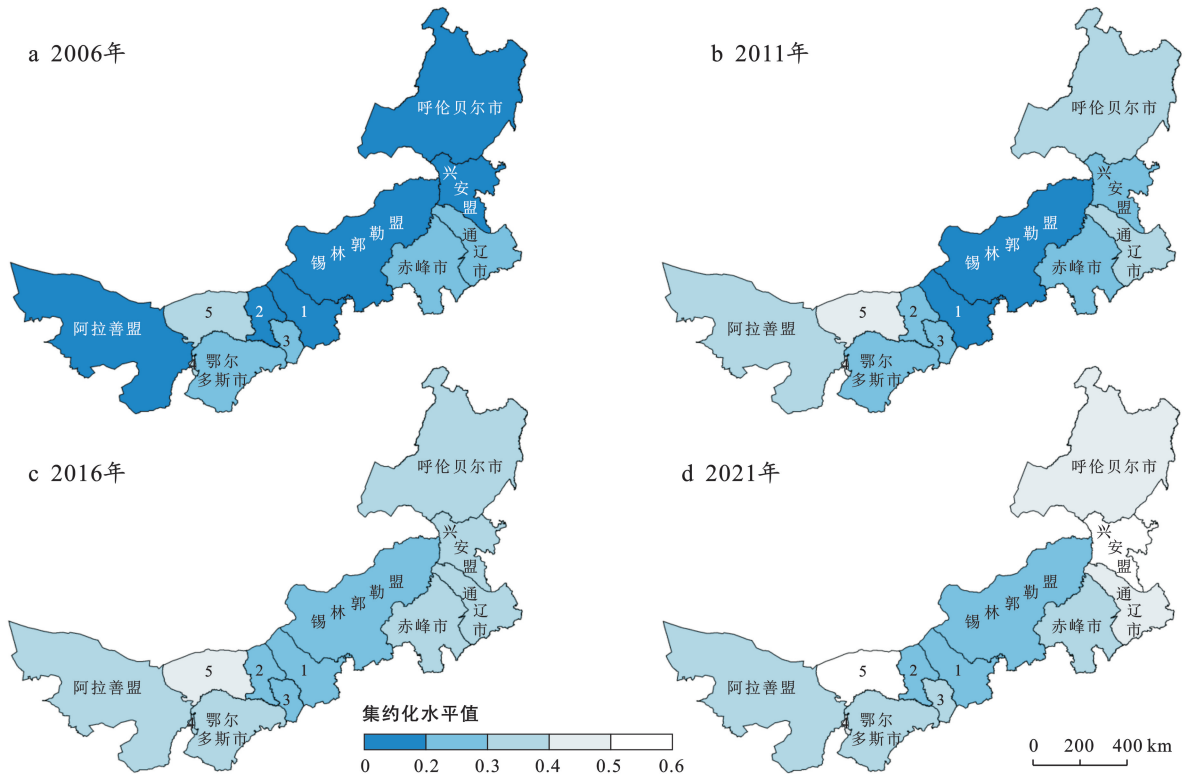
3 结果与分析

3.1 耕地集约化水平时空演变特征分析

在2006—2021年,内蒙古综合耕地集约化水平介于0.218~0.370之间,总体呈上升趋势,15 a中增长了69.75%,变化速率达0.465%/a。耕地集约化水平空间表现为东西部较高,中部地区虽呈上升趋势但

水平偏低(图2)。由于土地自然属性的差异性,东四盟的耕地集约化水平明显高于中西部地区。截止到2021年,锡林郭勒盟耕地集约化水平值为0.238,兴安盟耕地集约化水平值为0.528,分别为内蒙古最低和最高耕地集约化水平。其中在2006—2011年,12个盟市的耕地集约水平均有增加,增长速率较快的盟市有呼伦贝尔、兴安盟、赤峰市与阿拉善盟;2011—2016年,呼伦贝尔市、巴彦淖尔市、乌海市与阿拉善盟集约化水平有所下降,但是减幅较小;2016—2021年,除锡林郭勒盟外,其余11盟市耕地集约化水平均有大幅度提升,其中增长最为显著的为呼伦贝尔市与兴安盟。

内蒙古耕地集约利用水平波动上升与该研究时段内的耕地投入强度、利用程度、产出效果密切相关。2006—2021年,内蒙古耕地的投入强度、利用程度、产出效果和持续状态变化趋势见图3。内蒙古整体的投入强度与利用程度呈先增后减的趋势,产出效果与持续状况呈上升趋势,其中产出效果增长了2.79%,变化速率达到了18.65%/a。由于内蒙古农村劳动力流失较为严重,生态安全背景下要求减少化肥农药使用数量,发展绿色农业、水利设施不完善、受自然因素影响,农业水资源不足等原因,投入强度与利用程度在2011—2021年期间下降幅度较大。产出效果的显著增加主要得益于政府出台多项惠农政策、调整农业产业结构、完善农业基础设施、改善土壤质地等措施。持续状况的增加主要因为:内蒙古自治区坚决贯彻执行耕地保护政策,保护粮食生产安全。同时内蒙古自治区长期改造、开发和利用土地资源,加强粮食主产区的基础设施建设,开展土地整治与高标准农田建设,改善耕地资源的质量,促进了耕地的可持续利用。



