

# 基于供需视角的河南省耕地多功能评价与优化

周丁扬<sup>1</sup> 李抒函<sup>1</sup> 文雯<sup>2</sup> 姜广辉<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875; 2. 河南省土地整理中心, 郑州 450016)

**摘要:** 针对耕地多功能评价供需混淆的问题,提出了耕地多功能供需理论框架,从供给和需求两个角度构建耕地多功能评价体系,采用全排列多边形图示法计算耕地多功能指数,分析了河南省耕地多功能供给需求空间差异,参考国家战略需求并以平衡供需为目标提出了耕地优化路径。结果表明:耕地多功能供给表现为其输出的产品和服务能力,耕地多功能需求是指人类对耕地所提供的各项产品和服务的消耗量;供给和需求均可分为生产、经济、生态、社会保障和景观文化5种功能。2017年河南省耕地多功能供给(多功能指数为0.678)相较于需求(多功能指数为0.723)表现出滞后性,其中仅景观文化功能为供过于求,且生态功能和社会保障功能供需失衡的城市数量最多。耕地多功能供给和需求总体呈现西北低、东南高的空间格局,豫东南部耕地多功能供需相对平衡,半山区耕地多功能供需失衡明显。根据国家战略规划与耕地多功能供需差异,将耕地优化路径分为功能转化、供给提升、耕地储备3种类型。本研究因地制宜地划分了耕地利用优化类型,可为实现区域耕地“三位一体”发展提供支撑。

**关键词:** 耕地多功能评价; 供给; 需求; 全排列多边形; 河南省

中图分类号: F301.21

文献标识码: A

文章编号: 1000-1298(2020)11-0272-10

OSID:



## Multi-function Evaluation and Optimization of Cultivated Land in Henan Province Based on Perspective of Demand and Supply

ZHOU Dingyang<sup>1</sup> LI Shuhan<sup>1</sup> WEN Wen<sup>2</sup> JIANG Guanghui<sup>1</sup>

(1. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2. Henan Land Consolidation and Rehabilitation, Zhengzhou 450016, China)

**Abstract:** Aiming at the confusion of supply and demand of cultivated land multi-function evaluation, a theoretical framework of multi-function supply and demand of cultivated land was put forward. The index evaluation system was constructed from two perspectives of supply and demand respectively, and the multi-function index of cultivated land was calculated by using the full array polygon graphic method, so as to analyze the spatial differentiation of the multi-functional supply and demand of cultivated land in Henan Province. According to the national strategic demand and taking the balance of supply and demand as the target, the optimal path of the balanced supply and demand of the cultivated land were identified. The results were as follows: the multifunctional supply of cultivated land was the output of its products and services. The multi-functional demand of cultivated land referred to products and services consumed by humans; the multi-functional supply and demand can be divided into five functions, i. e., production, economy, ecology, social security and landscape culture. Compared with the demand (0.723), the multi-functional supply of cultivated land (0.678) in Henan Province showed hysteresis only the landscape function was the mismatch mode of oversupply, and the largest number of cities were the mismatch between supply and demand of ecological function and social security function. The multi-functional supply and demand of cultivated land generally presented the spatial pattern of low in northwest and high in southeast; the multi-functional supply and demand of cultivated land in southeast Henan were relatively balanced; the imbalance of multi-functional supply and demand of cultivated land in mid-levels was significant. According to the matching degree of supply-demand of various functions and national

收稿日期: 2020-06-27 修回日期: 2020-08-20

基金项目: 河南省自然资源厅自然资源科研项目(2019-319-9)

作者简介: 周丁扬(1984—),女,副教授,博士,主要从事自然资源可持续利用研究,E-mail: zhoudy@bnu.edu.cn

通信作者: 姜广辉(1980—),男,教授,博士生导师,主要从事土地评价、规划与可持续利用研究,E-mail: macrophage@bnu.edu.cn

strategic planning, Henan Province can be divided into three optimization paths: functional transformation area, supply promotion area and cultivated land reserve area. The conclusion showed that the types of cultivated land utilization was optimized according to local conditions, and it can provide support for “trinity conservation of cultivated land”.

**Key words:** multi-functional evaluation of cultivated land; supply; demand; entire-array-polygon; Henan Province

## 0 引言

耕地系统为人类提供不可或缺的生存资源,长期以来为保障粮食安全和社会稳定发挥着重要作用<sup>[1-2]</sup>。随着社会经济发展和对耕地系统功能认知的逐步深入,耕地的景观文化、生态等衍生功能逐渐突显,耕地系统出现了从单一功能向多功能的转变<sup>[3]</sup>。目前,我国耕地总体处于以商品性功能为主的粗放型管理模式,存在如无序竞争、过度利用和生态退化等问题<sup>[1]</sup>,仅从数量保护、质量提升两方面难以应对耕地保护的难题。国家对耕地提出了数量、质量、生态“三位一体”新的发展要求<sup>[4]</sup>,耕地多功能为耕地“三位一体”发展提供了良好的契机,对协调耕地利用与保护具有现实意义。

学术界已意识到耕地多功能的重要性,在耕地多功能的内涵<sup>[5-6]</sup>、评价<sup>[7-9]</sup>、功能关系<sup>[10-11]</sup>和管理<sup>[12-13]</sup>方面进行了大量研究。耕地多功能评价作为耕地利用优化的重要基础,逐渐成为研究的热点<sup>[6]</sup>。目前,耕地多功能评价研究主要基于多功能内涵和分类构建综合评价体系,提出耕地管理建议或功能协调模式<sup>[14-17]</sup>。评价单位涉及国家<sup>[18]</sup>、省级<sup>[2,7,9,14]</sup>和市县级<sup>[8,11,19]</sup>,以省市为代表的中小尺度为主。杨雪等<sup>[8]</sup>将北京市耕地功能划分为生产、社会、生态、文化 4 种功能,并采用加权求和的方式进行评价;朱庆莹等<sup>[20]</sup>在定义生产、经济、生态、景观功能的基础上进行二级分类,评价了湖北省耕地多功能空间分布格局。在评价体系分类中,学者们多数基于耕地的粮食生产、经济、生态维护、社会保障、景观文化 5 类功能展开评价,根据不同研究目的及研究区特点略有调整。

以往的评价研究多将耕地多功能的供给与需求混淆,从供需角度评价耕地多功能的研究较为鲜见。基于分离耕地的多功能供给和需求的评价,可全方位反映耕地产出与社会发展需求之间的差距,进而调控多功能供需平衡,以实现耕地利用的高效配置。河南省是国家重要的农产品主产区,耕地生产和社会保障功能突出。近年来,居民对于环境宜居和精神高层次需求不断增强,使得河南省耕地从传统的生产功能向景观/生态等多功能方向发展。本文以

