



梁丽娜, 王洪佳, 王学霞, 蔡连凤, 淮贺举. 乡镇尺度下北京市生态涵养区农业绿色发展评价及限制因素分析[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(07): 222-231.
LIANG Lina, WANG Hongjia, WANG Xuexia, CAI Lianfeng, HUAI Heju. Evaluation and restriction factors of agricultural green development in Beijing ecological conservation area at the township scale[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(07): 222-231.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.07.20

乡镇尺度下北京市生态涵养区农业绿色发展评价 及限制因素分析

梁丽娜¹ 王洪佳^{2,3} 王学霞¹ 蔡连凤¹ 淮贺举^{2,3*}

(1. 北京市农林科学院 植物营养与资源环境研究所, 北京 100097;

2. 北京市农林科学院 信息技术研究中心, 北京 100097;

3. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

摘 要 针对生态涵养区农业绿色发展问题, 以北京市生态涵养区为研究对象, 将北京生态涵养区 110 个乡镇作为评价单元, 构建农业绿色发展评价指标体系, 进行北京市生态涵养区农业绿色发展评价, 并采用空间自相关和限制性因素分析方法, 对农业绿色发展的空间分布特征和限制性因素进行了分析。结果表明: (1) 北京市生态涵养区农业绿色发展水平总体水平较高, 空间上呈现出北部和西部地区乡镇高于其他区域的特征; (2) 北京市生态涵养区农业绿色发展在空间上有聚集和相互影响特征, 农业绿色发展需要各乡镇协同发展、共同提升; (3) 各乡镇农业绿色发展的限制因素不同, 可以根据农业绿色发展的水平和限制因素有针对性的制定提高乡镇农业绿色发展水平的措施和政策。本研究可以丰富北京市生态涵养区农业绿色发展理论体系以及评价手段, 对于指导北京市生态涵养区生态保护下的农业绿色发展有重要意义。

关键词 农业绿色发展; 生态涵养区; 空间分析; 限制因素; 乡镇

中图分类号 F062

文章编号 1007-4333(2024)07-0222-10

文献标志码 A

Evaluation and restriction factors of agricultural green development in Beijing ecological conservation area at the township scale

LIANG Lina¹, WANG Hongjia^{2,3}, WANG Xuexia¹, CAI Lianfeng¹, HUAI Heju^{2,3*}

(1. Institute of Plant Nutrition, Resources and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

2. Information Technology Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

3. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract Aiming at the problem of agricultural green development in the ecological conservation areas, based on 110 townships as evaluation units, this study takes Beijing ecological conservation area as the research object. An evaluation index system of agricultural green development at the township scale is built, and the agricultural green development in Beijing ecological conservation areas is evaluated. The spatial distribution characteristics and restrictive factors of agricultural green development are then analyzed by using spatial autocorrelation and restrictive factor analysis methods. The results show that: 1) The overall

收稿日期: 2023-12-28

基金项目: 北京市产业经济与政策创新团队(BAIC11-2024); 国家重点研发计划(2022YFC3802805)

第一作者: 梁丽娜(ORCID:0000-0002-1289-8984), 副研究员, 主要从事农业生态环境评价与治理相关研究, E-mail: lianglina@cau.edu.cn

通讯作者: 淮贺举(ORCID:0009-0001-6469-4326), 高级农艺师, 主要从事农业产业高质量发展相关研究, E-mail: huaiheju@nrcita.org.cn

level of agricultural green development in Beijing's ecological conservation areas is relatively high, and the towns in the northern and western regions are higher than those in space; 2) The green development of agriculture in the ecological conservation area of Beijing displays the characteristics of agglomeration and mutual influence in space, and the green development of agriculture needs the coordinated development and common promotion of towns and villages; 3) The restrictive factors of green development of agriculture in villages and towns are different. Measures and policies to improve the level of green development of agriculture in villages and towns can be formulated according to the level and restrictive factors. This study can enrich the theoretical system and technical means of evaluation of agricultural green development in ecological conservation areas of Beijing, which is of great significance to guide the agricultural green development under ecological protection in ecological conservation areas of Beijing.

Keywords agricultural green development; ecological conservation area; spatial analysis; restrictive factors; township

中国农业经历了从集体化到市场化、从小农经济到规模经营的重大转变,取得了显著的成果,用占全球8%的耕地养活了占世界18%的人口^[1]。然而,随着经济发展,传统农业出现了自然资源利用效率低、土壤污染等情况。随着生态文明和绿色发展被提上日程,区域发展逐渐摆脱传统单一经济导向型模式,强调绿色、协调和可持续性^[2]。2017年中国的十九大报告中提出乡村振兴战略,二十大报告中提出要推动绿色发展,国家“十四五规划和2035远景目标纲要”明确提出要加快农业绿色发展,持续改善农村生态环境。《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》^[3]明确以绿色发展引领乡村振兴。乡村振兴战略背景下对于如何引导农村农业从粗放式农业生产向高效的现代农业可持续发展之路亟待解决,农业发展的绿色转型迫在眉睫^[4]。农业绿色发展的特点是关注农业经济增长、生态环境友好和社会进步,是一种新型的农业发展范式,深刻诠释了农业高质量发展的内涵,绿色农业的实质是一场新的产业革命和技术革命,是人类进入绿色文明时代的重要标志^[5-6]。发展绿色农业是坚持可持续发展、保护环境的需要。积极发展绿色农业,已成为迎接国际挑战的战略举措。近年来,农业绿色发展问题研究已经逐步成为研究重点,是探索农业高质量发展的重要路径^[7]。国外绿色农业的研究起源于1970年由美国密苏里大学土壤学教授 Albrecht^[8]提出的生态农业,1981年美国农业科学家 Brown^[9]奠定了农业持续发展的理论基础^[10];1996年11月,世界粮食首脑会议强调改良新品种等绿色革命技术^[11-12]。近年来,绿色农业在日本、德国等地的研究逐步展开,研究主要从以下四方面展开:一是绿色农业的概念内涵研究,包括绿色农业概念界定、发展态势分析、研