注:1 乌兰察布市; 2 包头市; 3 呼和浩特市; 4 乌海市; 5 巴彦淖尔市。

图 2 2006—2021 年内蒙古耕地集约化水平空间分布

Fig.2 Spatial distribution of cultivated land intensification in Inner Mongolia from 2006 to 2021

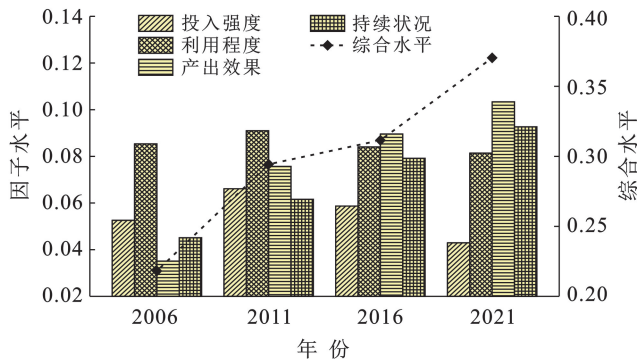


图 3 2006—2021 年内蒙古耕地集约化评价因子水平值

Fig.3 Evaluation factors of cultivated land intensification in Inner Mongolia from 2006 to 2021

3.2 耕地规模化时空演变特征分析

在 2006—2021 年, 内蒙古耕地规模化水平在 0.433~0.532 内波动, 总体呈现先上升后下降的趋势。2006—2011 年内蒙古规模化水平上升了 22.56%, 变化速率为 4.57%/a; 2011—2021 年下降了 6.5%, 变化速率为 0.65%/a。耕地规模化水平空间表现为西高东低(图 4)。其中阿拉善盟与乌海市耕地规模化水平持续较高, 主要原因为其耕地数量较少, 利用景观破碎度评价其耕地规模化存在一定的偏差。截止到 2021 年, 呼和浩特市耕地规模化水平为 0.307, 阿拉

善盟耕地规模化水平为 0.786, 分别为内蒙古耕地规模化水平的最低值和最高值。2006—2011 年, 只有呼伦贝尔市规模化水平有所下降, 由 0.487 下降到 0.397; 2011—2016 年包头市、乌海市、呼伦贝尔市、巴彦淖尔市、锡林郭勒盟 5 个盟市的耕地规模化水平呈下降趋势, 下降速度最快的为乌海市; 2016—2021 年除呼伦贝尔市、巴彦淖尔市、锡林浩特盟与兴安盟外的 8 个盟市的规模化均有下降, 其中赤峰市下降速度最快。

综合看来, 15 a 中耕地规模化水平仅有包头市与乌海市有所下降, 其余 10 个盟市 2021 年的耕地规模化水平较 2006 年相比, 均有不同程度的增长, 其中增长较为明显的为通辽市、巴彦淖尔市与兴安盟, 变化幅度最小的为乌兰察布市。

在耕地规模化的评价指标体系中, 形状指数的权重最高, 可认为形状指数在耕地规模化评价中具有重要影响。根据 2016—2021 年耕地规模化各评价因子水平值(图 5), 形状指数、平均斑块面积与规模化水平的变化趋势一致, 可判断出形状指数、平均斑块面积对规模化水平贡献度高于其他的评价因子。

3.3 集约化与规模化耦合协调性时空演变特征分析

近 15 a 内蒙古 12 盟市耕地集约化与规模化的耦合度在逐年上升, 由磨合阶段逐步向高度磨合发展

(图 6)。2006 年仅有包头市、呼伦贝尔市、锡林郭勒盟与阿拉善盟处于磨合阶段;截止到 2021 年,全省 12 盟市的耕地集约化与规模化均为高度耦合阶段。市域尺度下各评价单元的耦合度与土地资源分布状况与农业发展结构具有密切关系,耦合度高的评价单元多处于平原地区,该区域农业所占比例较高;耦合度

较低的评价单元大部分处于农牧交错带附近,区域内湿地、牧草地、林地等土地资源比较丰富,且以农业与畜牧业为主。由于对北方农牧交错带内农业结构的不断调整和牧草地流转政策的不断完善,在促进农牧业协调发展的同时,对提高农牧交错带耕地资源的集约化与规模化耦合度产生了一定的积极促进作用。