河南省 18 个省辖市为评价单元,构建含生产-经济-生态-社会保障-景观文化 5 大功能的耕地供需理论框架,并分别建立指标体系评估 2017 年河南省辖市耕地的主导功能,探寻耕地多功能的供需差异,并提出优化路径,为建立耕地有效利用与保护机制提供参考。

## 1 耕地多功能供需内涵与评价体系

### 1.1 耕地多功能供需理论框架

耕地多功能是自然系统和人类系统耦合发展的产物,是为满足人类需求而产生的外在表现,包括土地自身具备的功能以及人类利用所衍生的功能。在农耕时期,粮食属于生存的硬通货,耕地的基本功能就是粮食生产。随着市场化带来的产品价值差距和对非粮食作物不断增长的需求,农民开始大量种植经济作物,如油料、蔬果、棉花等,经济功能逐渐显化。耕地作为生态系统的一部分,自身具有天然的生态功能,可发挥对气候、水土资源、生物多样性等方面的维护调节作用<sup>[3,21]</sup>。耕地系统与社会系统相互作用产生了社会保障功能与景观文化功能,社会保障功能体现为对农民生计的基础保障以及对社会稳定的支撑作用,尤其是在发展相对滞后地区,一旦失去耕地就会引起贫富差距扩大、城乡问题加剧等一系列问题<sup>[17]</sup>。景观文化功能则体现在耕地作为文化景观,其多样化利用方式所发挥的休闲观光、景观美学、农事教育、文化传承能力<sup>[22]</sup>,补充了城市公园、绿地等休闲功能的不足。

耕地多功能包含供给和需求两个内涵,耕地多功能供给是耕地系统客观存在的自然属性的外在表现;而耕地多功能的出现与人类需求紧密相关,由于人类需求的多样性和认知的转变使得耕地多功能逐渐显化,需求是耕地开发利用的内生动力<sup>[8]</sup>,两者共同构成耕地要素与社会系统双向流动的过程。由于需求和供给密不可分、相互对应,两者在外部功能分类一致,涵盖生产、经济、生态、社会保障和景观文化 5 大功能。

本文将耕地多功能供给表现为其输出的产品和服务能力,如生产功能供给表征为生存必需品粮食产量<sup>[8]</sup>,经济功能供给定义为高效益的经济作物产

量<sup>[7]</sup>,生态功能供给为主要的生态服务价值,社会保障功能供给体现在对农民收入、工作岗位及养老保障的提供能力,景观文化供给表现为其农耕多样性以及农业观光资源丰富度。耕地多功能需求是指人类对耕地所提供的各项产品和服务的消耗量,直接表现为农产品内外部销售量、地区消费水平、城乡收入等;对于难以直接衡量的生态、景观文化功能需求以自身条件的优劣程度作为间接性指标,如空气质量、水资源量、城市休闲空间面积等。通过对耕地多功能供给和需求度量、匹配,找到耕地多功能的供需平衡点。针对功能过剩的耕地促使其向供给不足的其他功能转化,对于本身功能不足的耕地提升其功能供给,缓解耕地多功能供需的结构性矛盾。综上,本文构建了上述 5 种功能为表征的耕地多功能供给和多功能需求理论框架(图 1)。

1.2 耕地多功能供给评价指标体系

根据 1.1 节构建的理论框架建立了耕地多功能供给指标体系(表 1)。其中,耕地生产功能供给指标选择代表性粮食作物产量,如夏粮、秋粮、谷物、大豆 4 类作物产量之和占 2017 年河南省粮食作物总产量的 99.73%。经济功能供给同样选取占经济作物产量 90% 以上的作物产量为表征指标。耕地供

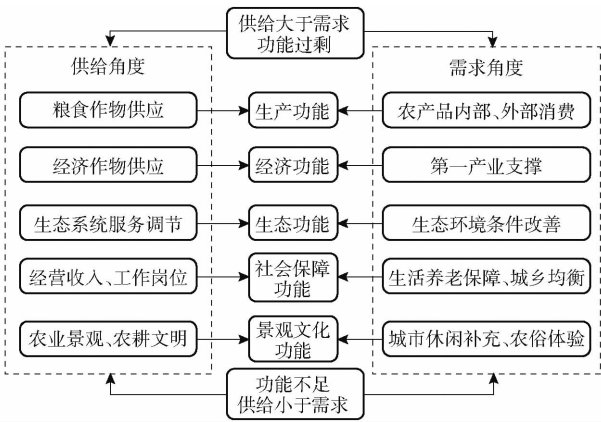


图 1 耕地多功能供需理论框架图

Fig. 1 Multi-functional concept diagram of cultivated land

给的生态系统服务包括调节土壤、水质、固碳释氧<sup>[21]</sup>,供给量计算参考被广泛应用的孙新章等<sup>[23-24]</sup>、王轶红等<sup>[25]</sup>对农田生态服务价值评估的研究成果,并以单位面积的农药化肥施用量衡量耕地污染控制程度。社会保障功能供给指标反映了耕地对农民生活的基础支撑作用,代表性指标为农户经营性收入及种植业从业人数。景观文化供给指标中,农耕多样性为潜力型指标,丰富的多样性可发挥耕地更强的景观美学功能<sup>[8]</sup>,农业观光园数量为现状型指标。

表 1 耕地多功能供给评价体系

Tab. 1 Evaluation index system of cultivated land multi-function supply

| 功能类型   | 因素      | 指标          | 性质 | 熵值法  | AHP 法 | 权重   | 计算方式/数据来源                                                                           |
|--------|---------|-------------|----|------|-------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 生产功能   | 粮食作物    | 夏秋粮产量       | +  | 0.35 | 0.54  | 0.44 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
|        |         | 谷物产量        | +  | 0.36 | 0.30  | 0.33 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
|        |         | 大豆产量        | +  | 0.29 | 0.16  | 0.23 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
| 经济功能   | 经济作物    | 蔬菜产量        | +  | 0.48 | 0.31  | 0.39 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
|        |         | 果品产量        | +  | 0.32 | 0.20  | 0.26 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
|        |         | 油料产量        | +  | 0.20 | 0.49  | 0.35 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
| 生态功能   | 土壤保持    | 土壤保持量       | +  | 0.28 | 0.36  | 0.31 | 文献[24]                                                                              |
|        | 水源涵养    | 水源涵养量       | +  | 0.24 | 0.23  | 0.24 | 文献[23]                                                                              |
|        | 气体调节    | 固碳释氧量       | +  | 0.27 | 0.13  | 0.20 | 文献[25]                                                                              |
|        | 污染控制    | 单位面积耕地化肥使用量 | -  | 0.11 | 0.14  | 0.13 | 化肥使用量与耕地面积比值                                                                        |
|        |         | 单位面积耕地农药使用量 | -  | 0.10 | 0.14  | 0.12 | 农药使用量与耕地面积比值                                                                        |
| 社会保障功能 | 保障收入    | 农村家庭经营性净收入  | +  | 0.52 | 0.50  | 0.51 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
|        | 提供就业    | 种植业从业人员数量   | +  | 0.48 | 0.50  | 0.49 | 2018 年河南统计年鉴                                                                        |
| 景观文化功能 | 农耕多样性   | 辛普森指数 $X$   | +  | 0.46 | 0.33  | 0.39 | $X = 1 - \sum \left( \frac{C_i}{C} \right)^2$ , $C_i$ 表示第 $i$ 种农作物播种面积, $C$ 表示总播种面积 |
|        | 观光资源丰富度 | 农业观光园数量     | +  | 0.54 | 0.67  | 0.61 | 百度地图提取“农业园、休闲农庄、农家乐、采摘”等关键词                                                         |