究重点分析等^[13-16];二是绿色农业评估相关指标及评估方法研究,学者主要从资源利用、生态环境、社会条件、人居生活等方面构建评价指标体系^[17-20],评估方法包括综合评价法、层次分析法、熵权法等^[21-24];三是绿色农业发展水平特征分析,主要采用空间自相关、热点分析等方法分析空间分布特征^[25-27];四是绿色农业发展水平影响因素与驱动力分析,学者主要采用灰色关联分析、空间权重矩阵等方法分析绿色农业时空变化的驱动因素^[28-30]。总体而言,目前已有研究针对绿色农业的概念界定、指标体系建设、时空变化分析、与其他相关因素的耦合关系等展开,以区域、省域大尺度的研究对象为主^[31-32],研究时间多为截面数据^[33],缺乏对区域小尺度农业绿色发展方面的研究。农业绿色发展是乡村振兴的重要内容,要求农业经济与生态等因素的整体性提升,以实现农业强、农村美、农民富。因此,分析如何提升农业经济效益、优化资源利用、改善农村人居环境,实现农业的绿色发展对区域尤其是生态涵养区有重要意义。

在《北京城市总体规划(2016—2035年)》^[34]中,提出生态涵养区应坚持绿色发展,建设“宜居宜业宜游”的生态发展示范区,推动生态涵养区生态保护和绿色发展。《北京市生态涵养区生态保护和绿色发展条例》^[35],提出要提高生态环境质量,推进绿色发展。北京市生态涵养区承担着保障生态安全、推进绿色发展的双重任务。生态涵养主要在农村,生态产业底色是农业,北京市积极支持生态涵养区生态农业、设施农业、林下经济的发展,农业绿色发展水平亟待加强,目前关于北京市生态涵养区农业绿色发展方面的研究还较为缺乏。因此,为揭示乡镇尺度上农业绿色发展现状及其限制因素,本研究

拟以北京生态涵养区110个乡镇为评价单元,基于土地利用、社会经济统计和兴趣点(POI)等多源数据,从资源利用、环境条件、休闲农业、生活水平4个维度构建北京市农业绿色发展评价指标体系,借助限制性因素分析模型,明晰生态农业绿色发展空间分异特征及原因,提出生态涵养区生态产品供给与经济协调发展建议,以期生态涵养区农业绿色发展与生态经济协调发展服务。

1 研究区概况与研究思路

1.1 研究区概况

北京市生态涵养区(39°31′~41°04′N, 115°24′~117°29′E)行政区范围包括门头沟区、平谷区、怀柔区、密云区、延庆区以及房山、昌平的部分山区,土地面积11 259.3 km²,占全市总面积2/3以上。其涵盖了北京北部和西部的山脉,气候属温带季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥。截止2019年末,生态涵养区常住人口约为547.9万人,占全市常住人口的25.44%;地区生产总值约为3 361.53亿元,占全市地区生产总值的9.5%。北京市生态涵养区是京津冀协同发展格局中西北部生态涵养区的重要组成部分。通过对北京生态涵养区各乡镇农业绿色发展状况及限制性因素分析,对促进生态涵养区生态与经济协同发展具有重要意义。

1.2 研究思路

本研究思路详见图1。首先,明确北京市生态涵养区农业绿色发展的内涵;其次,构建包含资源利用、环境条件、休闲农业和生活水平的评价指标

体系;再次,采用层次分析法结合熵权法确定评价指标的权重,并评估北京市生态涵养区农业绿色发展水平;最后,基于空间自相关分析和限制性因素分析方法,分析北京市生态涵养区农业绿色发展空间分布特征及限制性因素,并提出相关政策建议。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究选择2020年为评估时间点,数据主要包括区域土地利用数据、社会经济统计数据和兴趣点(POI)数据。2020年土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),空间分辨率为30 m。社会经济数据来源于各区统计年鉴以及各地政府工作报告,其中缺失的数据运用综合增长率估算和相邻年份各乡镇的数据占全区的比值计算获得^[36]。POI数据主要提取了风景区、度假村、观光采摘园等各类文化旅游产品的位置和属性信息^[21],购买于北京数字空间科技有限公司。参考GB/T 18972—2017《旅游资源分类、调查与评价》^[37]的分类方式。

2.2 指标体系构建

农业绿色发展是以“两山论”理论为指引,以资源高效利用为基准,以生态环境友好为主线,尊重农业发展规律,以产业发展为引导,以农民生活水平提高为目标的人与自然和谐共生的农业发展新模式。已有研究中对农业绿色发展的指标多从资源利用、环境友好、绿色生产、人居环境等方面构建,本研究根据科学性、系统性、可获取性的原则,并借鉴已有的研究成果,从资源利用、环境水平、休闲农业、生活水平4个维度构建农业绿色发展评价指标体系,详见表1。其中:1)资源利用。主要反映农业的资源节约水平,资源节约是农业绿色的基本特征,强调耕地、水资源、农机动力等资源利用率和劳动生产率的提高,本研究从单位农用地面积劳动力数量、土地复种指数、单位面积耕地产量、单位播种面积农机总动力4个方面选择评价指标,所选指标均为正向指标;2)环境水平。指采用有利于环境安全和可持续发展的生产方式,本研究直接从农业发展对区域自然环境的影响方面选择指标,主要体现农业面源污染对环境水平的影响,包括耕地面源污染^[38]、森林覆盖率、农田碳排放强度^[39]、污水处理率,其中,森林覆盖率和污水处理率为正向