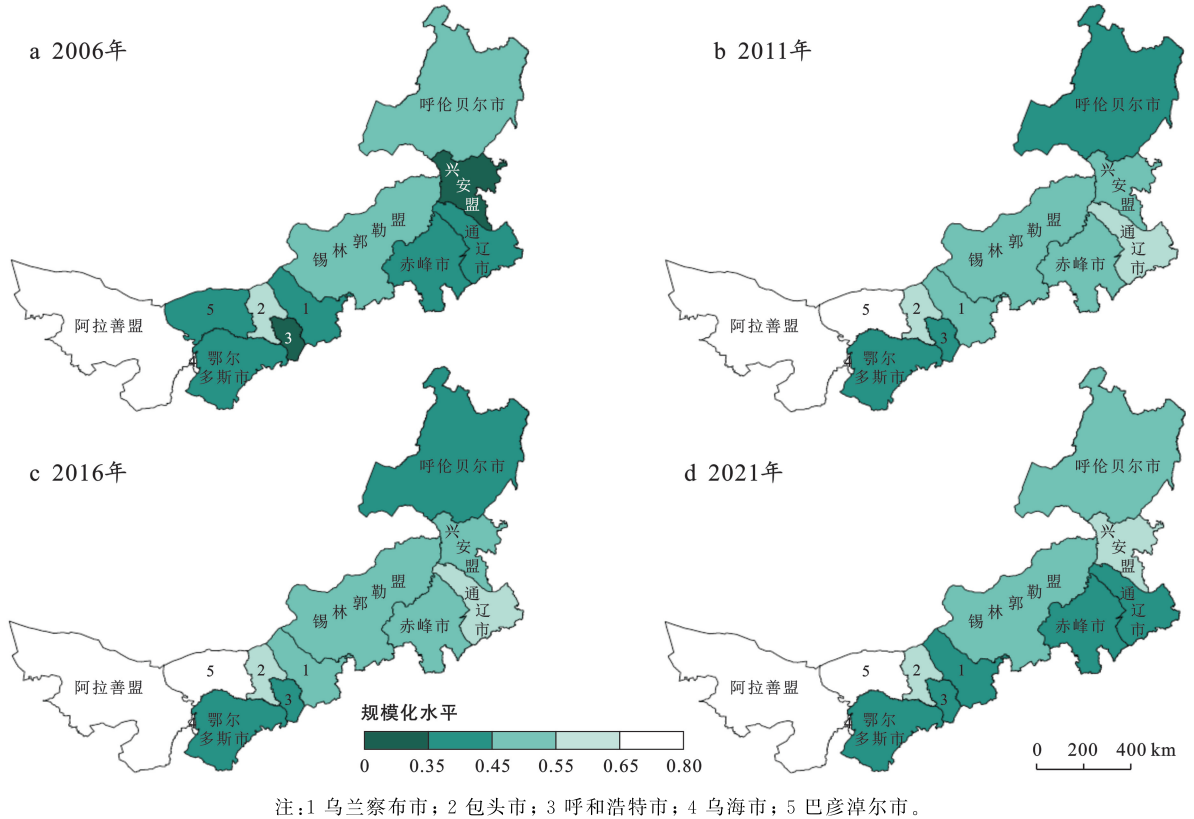


图 4 2006—2021 年内蒙古耕地规模化水平空间分布

Fig.4 Spatial distribution of cultivated land scale in Inner Mongolia from 2006 to 2021

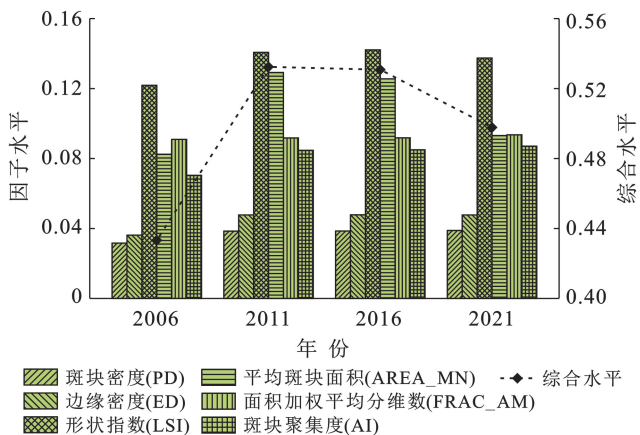
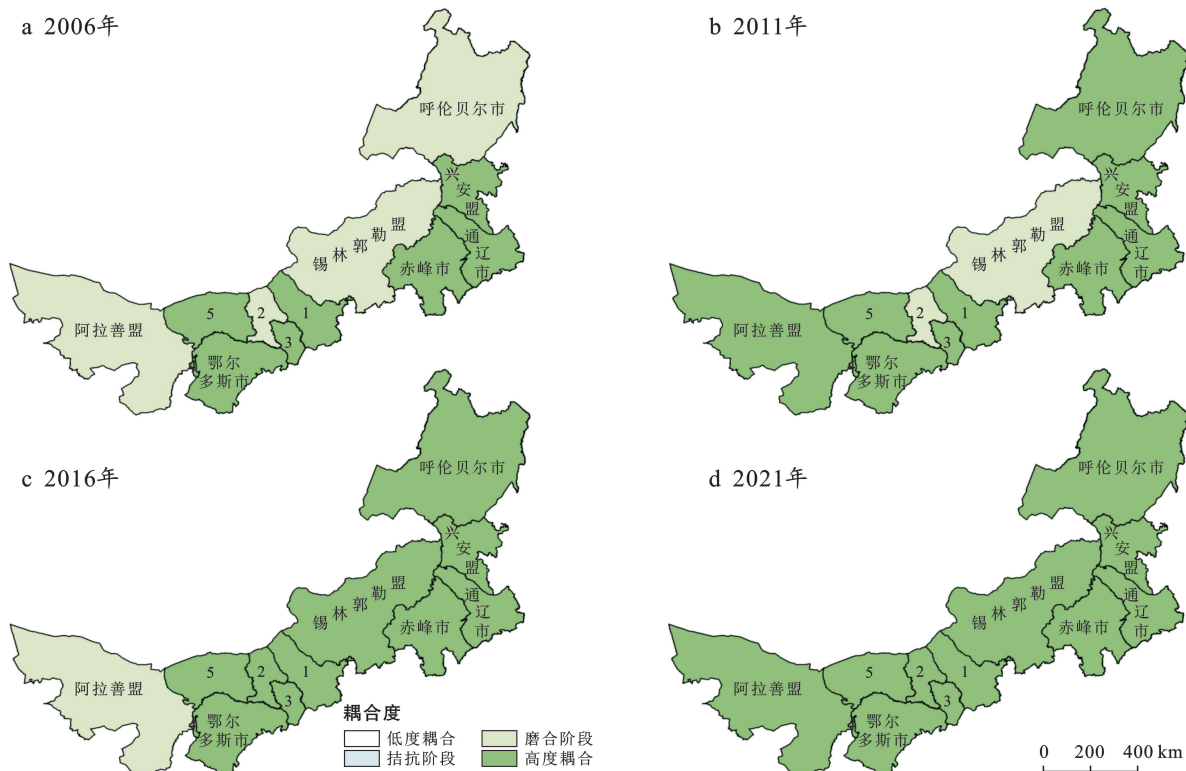