注:“+”表示促进性指标,“-”表示抑制性指标,下同。

1.3 耕地多功能需求评价指标体系

耕地生产与经济功能需求可直接表现为农产品消费量以及对家庭和国民经济贡献度,河南省作为全国粮仓,承担着省内和全国农产品需求,因此耕地的生产与经济需求功能由域外与域内两方面综合而

得。生产功能内部需求选择典型农产品消费量为表征,外部需求以 2012 年世界银行颁布的 445 kg 人均粮食需求量计算而来。经济功能需求是指农户通过经营耕地获得经济收入,依赖却有别于生产功能需求。生产功能需求可通过外部购买而满足,经济功

能需求则是耕地经营与集约化农业获得的经济效益。河南省主要农产品产值占第一产业产值 90.92%，可用第一产业收入占比间接代表耕地经济产出需求。越高的居民消费水平对高质量农产品需求越高，农户则能获得更高经济收益。

耕地的生态、社会保障及景观功能需求难以获取针对性数据，因此本文选取全域功能性不足的相关指标间接量化耕地需求<sup>[25]</sup>。耕地生态功能需求强度取决于整体生态环境质量状况，在生态脆弱的区域表现更强烈<sup>[26]</sup>，选择绿地需求、水资源、空气质量指标来间接反映需求程度，其中人均标准公共绿

地面积参考国家生态园林城市标准(11 m<sup>2</sup>) 计算。社会保障功能需求表现在保障农民基本生活需要、解决就业与防止城乡差距扩大等方面，特别是在经济欠发达的地区其功能需求越明显。景观文化功能需求同样受区域供给源稀缺程度影响<sup>[27]</sup>，生活空间狭小、城市内部休闲空间不足，使城市居民更加渴望欣赏田园景观、体验农村文化。因此，选取公园面积作为负向指标代表城市内部休闲空间的有限性，乡村旅游意愿以旅游观光人数代表对耕地景观文化需求的旺盛程度<sup>[28]</sup>。综上，本文构建耕地多功能需求评价体系，如表 2 所示。

表 2 耕地多功能需求评价体系  
Tab.2 Evaluation index system of cultivated land multi-function demand

| 功能类型   | 因素       | 指标         | 性质 | 熵值法  | AHP 法 | 权重   | 计算方式/数据来源                          |
|--------|----------|------------|----|------|-------|------|------------------------------------|
| 生产功能   | 内部需求     | 粮食消费量      | +  | 0.22 | 0.29  | 0.26 | 2018 年河南统计年鉴                       |
|        |          | 食用油消费量     | +  | 0.13 | 0.10  | 0.12 | 2018 年河南统计年鉴                       |
|        |          | 蔬菜消费量      | +  | 0.12 | 0.18  | 0.15 | 2018 年河南统计年鉴                       |
|        |          | 瓜果需求总量     | +  | 0.13 | 0.18  | 0.15 | 2018 年河南统计年鉴                       |
|        | 外部需求     | 外售粮食比例     | +  | 0.40 | 0.25  | 0.32 | 粮食生产量与人均粮食消费量和总人口乘积的差值占粮食生产量百分比    |
| 经济功能   | 国民经济     | 第一产业收入比例   | +  | 0.58 | 0.33  | 0.46 | 第一产业产值占 GDP 总量百分比                  |
|        | 家庭经济     | 人均消费水平     | +  | 0.42 | 0.67  | 0.54 | 城市人均消费水平和农村人均消费水平的平均值              |
| 生态功能   | 绿地需求     | 人均绿地面积需求指数 | +  | 0.31 | 0.41  | 0.36 | 人均标准公共绿地面积与人均公共绿地面积差值与人均标准公共绿地面积比值 |
|        | 水源涵养     | 地下水资源量     | —  | 0.30 | 0.26  | 0.28 | 2018 年河南统计年鉴                       |
|        | 气体调节     | 空气质量指数     | +  | 0.39 | 0.33  | 0.36 | 2017 年河南省环境状况公报                    |
| 社会保障功能 | 基本生活保障需要 | 恩格尔系数      | +  | 0.33 | 0.33  | 0.33 | 食品支出占消费支出百分比                       |
|        | 防止城乡差距扩大 | 城乡收入比      | +  | 0.35 | 0.33  | 0.34 | 城市居民收入与农村居民收入比值                    |
|        | 解决就业     | 农业从业比例     | +  | 0.32 | 0.34  | 0.33 | 农业从业人员占农村就业人员总数百分比                 |
| 景观文化功能 | 城市休闲空间不足 | 市域公园面积     | —  | 0.66 | 0.33  | 0.49 | 2018 年河南统计年鉴                       |
|        | 乡村旅游意愿   | 乡村旅游观光人数   | +  | 0.34 | 0.67  | 0.51 | 2018 年河南统计年鉴                       |

2 研究方法 with 数据

2.1 研究区域

河南省位于黄河中下游，处于我国地势第二阶梯和第三阶梯的过渡地带。地形总体特征西高东低，基本可分为黄淮海平原区、南阳盆地区、豫北豫南山地丘陵区、豫西黄土丘陵区 4 个区域，耕地集中分布在黄淮海平原、南阳盆地和豫西黄土丘陵区。2017 年全省耕地面积为 812.6 万 hm<sup>2</sup>，占全省农用地面积的 63.95%，其中中等肥力以上的土地占耕地面积 95% 以上，自然条件优越。为推动中部崛起，中央在河南省先后部署了如粮食生产核心区、中原经济区、黄河流域生态保护及高质量发展等国家级重大战略，统领河南省农业现代化、经济增长极和生态保护格局，为河南省提供了空前的发展机遇与政策支持。目前，河南省围绕建设现代农业强省、绿