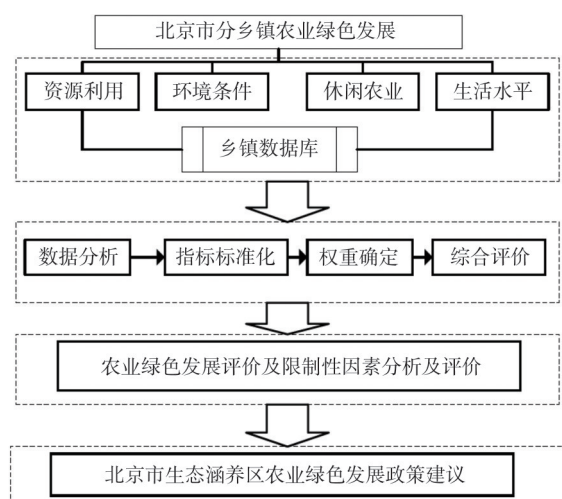


图1 研究框架

Fig. 1 Research framework

表 1 北京市生态涵养区农业绿色发展水平评价指标体系及权重

Table 1 Index system and weight of agricultural green development in Beijing ecological conservation area

准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	计量单位 Unit	指标正负 Positive and negative	层次分析法权重 Analytic hierarchy process weight	熵权法权重 Entropy weight method weight	组合权重 Combined weight
资源利用 Resource utilization	单位农用地面积劳动力数量	人/hm ²	正	0.06	0.057	0.068
	土地复种指数	—	正	0.09	0.060	0.085
	单位面积耕地产量	kg/hm ²	正	0.09	0.106	0.113
	单位播种面积农机总动力	kW/hm ²	正	0.06	0.084	0.082
环境条件 Environmental conditions	森林覆盖率	%	负	0.075	0.055	0.074
	耕地面源污染	t/hm ²	负	0.06	0.002	0.013
	农田碳排放强度	t/hm ²	负	0.06	0.008	0.025
	污水处理率	%	正	0.06	0.065	0.072
休闲农业 Leisure agriculture	自然人文数量	个	正	0.045	0.150	0.095
	康养娱乐数量	个	正	0.06	0.182	0.121
	观光采摘数量	个	正	0.07	0.131	0.111
生活水平 Life level	乡镇从业人员比例	%	正	0.07	0.004	0.019
	农村居民人均可支配收入	万元/人	正	0.06	0.056	0.067
	农村恩格尔系数	—	正	0.06	0.040	0.057

指标,其余为负向指标;3)休闲农业。考虑到北京市生态涵养区的定位和农业产业发展方向,本研究主要从农业休闲旅游产业方面选择休闲农业指标,选择休闲旅游点的数量来代表区域休闲农业发展水平,指标包括自然人文数量、康养娱乐数量和观光采摘数量3个,所选指标均为正向指标;4)生活水平。绿色发展的农业最终目标是促进人类福祉,生活水平方面既体现了经济效益又体现了社会效益,从农民就业和生活水平方面选择指标,包括乡镇从业人员比例、农村居民人均可支配收入、农村恩格尔系数,所选指标均为正向指标。

2.3 综合评价法

本研究采用极差化方法来处理指标的原始数据。将主观赋权法(AHP)计算所得权重和客观赋权法(熵值法)计算所得权重进行组合,采用拉格朗日乘子法来计算组合权重 W_j ,其计算公示如下:

$$W_j = \frac{\sqrt{\alpha_j \beta_j}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{\alpha_j \beta_j}} \quad (1)$$

式中: α_j 为层次分析法计算所得指标权重; β_j 为熵值法计算所得指标权重。

依据计算所得的各项指标的标准化值和权重,本次研究运用多因素综合评价模型,计算出两者的综合指数。计算公式如下:

$$U = \sum_{j=1}^n u_j = \sum_{j=1}^n X_j W_j \quad (2)$$

式中: U_j 为第 j 个指标指数; X_j 为第 j 个指标标准化后的值; W_j 为第 j 个指标的权重。

2.5 空间自相关

空间自相关是指同一地区的事物之间存在的相互关联、聚集的现象,常用于研究事物的统计学分布规律。空间自相关通常分为全局自相关与局部自相关^[40]。全局自相关可用来描述空间整体上的关联情况,判断区域空间聚集现象的存在与否及其强弱,常用全局 Moran's I 指数表征。通过 GEODA 软件得到 Moran' I 指数。Moran' I 指数在 $[-1,1]$,当值为正时,值越大表明空间上相近的单元相互聚集程度越强;当值为负时,值越小表明空

间上存在差异的相互聚集程度越强。值接近0表明空间上相互聚集的现象较弱。本研究采用空间自相关分析方法分析北京市生态涵养区各乡镇农业绿色发展空间分布特征,具体公式如下:

$$I=\frac{n\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nw_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nw_{ij}\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})^2}$$

(3)

式中: n 为研究区域内分布的地理单元总数; $i\neq j$; w_{ij} 为空间权重(如以区域*i*和区域*j*是否相邻设定为 w_{ij} ;若这2个区域临接,则 $w_{ij}=1$,若这2个区域不邻接,则 $w_{ij}=0$, x_i 和 x_j 分别为区域*i*和区域*j*的属性; $\bar{x}$ 为属性的平均值, $x_i-\bar{x}$ 为属性的方差。

2.5 限制性因素分析

本研究采用障碍度 O_i 变量来分析北京市生态涵养区农业绿色发展的限制性因素^[41]。具体公式如下:

$$O_i=\frac{I_iW_i}{\sum_{i=1}^mI_iW_i}$$

(4)

式中: O_i (障碍度)为指标障碍度大小; W_i 为因子贡献度,指该指标因子对农业绿色发展贡献值的多少,以该指标在农业绿色发展中的权重表示; I_i (指标偏度)为该指标值与最优值(指标标准化后的最高值,即1)的差值距离,以“1—指标标准化”进行计算。