图 5 2006—2021 年内蒙古耕地规模化评价因子水平值

Fig.5 Scale evaluation factor of cultivated land in Inner Mongolia from 2006 to 2021

在 2006—2021 年,内蒙古耕地集约化与规模化的耦合协调度总体呈上升趋势,西部地区中,巴彦淖

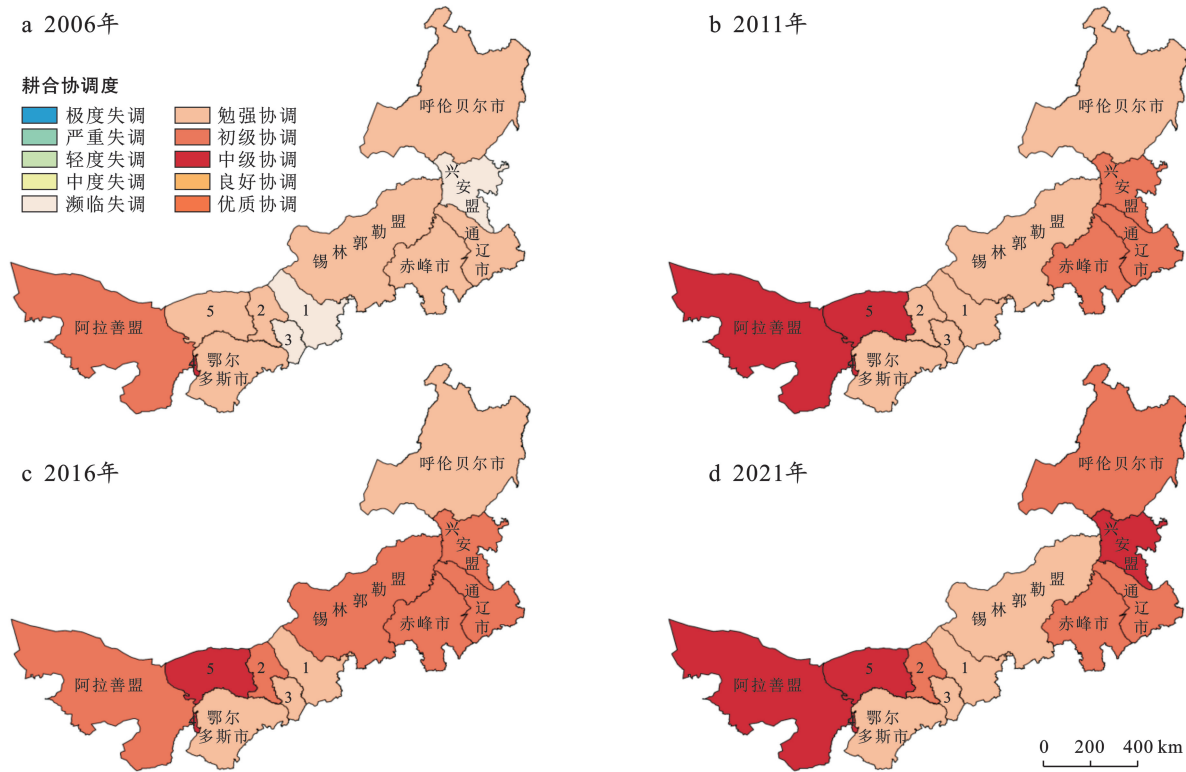
尔市、乌海市与阿拉善盟协调度达到了中级协调;东部地区仅兴安盟为中级协调水平,赤峰市、通辽市与呼伦贝尔市均处于初级协调,所以全区耕地集约化与规模化耦合协调性的空间分布特征大致为:东西部较高,中部较低(图 7)。其中巴彦淖尔市与兴安盟的耦合协调性最高,其集约化水平与规模化水平也为全区最高水平,这与巴彦淖尔与兴安盟的优越地理位置和自然环境有密不可分的关系,巴彦淖尔处于河套平原,是农业种植黄金地带;兴安盟位于大兴安岭与松嫩平原的过渡带,水资源丰富,土壤肥力极高。同时政府的政策支持与资金、技术的投入使得巴彦淖尔与兴安盟耕地利用水平处于领先地位。呼和浩特市、鄂尔多斯市、乌兰察布市与锡林郭勒盟处于勉强协调状态,说明其集约化与规模化具有一定的影响,但积极作用较小。在今后的耕地利用中,要防止出现耕地集约化与规模化失调的状况。