色发展和传承黄河文化的目标，力图打造由平原现代农业区、山地丘陵生态区和都市多功能农业区构成的现代化农业格局。

2.2 数据来源

河南省行政区划数据来源于国家测绘地理信息局标准地图服务网站，DEM 数据来源于 SRTMDem 90 m 分辨率原始高程数据，评价体系内指标的原始数据来自 2017 年《河南省环境状况公报》以及 2018 年《河南统计年鉴》，见表 1 和表 2。

2.3 研究方法

为了消除不同指标量纲影响，需要对各原始数据进行标准化处理，采用 z-score 标准化方法。权重设置采用主客观结合法，以层次分析法（简称 AHP 法）和熵值法所得综合指数代表各项指标权重（表 1、2），可以相对降低单一权重方法的局限性和缺陷。

耕地多功能综合评价指数计算方法根据全排列五边形图示法(即各功能评价指数构成的五边形面积)<sup>[12]</sup>,计算式为

$$F = (PM + ME + ES + SL + LP) \sin \frac{\alpha}{2}$$

式中  $F$ ——耕地多功能综合评价指数

$P$ ——耕地生产功能评价指数

$M$ ——耕地经济功能评价指数

$E$ ——耕地生态功能评价指数

$S$ ——耕地社会保障功能评价指数

$L$ ——耕地景观文化功能评价指数

$\alpha$ ——五边形内角, (°)

$F$  计算值越大表明耕地多功能越显著。为了更直观地反映各地市间耕地多功能性差异,以全省耕地功能评价平均值  $A$  及标准差  $Std$  作为判断依据,对河南省多功能供给需求水平划分为低水平 ( $F_{\min}, A - Std$  ]、中等水平 ( $A - Std, A$  ]、较高水平 ( $A, A + Std$  ]、高水平 ( $A + Std, F_{\max}$  ] 4 个等级,  $F_{\min}$ 、 $F_{\max}$  为综合评价指数最小值和最大值。

构造四象限模型衡量耕地供需匹配程度,以评价结果的均值为坐标轴中点划分 4 种供需匹配类型(图 2),分别为“高高空间匹配型”(高供给高需求)、“低低空间匹配型”(低供给低需求)、“低高空间错配型”(低供给高需求)、“高低空间错配型”(高供给低需求)。

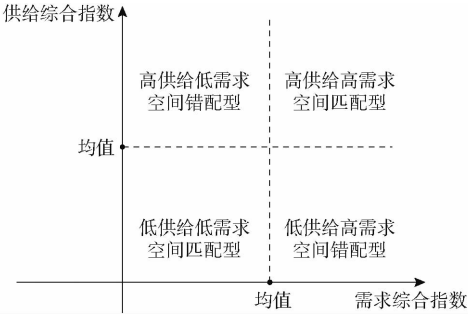


图 2 供需匹配分类示意图

Fig.2 Classification diagram of supply and demand matching

3 结果与分析

3.1 耕地多功能供给分析

2017 年河南省各市耕地多功能综合供给水平不高,供给指数介于 0.167 ~ 2.331,供给指数极值相差近 14 倍。全省仅有 27.78% 地市的耕地处于较高或高供给水平,大部分地区处于中等供给水平(图 3)。总体而言,空间上呈现南阳盆地和豫东平原耕地多功能高供给的格局,空间差异明显。同时耕地系统各子功能供给间也存在显著的不均衡性,其中景观文化功能相对较高,经济功能相对较低。

各供给子功能的空间分布也存在一定的差异。河南省耕地的生产、经济和生态功能供给空间分布格局具有高度一致性,高供给区均位于豫东南部城市;而 3 项功能供给低值区分布略有不同,生产及经

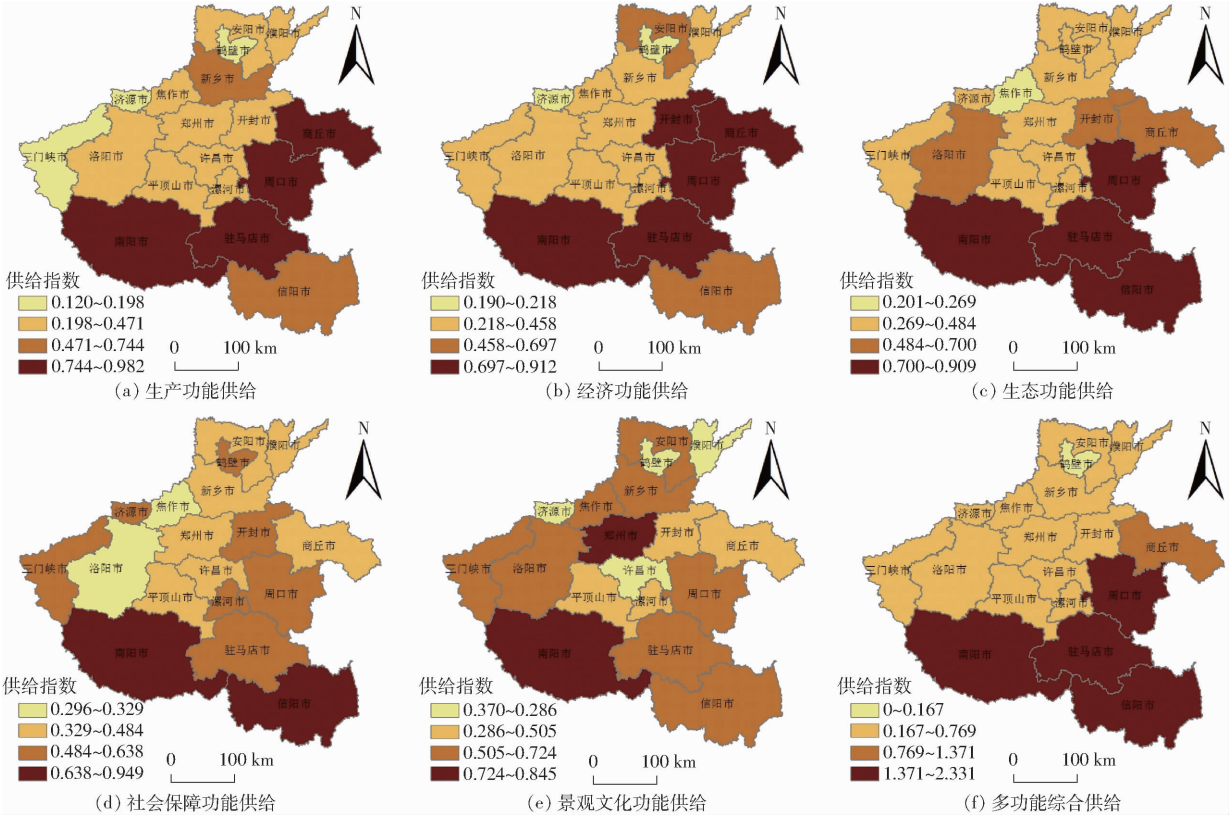


图 3 耕地多功能供给空间分布图

Fig.3 Spatial distribution of multi-function supply of cultivated land



济低供给区位于豫西北山区的三门峡市、济源市、鹤壁市,受地形限制导致耕地面积小且破碎,农产品产量与经济效益较低;生态低供给区域仅为焦作市(0.201),化肥农药的大量使用威胁其耕地生态环境。