3 结果与分析

3.1 分乡镇农业绿色发展水平

采用综合评价法评价北京市生态涵养区分乡镇农业绿色发展水平,结果显示,其综合评估指数为0.434~0.603,平均值为0.517。图2为2020年北京市生态涵养区农业绿色发展评价结果。采用自然断点法将其划分为高、较高、较低和低4个等级,

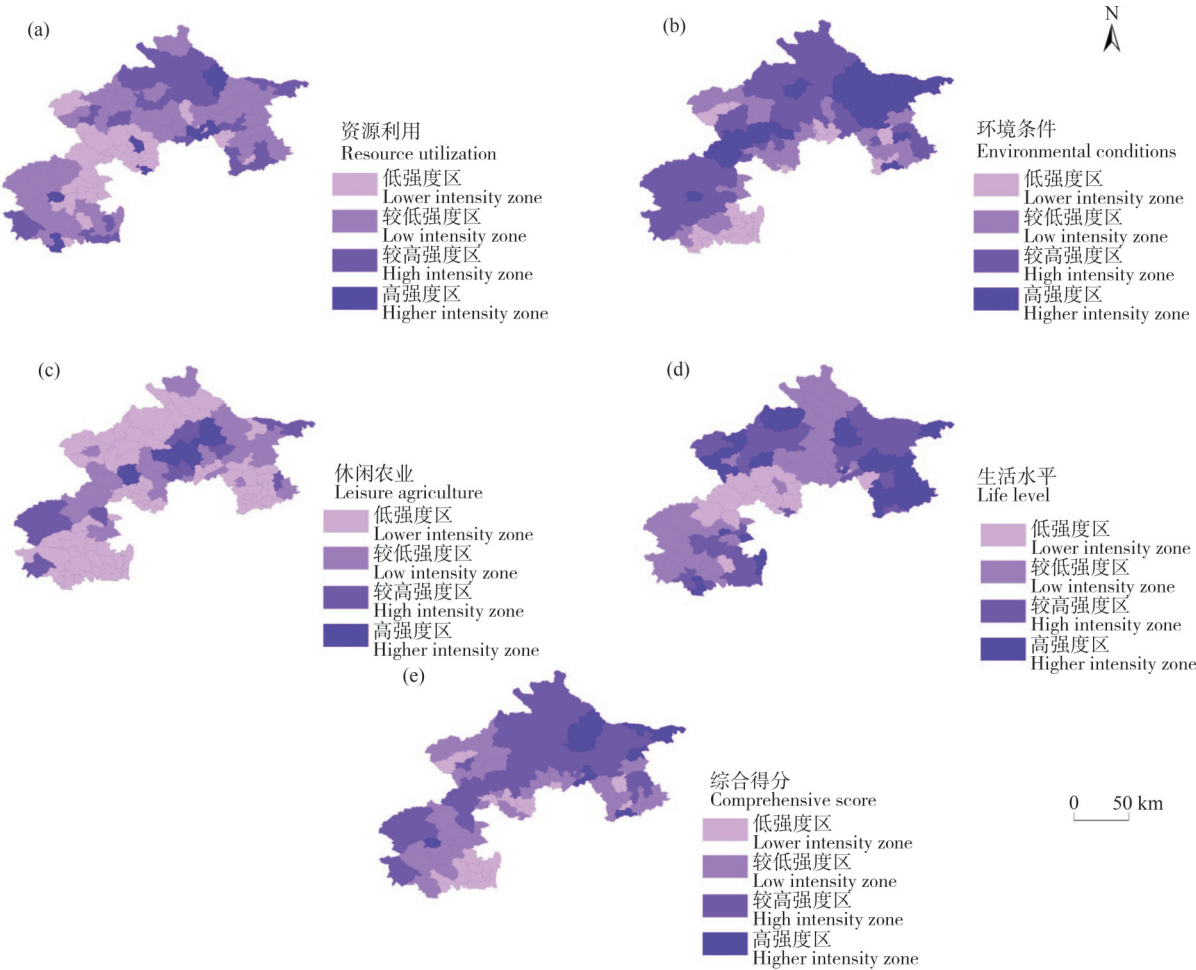


图2 2020年北京市生态涵养区农业绿色发展评价结果

Fig. 2 Results of agricultural green development evaluation in Beijing ecological conservation area 2020

并将资源利用、环境条件、休闲农业和生活水平也进行等级划分。图2(a)可见:资源利用总体呈现北部地区和南部地区高于中部地区的特点。图2(b)可见:环境条件总体水平较高,且从北部地区到南部地区逐步降低。图2(c)可见:休闲农业水平总体不高,东部地区高于西部地区。图2(d)可见:生活水平呈现北部地区和南部地区高于中部地区的特点。图2(e)可见:农业绿色发展综合评估结果空间上呈现出北部和西部地区乡镇高于其他区域的特征;综合评价指数较高的乡镇为石城镇、冯家峪镇、大安庄乡、清水镇、古北口镇、巨各庄镇等乡镇,这些乡镇的环境条件水平较高,同时,这些乡镇资源利用水平和农民生活水平较高;西北和东部的乡镇农业绿色发展水平处于中等水平,如长哨营乡、不老屯镇、宝山镇、太师屯镇、渤海镇、琉璃庙镇等乡镇,这部分乡镇环境条件较好,休闲农业也有一定的发展,农民生活水平较高,但是资源利用水平相对较低;中部及南部的乡镇农业绿色发展水平较低,如青龙湖镇、康庄镇、延庆镇、窦店镇、石楼镇等乡镇,这部分乡镇资源利用水平较低,环境条件一般,休闲农业发展水平较低,农民生活水平相对不高,因

此综合农业绿色发展水平较低。此外,分类型看,资源利用水平和环境条件呈现从北部到南部逐步降低的趋势,休闲农业水平空间分布不均匀,休闲农业发展水平较高的区域呈现零星分布的特点,生活水平条件总体北部地区高于南部地区。