注:1 乌兰察布市; 2 包头市; 3 呼和浩特市; 4 乌海市; 5 巴彦淖尔市。

图 6 2006—2021 年内蒙古集约化与规模化耦合度空间分布

Fig.6 Spatial distribution of coupling degree of intensification and scale in Inner Mongolia from 2006 to 2021



注:1 乌兰察布市; 2 包头市; 3 呼和浩特市; 4 乌海市; 5 巴彦淖尔市。

图 7 2006—2021 年内蒙古耕地集约化与规模化耦合协调性空间分布

Fig.7 Coupling and coordination spatial distribution of intensification and scale of cultivated land in Inner Mongolia from 2006 to 2021

由表 3 可知,2006 年濒临失调的盟市比例为 25%,勉强协调的比例为 58.33%,初级协调和中级协调均为 8.33%;2011 年勉强协调的比例 50%,初级协调和中级协调各的比例 25%;2016 年勉强协调的比例 33.33%,初级协调的比例 50%,中级协调的比例 16.67%;2021 年勉强协调、初级协调、中级协调的比

例均为 33.33%。从时间轴上看,2006—2021 年的濒临失调的比例由 25%下降到 0,勉强协调的比例由 58.33%下降到 33.33%,初级协调和中级协调的比例由 8.33%上升到 33.33%,说明内蒙古耕地集约化与规模化耦合协调度由濒临失调、勉强协调向初级协调、中级协调跃进。

表 3 内蒙古耕地集约化与规模化耦合协调等级市域数量及其比例

Table 3 Number and proportion of coupling coordination level of cultivated land intensification and scale in Inner Mongolia

耦合协调度等级	2006 年		2011 年		2016 年		2021 年	
	市域数量/个	比例/%	市域数量/个	比例/%	市域数量/个	比例/%	市域数量/个	比例/%
濒临失调	3	25.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
勉强协调	7	58.33	6	50.00	4	33.33	4	33.33
初级协调	1	8.33	3	25.00	6	50.00	4	33.33
中级协调	1	8.33	3	25.00	2	16.67	4	33.33

整体来说,耕地集约化与规模化的耦合协调性主要体现了耕地利用的整体协调状况。在集约化水平与规模化水平均较高时,协调程度较高,两者处于相互促进、健康发展的状态;两者发展水平差距较大或发展水平均处于较低水平时,耦合协调程度将呈现偏低的状态,其整体耕地利用水平偏低,农业产业结构也需要转型升级。

4 结论

(1) 在 2006—2021 年,耕地集约化水平是持续上升的趋势,耕地规模化水平呈先下降后上升的趋势,总体来看耕地集约化与规模化水平都具有不同程度的提高,且两者的耦合协调度也不断向良好协调方向发展。在耕地集约化上,产出效果权重最高,说明各盟市集约化水平受制于耕地本底特征,在中西部地区,可能有投入要素过多但耕地产出动力不足现象;在农牧交错带内的盟市还存在资源配置不平衡,耕地保护意识不足的情况。

(2) 在耕地规模化上,内蒙古 12 个盟市经济发展与耕地规模化发展存在一定的冲突,如呼和浩特市、鄂尔多斯市、通辽市、赤峰市等经济发展向好的盟市,规模化水平较低。这在一定程度上说明了存在建设用地侵占耕地的现象,通过耕地占补平衡政策加剧了耕地破碎化。

(3) 在耕地集约化与规模化耦合协调发展上,两者是相互影响,且彼此具有一定的带动作用,其中集约化较高的地区耦合协调性更高,如兴安盟、巴彦淖尔市等,说明通过土地整治、高标准农田建设以及农业基础设施的不断完善可以同时促进集约化与规模化水平。

5 讨论

根据以上研究结论,本文针对内蒙古耕地利用与保护的政策展开如下讨论。

(1) 在资源投入上,西辽河平原、松嫩平原嫩江右岸、河套平原和土默川平原耕地资源优越,要减少农药、化肥等化学物质使用数量,注重提高耕地生态环境;阿拉善高原增大科技和劳动力投入,应更加注重土地整治与耕地后备资源开发;阴山山地、大兴安岭山地、燕山山地及西部部分山地要进一步完善水利设施,改善季节性缺水问题^[33]。各盟市应根据地理环境与自然条件状况适当调整农业种植结构,加大资金投入,改善农业种植环境,增加耕地连片度,实现耕地规模化经营,提高耕地集约利用度。