社会保障功能供给空间分布呈西北-东南高值两极化的格局,低供给区位于洛阳市和焦作市所在的豫中城市群(0.296 ~ 0.329)。耕地景观文化功能整体供给水平较高,空间分布以南阳市、郑州市为中心呈双核两带状分布,其中南阳市供给指数最高,达 0.845,许昌市、济源市、鹤壁市和濮阳市受地形或经济发展水平所制约,景观文化供给指数低于 0.286。

### 3.2 耕地多功能需求分析

2017 年河南省耕地多功能需求旺盛,有

55.56%的地市处于较高或高需求水平,需求指数为 0.739 ~ 1.289。各地市间,最高需求指数位于周口市(1.289),济源市供给水平最低(0.074)。空间分布上呈现西北低东南高的格局,需求指数由南阳盆地、豫东平原、豫中城市群到豫西北山区呈阶梯状降低。同时,耕地系统各子功能需求间也存在显著的不均衡性,其中生态功能相对较高,经济功能相对较低。

生产功能高需求区集中在南阳盆地以及豫东平原,该地区人口密集且耕地质量高,为外省市提供大量农产品。而河南省耕地经济功能和生态功能需求空间异质性较强(图 4);其中耕地生态功能需求普遍较高,整体呈现北高南低的分布趋势,且豫北山区的安阳市、濮阳市等耕地生态功能需求最高,而经济功能需求却相对较低。

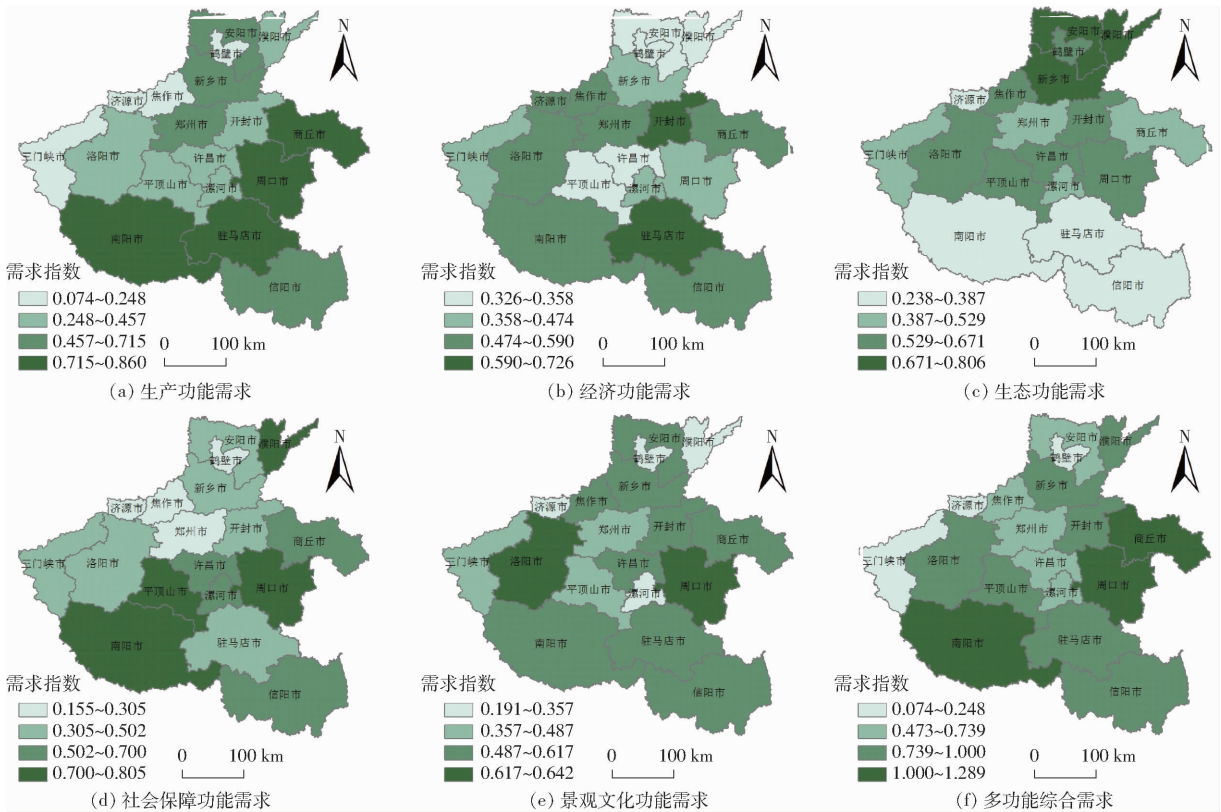


图 4 耕地多功能需求空间分布图

Fig. 4 Spatial distribution maps of multi-function demand of cultivated land

社会保障功能的需求强度与区域经济发展情况相关,郑州市及周边城市的耕地社会保障功能需求较低(0.155 ~ 0.305),这里属于河南省政治经济中心,与第一产业对区域发展的贡献度有限有关。景观文化功能需求整体较低,高值区分布呈双核状(0.617 ~ 0.642),其中洛阳市属于河南省旅游产业发展核心区域,而周口市则由于城市内部休闲景观场所不足所致。

### 3.3 耕地多功能供需差异

2017 年河南省耕地多功能综合供给指数为

0.678,需求指数为 0.723,耕地多功能需求水平相对高于供给(图 5)。耕地多功能供需不平衡模式在各项功能中普遍存在,其中供给水平相对高于需求水平的仅为景观文化功能,生态功能供给需求水平差距最大,其余功能供需差距相对均衡。从空间分布来看,南阳盆地和豫东平原城市的耕地功能供需较为平衡,高高、低低空间匹配型占比达到 77.78%。半山区城市耕地功能供需匹配失衡最为显著,低高空间错配型耕地分别位于洛阳市、平顶山市、新乡市和濮阳市(图 6)。