3.2 农业绿色发展水平空间自相关分析

对北京市生态涵养区110个乡镇的农业绿色发展水平采用GeoDa软件进行全局空间自相关分析,(北京市生态涵养区农业绿色发展水平的Moran's I值是0.429;在5%显著性下,Z值为7.138,高于临界值1.96,通过显著性检验),详见图3。可见:该区空间自相关分为高-高、低-低、高-低、低-高和不显著等5种类型,总体呈现分片聚集分布,71个乡镇呈现不显著空间分布;高-高型集聚区的乡镇个数为18个,主要分布在北部地区密云和怀柔的乡镇,西南部的门头沟也有少量高-高聚集乡镇;低-低聚集区的乡镇个数为16个,主要分布在南部的房山区,西部海淀和延庆有零散聚集;低-高聚集区和高-低型聚集区极少。说明北京市生态涵养区农业绿色发展水平在空间上有空间聚集和相互影响特征。

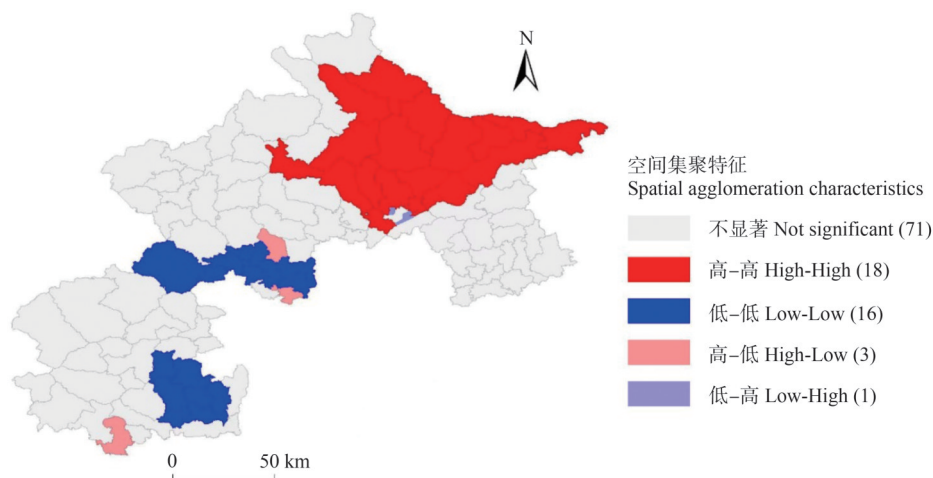


图3 2020年北京市生态涵养区农业绿色发展评价空间自相关分析结果

Fig. 3 Spatial autocorrelation of agricultural green development in Beijing ecological conservation area 2020

3.3 农业绿色发展限制因素分析

北京市生态涵养区农业绿色发展水平的限制性因素分析结果详见图4。可知:资源利用水平的总体差距不大,绝大多数乡镇的限制因子是单位面积耕地产量(图4(a));环境条件主要限制因子是森林覆盖率和农田碳排放,特别是东部地区和北部地

区的乡镇主要是森林覆盖率水平较低(图4(b));休闲农业发展中,大部分地区的限制因素是自然人文数量,个别是康养娱乐(图4(c));生活水平的限制因素中,中部和南部乡镇的限制因素主要是农村居民人均可支配收入,而其他地区主要是乡镇从业人员比例(图4(d))。

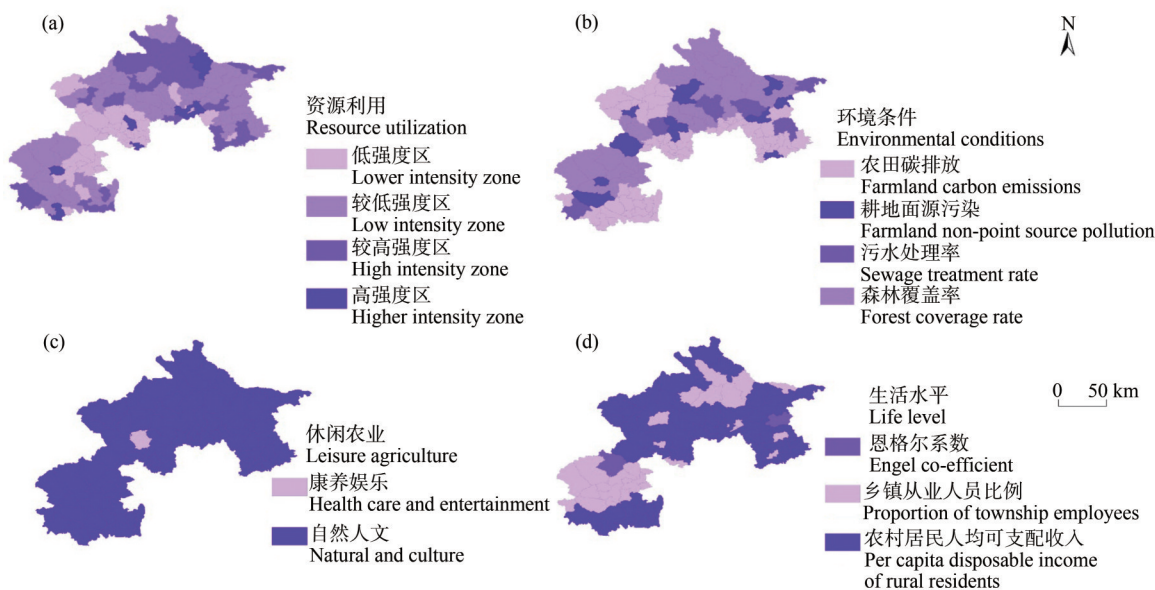


图4 2020年北京市生态涵养区农业绿色发展评价限制因素分析

Fig. 4 Restriction factors of agricultural green development in Beijing ecological conservation area 2020