(2) 在耕地产出上,王国刚等^[34]认为耕地自然本底条件是影响耕地利用集约度的首要正向驱动因素,本次研究结果与其观点基本一致,由于受自然地理条件影响,各盟市耕地质量及产出能力有明显差异。要因地制宜地制定耕地利用目标,利用科学种植方法与技术提高粮食产量;完善土地流转制度,做好土地确权工作,土地产权明晰是土地流转的必要条件,对山地内符合条件的土地进行流转;在农民流转意愿较低的地区可以实行新型农村合作社,集中改善农业基础设施,强化农业科技支撑。结合三区三线划定结果,永久基本农田内重点用于粮食生产,高标准农田原则上全部用于粮食生产,其余耕地资源可结合各盟市发展优势用于其他农产品生产。

(3) 在耕地保护上,政府要严格控制建设用地增量,禁止建设用地侵占耕地,严守耕地占补平衡与耕地进出平衡制度;开展土地综合整治工作,通过坡田

改造、高标准农田建设、细碎耕地整合等,改善土壤状况,优化耕地资源利用结构,从而提升耕地质量与耕地生态效率,保证耕地利用的可持续性。逐步实现从耕地“数量、质量、生态”利用向耕地“数量、质量、生态”保护利用方向的转变。

综上所述,本研究对内蒙古过去 15 a 间的耕地集约化与规模化以及两者耦合协调状况进行了深入研究与分析,展现了内蒙古耕地利用的时空变化特征,并对研究区耕地资源状况的优化利用提出了建议,为内蒙古各盟市开展耕地保护与利用提供了一定的思路,有利于强化耕地保护市域统筹机制,也对耕地可持续发展具有一定的积极作用。由于市域范围内人文环境与自然地理特征的不同,耕地集约化与规模化水平的测度中存在一定的误差,未来研究可以将农业种植区划作为研究单元,更加体现自然因素在耕地利用中的重要作用。此外,本次研究没有考虑耕地产权的规模化,在进行小尺度(县、乡镇)耕地利用状况研究时,应同时计算耕地产权规模化与景观规模化,得到更加精确的评价结果。

[参 考 文 献]

- [1] 陈红,杨润佳,叶艳妹.中国土地资源的可耕性评价及其保护策略[J].农业工程学报,2023,39(5):192-200.
Chen Hong, Yang Runjia, Ye Yanmei. Cultivability evaluation and conservation strategies of land resources in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2023,39(5):192-200.
- [2] Firbank L G, Elliott J, Drake B, et al. Evidence of sustainable intensification among British farms [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2013,173:58-65.
- [3] 吕晓,牛善栋,谷国政,等.“新三农”视域下中国耕地利用的可持续集约化:概念认知与研究框架[J].自然资源学报,2020,35(9):2029-2043.
Lyu Xiao, Niu Shandong, Gu Guozheng, et al. Conceptual cognition and research framework on sustainable intensification of cultivated land use in China from the perspective of the “New Agriculture, Countryside and Peasants” [J]. Journal of Natural Resources, 2020,35(9):2029-2043.
- [4] Shrestha M K, York A M, Boone C G, et al. Land fragmentation due to rapid urbanization in the Phoenix Metropolitan area: Analyzing the spatiotemporal patterns and drivers [J]. Applied Geography, 2015,32(2):522-531.
- [5] 刘晶,金晓斌,徐伟义,等.耕地细碎化对可持续集约利用的影响机理与治理框架[J].地理学报,2022,77(11):2703-2720.
Liu Jing, Jin Xiaobin, Xu Weiyi, et al. Influence mechanism of cultivated land fragmentation on sustainable intensification and its governance framework [J]. Acta Geographica Sinica, 2022,77(11):2703-2720.
- [6] 倪超,杨胜天,罗娅,等.基于循环经济的黑龙江省耕地利用集约度时空差异[J].地理研究,2015,34(2):341-350.
Ni Chao, Yang Shengtian, Luo Ya, et al. The spatial-temporal difference analysis of cultivated land use intensity in Heilongjiang Province based on circular economy [J]. Geographical Research, 2015,34(2):341-350.
- [7] 姚成胜,黄琳,吕晞等.基于能值理论的中国耕地利用集约度时空变化分析[J].农业工程学报,2014,30(8):1-12.
Yao Chengsheng, Huang Lin, Lü Xi, et al. Temporal and spatial change of cultivated land use intensity in China based on emergy theory [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014,30(8):1-12.
- [8] 刘源,吕晓,彭文龙.辽宁省耕地利用可持续集约化水平及其影响因素[J].土壤通报,2022,53(5):1009-1018.
Liu Yuan, Lü Xiao, Peng Wenlong. Sustainable intensive level of cultivated land use and influential factors in Liaoning Province [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2022,53(5):1009-1018.
- [9] 路欣怡,杨智慧,张璐,等.基于系统协调的集约化农区县域耕地健康评价:以河北省曲周县为例[J].中国农业资源与区划,2022,43(7):60-73.
Lu Xinyi, Yang Zhihui, Zhang Lu, et al. Health evaluation of counties' cultivated land in intensive agricultural regions based on system coordination: A case study of Quzhou County, Hebei Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2022,43(7):60-73.
- [10] 侯孟阳,邓元杰,姚顺波.城镇化、耕地集约利用与粮食生产:气候条件下有调节的中介效应[J].中国人口·资源与环境,2022,32(10):160-171.
Hou Mengyang, Deng Yuanjie, Yao Shunbo. Urbanization, intensive cropland use, and grain production China [J]. Population, Resources and Environment, 2022,32(10):160-171.
- [11] 胡贤辉,刘蒙罢,文高辉.中国耕地集约利用与生态效率耦合协调时空分异特征研究[J].长江流域资源与环境,2022,31(10):2282-2294.
Hu Xianhui, Liu Mengba, Wen Gaohui. Spatial-temporal variability of coupling coordination between intensive use of cultivated land and ecological efficiency in China [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022,31(10):2282-2294.
- [12] 王剑,薛东前,马蓓蓓,等.西北 5 省耕地集约利用与农业碳排放时空耦合关系研究[J].环境科学与技术,2019,42(1):211-217.