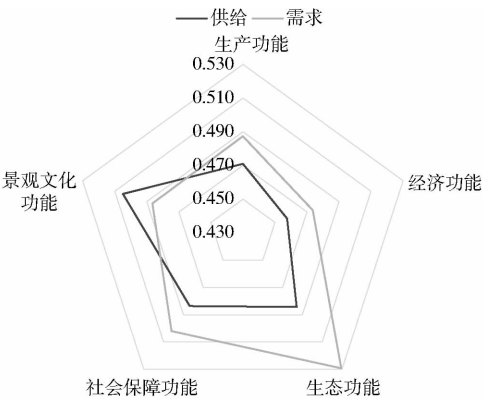


图 5 河南省耕地多功能供给需求雷达图  
Fig. 5 Multi-functional supply and demand radar diagram of cultivated land in Henan Province

如图 6 所示,耕地系统各子功能的供需匹配呈现明显的空间异质性,生态功能和社会保障功能供需匹配显著失衡,共有 11 个城市属于供需空间错配型,占比高达 61.11%。生态功能“低高空间错配型”集中分布在豫北地区,该地区耕地利用方式粗放、农药大量使用造成土壤条件下降,同时地下水的超采也制约了耕地水源涵养能力。社会保障功能中“高低空间错配型”耕地多位于山区城市,其经济发展相对落后,传统种植业多为满足居民基本生活需求提供保障;“低高空间错配型”耕地位于豫中城市群的洛阳市、平顶山市、许昌市等,这些地区耕地利用方式仍为小农经济,劳动力投入高但产出较低,与

城市居民收入差距大。  
生产功能和经济功能供需失衡的区域分布格局相似,“低高空间错配型”分布在以郑州市为代表的大城市区域,高人口密度带来农产品的高消费,同时居民对购买价格较高的优质农产品需求旺盛,而本地耕地面积有限,出现供不应求的情况。景观文化功能供需匹配程度整体较高,“高高空间匹配型”和“低低空间匹配型”数量占比为 66.67%,“低高空间错配型”位于许昌市、商丘市和开封市,城市绿地及公园建设不足,农业观光旅游发展滞后,难以满足居民短途休闲旅游的需要。

3.4 耕地利用优化路径

当前河南省耕地多功能供给在人们日益多样化的需求背景下出现了一定的滞后性,尤其是生态功能供需失衡最为显著。近期,国家将黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略,着重强调了生态优先的发展原则。河南省是我国粮食生产核心区,在中原经济区国家战略中对其农业现代化提出了更高要求,因而在协调各项功能供需时还要坚守粮食安全的底线,为未来耕地发展留白。因此,本文结合国家重大战略需求及多功能供需匹配结果,按照河南省耕地以生产功能为核心、生态绿色发展的思路,遵循河南省“三屏四廊一区”的生态安全格局,划分并提出了功能转化、供给提升、耕地储备 3 种耕地分区优化路径(表 3)。其中,功能转化型

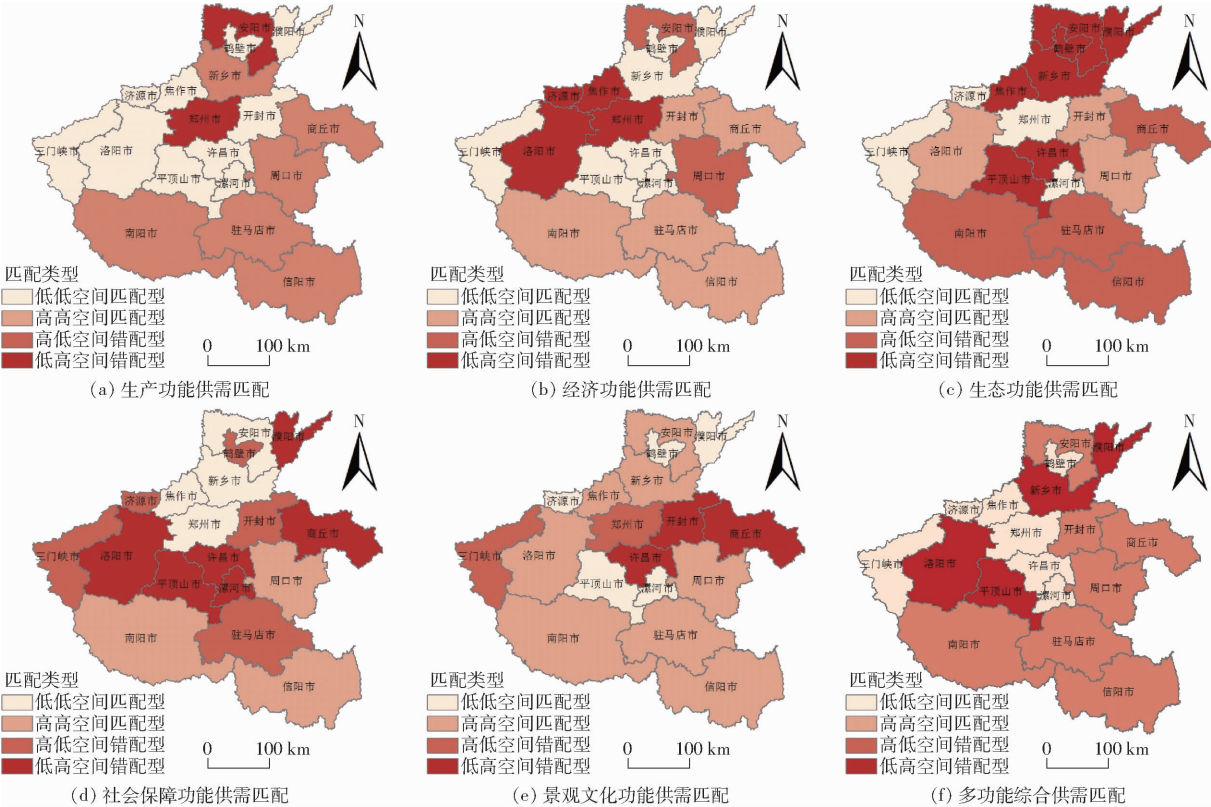


图 6 耕地多功能供需匹配空间分布图

Fig. 6 Spatial distribution maps of function supply and demand of cultivated land

指该类地区同时存在两种耕地多功能供给需求错配类型,在保持国家战略中所要求的优势功能基础上,需适当转化供给过剩的某项功能,以补齐供给短板的功能;供给提升型指耕地仅存在低高供需一种错配的类型,即耕地单项功能供给无法满足需要;耕地储备型指耕地的各项功能均属于高供给高需求类型,需保持现有优质的生产条件,以作为保障耕地安全的后备资源。