4 讨论

农业绿色发展是一个有机的整体,其本身复杂性较高,农业绿色发展水平的评估需要统筹考虑区域特点及发展阶段。已有研究多关注于大中尺度,如分省、分区县的农业绿色发展情况及格局^[17,26-27],或某一区域长时间序列农业绿色发展变化情况^[18,33],这类研究有益于为政府提供农业绿色发展相关政策方面的制定,但对区域农业绿色发展具体措施的指导性不足。本研究中聚焦于小尺度,从4个方面构建了评价指标体系,评估了乡镇尺度北京市生态涵养区农业绿色发展状况,并分析了空间相关情况和限制因素,提升了研究的丰富性,同时,研究结果对于生态涵养区农业绿色发展具体措施制定有重要的指导意义,可以提升生态涵养区的农业经济效益、增加农民收入水平,有助于打造绿色生态的生活环境,美化生活环境的同时提高农村居民的生活水平,更有利于节约自然资源,达到资源的帕累托效应,促进生态涵养区生态经济协调发展。本研究结果与已有研究有一定的相似性^[21,24],但在农业绿色发展多尺度研究结果对比分析方面仍需要进一步提升。

本研究仍存在不足之处:选择的指标主要考虑到生态涵养区的本底特点和发展要求,特别是产业发展中,考虑到了休闲农业的发展;受数据可获得

性限制,本研究中环境条件中对碳排放、休闲农业中对于经济效益的统计指标的考虑不足,需要进一步完善;同时,今后农业绿色发展评估中,需要加强农业绿色发展与社会经济、农业经济发展的耦合关系的研究。

5 结论

本研究在北京市生态涵养区推动生态保护与经济开发的背景下,从农业绿色发展视角,基于综合性和动态性等原则,构建了包括4个一级指标与14个二级指标的农业绿色发展评价指标体系。主要结论如下:

1)北京市生态涵养区农业绿色发展水平总体水平较高,在空间上呈现出北部和西部地区乡镇高于其他区域的特征。综合评价指数较高的乡镇位于石城镇、冯家峪镇、大安庄乡、清水镇、古北口镇、巨各庄镇等乡镇;西北和东部的乡镇农业绿色发展水平处于中等水平;中部及南部的乡镇农业绿色发展水平较低。分类型看,资源利用水平和环境条件呈现从北部到南部逐步降低的趋势,休闲农业水平空间分布不均匀,休闲农业发展水平较高的区域呈现零星分布的特点,生活水平条件总体北部地区高于南部地区。

2)2020年北京市生态涵养区农业绿色发展水平在空间上有空间聚集和相互影响特征。高-高型

集聚区的乡镇个数为18个,主要分布在北区乡镇;低-低集聚区的乡镇个数为16个,主要分布在南部地区,西部中部有零散聚集;低-高集聚区和高-低型集聚区极少。因此,在农业绿色发展相关政策制定中要注重加强规划政策协同,针对性补齐各乡镇农业绿色发展短板,推进协同治理,全面提升生态涵养区农业绿色发展水平。

3)各乡镇农业绿色发展的限制因素不同。资源利用水平方面,大部分乡镇的限制因子是单位面积耕地产量;环境条件水平中,主要限制因子是森林覆盖率和污水处理率。休闲农业发展中,大部分地区的康养娱乐数量较少,其次是观光采摘数量;生活水平的限制因素中,主要限制因素是农村居民人均可支配收入和恩格尔系数。因此,各乡镇可以根据单项农业绿色发展的水平和限制因素有针对性的制定提高乡镇农业绿色发展的措施和政策。