- Wang Jian, Xue Dongqian, Ma Beibei, et al. Study on spatial-temporal coupling relationship of cultivated land intensive use and agricultural carbon emission in five provinces of Northwestern China [J]. *Environmental Science & Technology*, 2019, 42(1):211-217.
- [13] 王聪,王莹,陈云坪,等.2000—2020年湖北省耕地利用集约化和规模化耦合协调特征[J].*农业工程学报*, 2023,39(3):219-226.
- Wang Cong, Wang Ying, Chen Yunping, et al. Coupling coordination characteristics of arable land intensification and large-scale utilization in Hubei Province in 2000—2020 [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2023,39(3):219-226.
- [14] 刘晶,金晓斌,徐伟义,等.江苏省耕地细碎化评价与土地整治分区研究[J].*地理科学*,2019,39(5):817-826.
- Liu Jing, Jin Xiaobin, Xu Weiyi, et al. Evaluation of cultivated land fragmentation and guidance of land consolidation at provincial level [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019,39(5):817-826.
- [15] 陈珏,雷国平,王元辉.黑龙江省耕地集约利用评价与空间差异分析[J].*水土保持通报*,2011,31(5):154-157,234.
- Chen Jue, Lei Guoping, Wang Yuanhui. Spatial differentiation and evaluation on intensive use of cultivated lands in Heilongjiang Province [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2011, 31(5): 154-157,234.
- [16] 程久苗,祝小迁.安徽省耕地集约利用时空变化特征研究[J].*土壤*,2009,41(03):360-365.
- Cheng Jiумiao, Zhu Xiaoqian. Spatial-temporal variance of cultivated land intensive use in Anhui Province [J]. *Soils*, 2009,41(3):360-365.
- [17] 窦妍,南灵.基于PSR框架的耕地集约利用评价及驱动力研究:以关中地区为例[J].*农业现代化研究*,2011,32(5):615-618.
- Dou Yan, Nan Ling. Evaluation of intensive use of cultivated land based on PSR model and its driving forces analysis: A case study of Guanzhong region [J]. *Research on Agricultural Modernization*, 2011,32(5): 615-618.
- [18] 骆东奇,李乐,郭英,等.重庆市耕地集约利用评价及空间分异研究[J].*地域研究与开发*,2010,29(1):98-103.
- Luo Dongqi, Li Le, Guo Ying, et al. The appraise of cultivated land intensive use and its spatial differentiation in Chongqing City [J]. *Areal Research and Development*, 2010,29(1):98-103.
- [19] 刘愿理,廖和平,杨伟,等.三峡库区耕地集约利用评价分析:以重庆市忠县为例[J].*西南师范大学学报(自然科学版)*,2014,39(5):148-156.
- Liu Yuanli, Liao Heping, Yang Wei, et al. On evaluation of cultivated land intensive utilization in Three Gorges Reservoir Area: Taking Zhong Xian of Chongqing for example [J]. *Journal of Southwest China Normal University(Natural Science Edition)*, 2014,39(5):148-156.
- [20] 彭文龙,吕晓,牛善栋.论耕地利用可持续集约化与农户生计转型[J].*农业工程学报*,2022,38(4):270-277.
- Peng Wenlong, Lyu Xiao, Niu Shandong. Sustainable intensification of cultivated land use and farming households' livelihood transition [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2022,38(4):270-277.
- [21] 邵晓梅,王静.小城镇耕地集约利用评价方法比较研究:以浙江省慈溪市为例[J].*长江流域资源与环境*,2008(1):93-97.
- Shao Xiaomei, Wang Jing. Comparison of intensive cultivated land use appraisal methods of small towns: A case study of Cixi in Zhejiang Province [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008(1):93-97.
- [22] 张小虎,牛海鹏,张合兵,等.粮食主产区耕地集约利用及障碍因素诊断[J].*水土保持通报*,2012,32(5):87-92.
- Zhang Xiaohu, Niu Haipeng, Zhang Hebing, et al. Intensive use of cultivated land and diagnosis of its obstacle factors in main grain producing area [J]. *Bulletin of Soil Water Conservation*, 2012,32(5):87-92.
- [23] Hou Xianhui, Liu Jingming, Zhang Daojun, et al. Impact of urbanization on the eco-efficiency of cultivated land utilization: A case study on the Yangtze River economic belt, China [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019,238:117916.
- [24] 魏永东,温学飞,马锋茂,等.宁夏盐池县基于熵值法的耕地集约利用评价[J].*中国农学通报*,2011,27(32):216-220.
- Wei Yongdong, Wen Xuefei, Ma Fengmao, et al. The intensive utilization evaluation of arable land in Yanchi County, Ningxia based on entropy value method [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(32): 216-220.
- [25] 王祯,吴金华,白帅等.黄土丘陵沟壑区耕地细碎化评价与土地整治工程分区:以吴起县为例[J].*水土保持研究*,2022,29(4):300-307.
- Wang Zhen, Wu Jinhua, Bai Shuai, et al. Evaluation of cultivated land fragmentation and land consolidation engineering zoning in the loess hilly and gully region: A case study in Wuqi County [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2022,29(4):300-307.