表 3 耕地优化路径分类

| Tab.3 Classification of cultivated land optimal path |                   |                  |
|------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| 类别                                                   | 优化路径              | 区域               |
| 功能转化                                                 | 经济功能→生态+生产功能      | 安阳市              |
|                                                      | 社会保障功能→景观、经济、生态功能 | 开封市、济源市、鹤壁市      |
|                                                      | 生态功能→社会保障+景观文化功能  | 商丘市              |
|                                                      | 景观文化功能→经济、生态功能    | 郑州市、三门峡市         |
| 供给提升                                                 | 经济功能提升            | 洛阳市              |
|                                                      | 生态功能提升            | 焦作市、平顶山市、新乡市、濮阳市 |
|                                                      | 社会保障功能提升          | 许昌市、漯河市          |
| 耕地储备                                                 |                   | 南阳市、信阳市、驻马店市、周口市 |

功能转化型耕地优化类型最为多样,共涉及 7 种优化类型,需因地制宜地制定差异化措施。例如,安阳市耕地可在提高耕地经济作物地均产量的基础上,整理补充用于粮食种植的耕地面积,提高粮食作物补贴标准,同时推进化肥农药减量增效,保持耕地绿色生态发展。社会保障功能转化区围绕弘扬黄河文化传承,以历史文化名镇、特色民居为支点,促进农产品与文旅产业融合发展,引导农村人口向第三产业转移,打造黄河流域文化旅游带。生态功能转化区可通过景观补贴的形式,在保障生态环境的基础上引导耕地开展花卉、经济林木等景观种植,赋予生态产品更高经济价值,实现保护与利用的双向促进。郑州市是中原经济区的核心城市,其农业观光产业发展基础较好,但仍需加强其农业观光产业规范性,打造规模与品牌效应,以蔬果类无污染农产品为主打造农事体验示范区,发挥“都市菜篮子”作用。三门峡市是黄河中下流域生态保护核心地段,域内山地较多,其耕地利用需大力推进喷灌技术、坡地防护等生态修复措施,农田周围设立环保标识和垃圾处理区,减少生活生产污染。

供给提升型耕地广泛分布于河南省 7 个地市,其中生态和社会保障功能提升类型占比最高,可从

调整种植结构与耕作方式角度提升供给水平。经济功能供给提升型城市可依托中原经济区建设,改善种植结构的趋同性,重点发展茶叶、中草药、烟叶等高效益特色作物,提升高质量农产品市场占有率,构建现代化农业产业体系。生态功能提升类耕地大多位于太行山地生态屏障区,可通过建设耕地植被缓冲区及乔灌混搭的农田防护林,进一步发挥耕地涵养水源的功能,减少面源污染以提升区域土地系统的生态功能。社会保障供给提升类耕地需推进农业供给侧改革,改善耕地现有耕作条件,实施机械化耕作与高标准农田建设,推广“互联网+”的电商农业发展模式,提高耕地的地均产值,助力农村地区脱贫攻坚。

耕地储备型耕地面积总量最大,为 3 014. 58 hm<sup>2</sup>, 占全省耕地面积的 37. 2%。此类耕地位于河南省高质量耕地的核心区域,各功能供给需求相对协调,是全国的农产品生产供应重要保障区。未来需要保持农产品高产优质水平,统筹生态保护与粮食安全,保持耕地可持续条件,为耕地占补平衡和后续发展提供储备空间。

4 结论

(1)河南省耕地多功能供给综合指数为 0. 678、需求指数为 0. 723,呈现供给滞后性。耕地生产、经济、生态、社会保障和景观文化 5 项功能均存在供需失衡的现象,其中,仅景观文化功能供过于求,生态功能供给缺口最为显著,且以生态功能和社会保障功能供需失衡的城市数量最多。

(2)耕地多功能供给和需求总体呈现西北低、东南高的空间格局,各子功能中生产、经济、社会保障功能均与耕地多功能的分布特征趋势相同。景观文化功能供给以郑州市—南阳市为中心呈双核状分布,生态功能需求呈现北高南低的特点,豫东南部耕地多功能供需相对平衡,半山区耕地多功能供需失衡明显。

(3)基于平衡耕地多功能供需的目标,将耕地优化路径分为功能转化、供给提升和耕地储备 3 种类型。功能转化型耕地优化路径最多样化,涵盖 7 种类型,参考国家战略功能定位,由供给过剩向功能不足转化;供给提升型分布广泛,涉及洛阳市、平顶山市等 7 个地市,是改善耕地供给滞后的直接手段;耕地储备型面积总量最大,分布于南阳市、信阳市等豫南地区,可作为保障耕地安全的后备资源。

(4)基于分离耕地多功能供给与需求的评价,通过划分功能类型建立联系供需两方面的理论框架,有助于解决评价时供需混淆不清的问题,为实现区域耕地“三位一体”发展提供支撑。