参考文献 References

- [1] Zuo L J, Zhang Z X, Carlson K M, MacDonald G K, Brauman K A, Liu Y C, Zhang W, Zhang H Y, Wu W B, Zhao X L, Wang X, Liu B, Yi L, Wen Q K, Liu F, Xu J Y, Hu S G, Sun F F, Gerber J S, West P C. Progress towards sustainable intensification in China challenged by land-use change[J]. *Nature Sustainability*, 2018, 1(6): 304-313
- [2] 周立华, 刘洋. 中国生态建设回顾与展望[J]. *生态学报*, 2021, 41(8): 3306-3314
Zhou L H, Liu Y. Review and prospect of ecological construction in China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(8): 3306-3314 (in Chinese)
- [3] 国务院. 中共中央国务院印发《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》[DB/OL]. [2023-05-26]. https://www.gov.cn/zhengce/2018-09/26/content_5325534.htm
The CPC Central Committee and the State Council issued the Rural Revitalization Strategic Plan (2018-2022) [DB/OL]. [2023-05-26]. https://www.gov.cn/zhengce/2018-09/26/content_5325534.htm (in Chinese)
- [4] 李学敏, 巩前文. 新中国成立以来农业绿色发展支持政策演变及优化路径[J]. *世界农业*, 2020(4): 40-50, 59
Li X M, Gong Q W. Evolution and optimization of agricultural green development support policy from 1949 to 2019[J]. *World Agriculture*, 2020(4): 40-50, 59 (in Chinese)
- [5] 金凤君, 马丽, 许堃. 黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别[J]. *资源科学*, 2020, 42(1): 127-136
Jin F J, Ma L, Xu D. Environmental stress and optimized path of industrial development in the Yellow River Basin[J]. *Resources Science*, 2020, 42(1): 127-136 (in Chinese)
- [6] 尹昌斌, 李福夺, 王术, 郝艾波. 中国农业绿色发展的概念、内涵与原则[J]. *中国农业资源与区划*, 2021, 42(1): 1-6
Yin C B, Li F D, Wang S, Hao A B. The concept, connotation and principle of agricultural green development in China[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2021, 42(1): 1-6 (in Chinese)
- [7] Yu Y. *Green Economy and New Rural Construction* [M]. Shenyang: Liaoning Education Press, 2010
- [8] Albrecht W. Agro-ecosystems and sustainable agriculture[J]. *Ecology*, 1971, 15(2): 34-52.
- [9] Brown L. *Who Will Feed China?* [M]. London: Routledge, 2023
- [10] 于法稳. 新时代农业绿色发展动因、核心及对策研究[J]. *中国农村经济*, 2018(5): 19-34
Yu F W. An analysis of the reasons, core and countermeasures of agricultural green development in the new era [J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(5): 19-34 (in Chinese)
- [11] 刘翼浩. 新的绿色革命: 罗马世界粮食安全首脑会议见闻[J]. *世界农业*, 1997(5): 6-7.
Liu X H. New green revolution: Experience of world food security summit in Rome[J]. *World Agriculture*, 1997(5): 6-7. (in Chinese)
- [12] 王耀媛. 评世界粮食安全首脑会议[J]. *世界经济*, 1997(2): 45-47, 56
Wang Y Y. Comment on the world food security summit [J]. *World Economy*, 1997(2): 45-47, 56 (in Chinese)
- [13] Pan C L, Jiang Y F, Wang M L, Xu S, Xu M, Dong Y X. How can agricultural corporate build sustainable competitive advantage through green intellectual capital? A new environmental management approach to green agriculture [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(15): 7900
- [14] Guo B S, He D W, Zhao X D, Zhang Z Y, Dong Y. Analysis on the spatiotemporal patterns and driving mechanisms of China's agricultural production efficiency from 2000 to 2015 [J]. *Physics And Chemistry Earth, Parts A/B/C*, 2020, 120: 102909
- [15] 高明秀, 吴姝璇. 资源环境约束下黄河三角洲盐碱地农业绿色发展对策[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(S1): 60-63
Gao M X, Wu S X. Countermeasures for green development of saline-alkali agriculture in the Yellow River Delta under the constraints of resources and environment [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(S1): 60-63 (in Chinese)
- [16] Shi T, Gill R. Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: The case study of Jinshan County with a systems dynamics model[J]. *Ecological Economics*, 2005, 53(2): 223-246
- [17] 李菲菲, 周霞, 王玉玺. 环渤海地区农业绿色发展水平评价与区域差异分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2023, 44(3): 118-129
Li F F, Zhou X, Zhou Y X. Evaluation and regional difference analysis of agricultural green development level in Bohai rim region [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2023, 44(3): 118-129 (in Chinese)
- [18] 苏凯, 孟海波, 张辉. 中国农业绿色发展指标体系构建及其“十四五”趋势预判[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(20): 287-294
Su K, Meng H B, Zhang H. Construction of the green development indicators for agriculture and its prediction in the 14th Five-Year Plan in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2021, 37(20): 287-294 (in Chinese)
- [19] 张建杰, 崔石磊, 马林, 孟凡磊, 宋晨阳, 李雨濛, 马文奇. 中国农业绿色发展指标体系的构建与例证[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2020, 28(8): 1113-1126
Zhang J J, Cui S L, Ma L, Meng F L, Song C Y, Li Y M, Ma W Q. Construction of a green development index system for agriculture in China and examples [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(8): 1113-1126 (in Chinese)