- [26] 吴文斌,龙禹桥,余强毅,等.中国耕地集约化与规模化利用耦合特征分析[J].中国农业资源与区划,2020,41(3):12-19.
Wu Wenbin, Long Yuqiao, Yu Qiangyi, et al. Coupling characteristics between cropland intensification and large-scale utilization in China [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(3):12-19.
- [27] 张玥,代亚强,陈媛媛,等.中国耕地多功能耦合协调时空演变及其驱动因素[J].农业工程学报,2023,39(7):244-255.
Zhang Yue, Dai Yaqiang, Chen Yuanyuan, et al. Spatial-temporal evolution and driving factors of cultivated land multifunctional coupling coordination development in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2023,39(7):244-255.
- [28] 刘少坤,黄荣华,张利国,等.2000—2020 年广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程的耦合协调关系[J].水土保持通报,2023,43(3):176-184.
Liu Shaokun, Huang Ronghua, Zhang Ligu, et al. Coupling coordination relationship of land ecological security and prosperity process in Guangxi Border areas from 2000 to 2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023,43(3):176-184.
- [29] 王剑,薛东前,马蓓蓓,等.西北 5 省耕地集约利用与农业碳排放时空耦合关系研究[J].环境科学与技术,2019,42(1):211-217.
Wang Jian, Xue Dongqian, Ma Beibei, et al. Study on spatial-temporal coupling relationship of cultivated land intensive use and agricultural carbon emission in five provinces of Northwestern China [J]. Environmental Science & Technology, 2019, 42(1):211-217.
- [30] 范丽玉,高峰.中国省域人口、资源、经济与环境(PREE)系统耦合协调的时空演变特征与预测分析[J].生态经济,2023,39(3):168-176.
Fan Liyu, Gao Feng. The spatiotemporal evolution characteristics and prediction analysis of the coupling coordination of population, resources, economy and environment (PREE) system in China's provinces [J]. Ecological Economy, 2023,39(3):168-176.
- [31] 刘崇刚,孙伟,张落成.长江三角洲碳排放与植被覆盖耦合协调时空格局及影响因素分析[J].地理科学,2023,43(1):142-151.
Liu Chonggang, Sun Wei, Zhang Luocheng. Spatio-temporal pattern of coupling coordination degree between carbon emissions and vegetation cover and its influencing factors of the Yangtze River delta [J]. Scientia Geographica Sinica, 2023,43(1):142-151.
- [32] 陈锦鸿,蒋宏飞,员学锋,等.陕西省城镇化与耕地利用生态效率耦合协调时空分析[J].水土保持研究,2023,30(4):388-346.
Chen Jinhong, Jiang Hongfei, Yuan Xuefeng, et al. Spatial and temporal analysis of the coordination of urbanization and ecological efficiency of cultivated land use in Shaanxi Province [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023,30(4):388-346.
- [33] 邹金浪,杨子生.不同城市化水平下中国粮食主产区耕地集约利用差异及其政策启示:以江西省和江苏省为例[J].资源科学,2013,35(2):370-379.
Zou Jinlang, Yang Zisheng. Cultivated land use and policy implications in Chinese main grain producing areas with different urbanization levels [J]. Resources Science, 2013,35(2):370-379.
- [34] 王国刚,刘彦随,陈秧分.中国省域耕地集约利用态势与驱动力分析[J].地理学报,2014,69(7):907-915.
Wang Guogang, Liu Yansui, Chen Yangfen. Dynamic trends and driving forces of land-use intensification in the cultivated land of China [J]. Acta Geographica Sinica, 2014,69(7):907-915.