- [20] Wan M, Kuang H B, Yang Y B, He B, Zhao S E, Wang Y, Huo J Y. Evaluation of agricultural green development based on Gini coefficient and hesitation fuzzy multi-attribute decision-making: The case of China [J]. *Agriculture*, 2023, 13(3): 699
- [21] 段呈, 余成群, 李少伟, 钟志明, 何永涛. 西藏高原县域尺度农业绿色发展水平综合评价: 以白朗县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(5): 82-90
- Duan C, Yu C Q, Li S W, Zhong Z M, He Y T. A comprehensive assessment of agricultural green development at the county level on the Tibetan Plateau: A case study in Bainang County[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2023, 44(5): 82-90 (in Chinese)
- [22] 丁宝根, 王怡婷. 基于熵权TOPSIS模型的我国农业绿色发展水平评价及影响因素分析[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(17): 248-256
- Ding B G, Wang Y T. Evaluation of China's agricultural green development level and its influencing factors based on entropy weight TOPSIS[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2023, 51(17): 248-256 (in Chinese)
- [23] Chen C H, Zhang H J. Evaluation of green development level of Mianyang agriculture: Based on the entropy weight method [J]. *Sustainability*, 2023, 15(9): 7589
- [24] 余永琦, 王长松, 彭柳林, 余艳锋. 基于熵权TOPSIS模型的农业绿色发展水平评价与障碍因素分析: 以江西省为例[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(2): 187-196
- Yu Y Q, Wang C S, Peng L L, Yu Y F. Evaluation of agricultural green development level and analysis of its obstacle factors based on entropy weight TOPSIS model: A case study of Jiangxi Province [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(2): 187-196 (in Chinese)
- [25] Liu Y P, Lu C P, Chen X P. Dynamic analysis of agricultural green development efficiency in China: Spatiotemporal evolution and influencing factors[J]. *Journal of Arid Land*, 2023, 15(2): 127-144
- [26] 苟兴朝, 张斌儒. 长江经济带农业绿色发展: 水平评价、空间相关性及其影响因素[J]. 长江大学学报(社会科学版), 2023, 46(1): 68-77
- Gou X C, Zhang B R. Green development of agriculture in the Yangtze River economic belt: Level evaluation, spatial correlation and its influencing factors [J]. *Journal of Yangtze University (Social Sciences Edition)*, 2023, 46(1): 68-77 (in Chinese)
- [27] 程莉, 左晓祺. 中国省域乡村绿色发展的空间关联性与趋同性[J]. 农业经济与管理, 2020(4): 77-89
- Cheng L, Zuo X Q. Spatial correlation and convergence of green development in China's provincial rural areas [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2020(4): 77-89 (in Chinese)
- [28] 许烜, 宋微. 乡村振兴视域下农业绿色发展评价研究[J]. 学习与探索, 2021(3): 130-136
- Xu X, Song W. Research on the evaluation of agricultural green development from the perspective of rural revitalization [J]. *Study & Exploration*, 2021(3): 130-136 (in Chinese)
- [29] 王丽娟, 贾宝红, 信丽媛. 天津市农业绿色发展的驱动因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(11): 56-63
- Wang L J, Jia B H, Xin L Y. Research on the driving factors of agricultural green development in Tianjin [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(11): 56-63 (in Chinese)
- [30] 李魁明, 王晓燕, 姚罗兰. 黄河流域农业绿色发展水平区域差异及影响因素[J]. 中国沙漠, 2022, 42(3): 85-94
- Li K M, Wang X Y, Yao L L. Regional differences and driving factors of agricultural green development level in the Yellow River Basin [J]. *Journal of Desert Research*, 2022, 42(3): 85-94 (in Chinese)
- [31] 雷钦华, 苏时鹏, 孙小霞. 基于环境规制调节的开放式创新与省域农业绿色发展关系研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(10): 1668-1682
- Lei Q H, Su S P, Sun X X. Research on the relationship between open innovation and provincial agricultural green development based on environmental regulation moderation [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2023, 31(10): 1668-1682 (in Chinese)
- [32] 何可, 李凡略, 张俊飏, 李学婷. 长江经济带农业绿色发展水平及区域差异分析[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(3): 43-51
- He K, Li F L, Zhang J B, Li X T. Green development levels and regional differences of agriculture in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2021, 40(3): 43-51 (in Chinese)
- [33] 高健, 葛子豪. 江苏省农业绿色发展水平区域差异及趋势分析[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(12): 14-22
- Gao J, Ge Z H. Regional difference and trend analysis of agricultural green development level in Jiangsu Province [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(12): 14-22 (in Chinese)
- [34] 北京市规划和国土资源管理委员会. 北京城市总体规划(2016—2035年) [EB/OL]. [2023-05-26]. http://www.beijing.gov.cn/gongkai/guihua/wngh/cqgh/201907/t20190701_100008.html
- Beijing Planning and Land Resources Management Committee. Beijing Urban Master Plan (2016-2035) [EB/OL]. [2023-05-26]. http://www.beijing.gov.cn/gongkai/guihua/wngh/cqgh/201907/t20190701_100008.html (in Chinese)
- [35] 北京市人民政府. 北京市生态涵养区生态保护和绿色发展条例 [EB/OL]. [2023-05-26]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-04/22/content_5601288.html
- Beijing Municipal People's Government. Regulations on Ecological Protection and Green Development of Ecological Conservation Areas in Beijing [EB/OL]. [2023-05-26]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-04/22/content_5601288.html (in Chinese)
- [36] 刘玉, 郇允兵, 潘瑜春, 唐林楠, 涂明广. 基于多源数据的乡村功能空间特征及其权衡协同关系度量[J]. 地理研究, 2021, 40(7): 2036-2050
- Liu Y, Gao Y B, Pan Y C, Tang L N, Tu M G. Spatial differentiation characteristics and trade-off/synergy relationships of rural multi-functions based on multi-source data [J]. *Geographical Research*, 2021, 40(7): 2036-2050 (in Chinese)
- [37] GB/T 18972—2017 旅游资源分类、调查与评价[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- GB/T 18972—2017 Classification, investigation and evaluation of tourism resources[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese)
- [38] 涂爽, 徐芳. 农业经济增长与农业环境污染: 基于空间效应的分析[J]. 农村经济, 2020(8): 109-117
- Tu S, Xu F. Agricultural economic growth and agricultural environmental pollution: An analysis based on spatial effect [J]. *Rural Economy*, 2020(8): 109-117 (in Chinese)
- [39] 宁静, 王震, 杜国明, 李亚洁. 东北地区农业碳排放特征与农业经济的脱钩状态分析[J]. 经济地理, 2023, 43(11): 173-180
- Ning J, Wang Z, Du G M, Li Y J. Characteristics of agricultural carbon emissions in Northeast China and its decoupling state with agricultural economy [J]. *Economic Geography*, 2023, 43(11): 173-180 (in Chinese)
- [40] 金赛美. 中国农业绿色发展的空间相关性及其影响因素研究[J]. 商学研究,

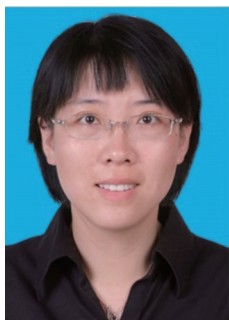
2018, 25(6): 44-52

Jin S M. Spatial correlation and influencing factors of agricultural green development in China[J]. *Commercial Science Research*, 2018, 25(6): 44-52 (in Chinese)

[41] 雷勋平, Robin Qiu, 刘勇. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(13): 243-253

Lei X P, Qiu R, Liu Y. Evaluation of regional land use performance based on entropy TOPSIS model and diagnosis of its obstacle factors[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(13): 243-253 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东



第一作者简介: 梁丽娜,生态学专业,博士,现任北京市农林科学院植物营养与资源环境研究所副研究员,现代农业产业技术体系北京市创新团队岗位专家。主要开展生态农业和农业废弃物循环利用研究工作。先后发表文章 40 余篇,获国家实用新型专利授权 16 项,参与编写著作 17 部;先后主持、参与各类课题 30 余项;获得省部级奖项 2 项。



通讯作者简介: 淮贺举,作物栽培与耕作学专业,博士,现任北京市农林科学院信息技术研究中心高级农艺师。主要从事信息技术在农业高质量发展中的应用相关研究。近年来主持和参与重点研发专项、北京市农林科学院青年基金等各类研究 10 余项,作为主编出版专著 1 部、副主编专著 3 部,先后发表论文 20 余篇,获得发明专利 5 项。