## 参 考 文 献

- [1] 宋小青,欧阳竹. 中国耕地多功能管理的实践路径探讨[J]. 自然资源学报,2012,27(4):540-551.  
SONG Xiaoqing, OUYANG Zhu. Route of multifunctional cultivated land management in China[J]. Journal of Natural Resources,2012,27(4):540-551. (in Chinese)
- [2] 罗成,蔡银莺. 湖北省农产品主产区耕地资源功能的时空演变[J]. 经济地理,2016,36(3):153-161.  
LUO Cheng, CAI Yinying. The stage characteristics and spatial heterogeneity of cultivated land resource function evolution in agricultural producing areas of Hubei Province[J]. Economic Geography,2016,36(3):153-161. (in Chinese)
- [3] 姜广辉,张凤荣,孔祥斌,等. 耕地多功能的层次性及其多功能保护[J]. 中国土地科学,2011,25(8):42-47.  
JIANG Guanghui, ZHANG Fengrong, KONG Xiangbin, et al. The different levels and the protection of multi-functions of cultivated land[J]. China Land Science,2011,25(8):42-47. (in Chinese)
- [4] 高璐璐,张超,吕雅慧,等. 耕地健康产能多要素评价体系构建与应用[J/OL]. 农业机械学报,2020,51(5):215-222.  
GAO Lulu, ZHANG Chao, LÜ Yahui, et al. Construction and application of multi-factor cultivated land health productivity evaluation system[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020,51(5):215-222. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20200524&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20200524&flag=1). DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.05.024. (in Chinese)
- [5] POWER A G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society, 2010,365(1554):2959-2971.
- [6] VERBURG P H, OVERMARS K P. Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned cultivated lands in Europe with the Dyna-CLUE model[J]. Landscape Ecology, 2009, 24(9):1167-1181.
- [7] 张英男,龙花楼,戈大专,等. 黄淮海平原耕地功能演变的时空特征及其驱动机制[J]. 地理学报,2018,73(3):518-534.  
ZHANG Yingnan, LONG Hualou, GE Dazhuan, et al. Spatio-temporal characteristics and dynamic mechanism of cultivated land functions evolution in the Huang-Huai-Hai Plain[J]. Acta Geographica Sinica,2018,73(3):518-534. (in Chinese)
- [8] 杨雪,谈明洪. 北京市耕地功能空间差异及其演变[J]. 地理研究, 2014,33(6):1106-1118.  
YANG Xue, TAN Minghong. Spatial differences and evolution of arable land functions in Beijing[J]. Geographical Research, 2014,33(6):1106-1118. (in Chinese)
- [9] 范业婷,金晓斌,项晓敏,等. 苏南地区耕地多功能评价与空间特征分析[J]. 资源科学,2018,40(5):980-992.  
FAN Yeting, JIN Xiaobin, XIANG Xiaomin, et al. Evaluation and spatial characteristics of arable land multifunction in southern Jiangsu [J]. Resources Science,2018,40(5):980-992. (in Chinese)
- [10] BOSTIAN M B, HERLIHY A T. Valuing tradeoffs between agricultural production and wetland condition in the U. S. Mid-Atlantic region[J]. Ecological Economics, 2014, 105:284-291.
- [11] 王成,彭清,唐宁,等. 2005—2015 年耕地多功能时空演变及其协同与权衡研究——以重庆市沙坪坝区为例[J]. 地理科学,2018,38(4):590-599.  
WANG Cheng, PENG Qing, TANG Ning, et al. Spatio-temporal evolution and the synergy and trade-off relationship of cultivated land multi-function in 2005—2015: a case of Shapingba District, Chongqing City[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018,38(4):590-599. (in Chinese)
- [12] COYLE C, CREAMER R E, SCHULTE R P O, et al. A functional land management conceptual framework under soil drainage and land use scenarios[J]. Environmental Science and Policy, 2016, 56:39-48.
- [13] 宋小青,欧阳竹. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示[J]. 地理科学进展,2012,31(7):859-868.  
SONG Xiaoqing, OUYANG Zhu. Connotation of multifunctional cultivated land and its implications for cultivated land protection[J]. Progress in Geography,2012,31(7):859-868. (in Chinese)
- [14] 房艳刚,刘本城,刘建志. 农业多功能的地域类型与优化策略——以吉林省为例[J]. 地理进展,2019,38(9):1349-1360.  
FANG Yan'gang, LIU Bencheng, LIU Jianzhi. Territorial types and optimization strategies of agriculture multifunctions:a case study of Jilin Province[J]. Progress in Geography,2019,38(9):1349-1360. (in Chinese)
- [15] PARACCHIM M L, PACINI C, JONES M L M, et al. An aggregation framework to link indicators associated with multifunctional land use to the stakeholder evaluation of policy options[J]. Ecological Indicators, 2011, 11(1):71-80.
- [16] 余富祥,胡月明,刘振杰,等. 基于力学平衡模型的耕地多功能演变及其协调性分析——以珠江三角洲为例[J]. 农业资源与环境学报,2019,36(6):728-737.  
YU Fuxiang, HU Yueming, LIU Zhenjie, et al. The coordination and evolution of cultivated land multifunctionality based on a mechanical model: a case study of the Pearl River Delta[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment,2019, 36(6):728-737. (in Chinese)
- [17] 施园园,赵华甫,郎文聚,等. 北京市耕地多功能空间分异及其社会经济协调模式解释[J]. 资源科学, 2015,37(2):247-257.  
SHI Yuanyuan, ZHAO Huaifu, YUN Wenju, et al. Analysis on spatial differentiation of arable land multifunction and socio-

- economic coordination model in Beijing[J]. *Resources Science*, 2015,37(2): 247 – 257. (in Chinese)
- [18] 向敬伟,廖晓莉,宋小青,等. 中国耕地多功能的区域收敛性[J]. *资源科学*,2019,41(11):1959 – 1971.  
XIANG Jingwei, LIAO Xiaoli, SONG Xiaoqing, et al. Regional convergence of cultivated land multifunctions in China[J]. *Resources Science*,2019,41(11):1959 – 1971. (in Chinese)
- [19] 靳文娟,边振兴,魏忠义,等. 沈阳城市周边耕地多功能评价[J]. *中国农业资源与区划*, 2019(5): 166 – 173.  
JIN Wenjuan, BIAN Zhenxing, WEI Zhongyi, et al. Multifunctional evaluation of cultivated land around Shenyang City[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019(5): 166 – 173. (in Chinese)
- [20] 朱庆莹,胡伟艳,赵志尚. 耕地多功能权衡与协同时空格局的动态分析——以湖北省为例[J]. *经济地理*, 2018(7): 143 – 153.  
ZHU Qingying, HU Weiyan, ZHAO Zhishang. Dynamic analysis on spatial-temporal pattern of trade-offs and synergies of multifunctional cultivated land—evidence from Hubei Province[J]. *Economic Geography*, 2018(7): 143 – 153. (in Chinese)
- [21] 唐秀美,陈百明,刘玉,等. 耕地生态价值评估研究进展分析[J/OL]. *农业机械学报*,2016,47(9):256 – 265.  
TANG Xiumei, CHEN Baiming, LIU Yu, et al. Research advances and perspectives of evaluation on ecological value of cultivated land[J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*,2016,47(9):256 – 265. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20160936&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160936&flag=1). DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.09.036. (in Chinese)
- [22] 柯新利,李红艳,刘荣霞. 武汉市耕地景观游憩功能与可达性的空间匹配格局[J]. *长江流域资源与环境*,2016,25(5): 751 – 760.  
KE Xinli, LI Hongyan, LIU Rongxia. Research on the spatial matching pattern of cultivated land landscape recreation function and accessibility in Wuhan[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*,2016,25(5):751 – 760. (in Chinese)
- [23] 孙新章,周海林,谢高地. 中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J]. *中国人口·资源与环境*, 2007,17(4): 55 – 60.  
SUN Xinzhang, ZHOU Hailin, XIE Gaodi. Ecological services and their values of Chinese agroecosystem[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2007,17(4): 55 – 60. (in Chinese)
- [24] 孙新章,谢高地,成升魁,等. 中国农田生产系统土壤保持功能及其经济价值[J]. *水土保持学报*, 2005,19(4):156 – 159.  
SUN Xinzhang, XIE Gaodi, CHENG Shengkui, et al. Services for soil conservation and its monetary value of Chinese cropping system[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005,19(4): 156 – 159. (in Chinese)
- [25] 王轶虹,王美艳,史学正,等. 2010 年中国农作物净初级生产力及其空间分布格局[J]. *生态学报*, 2016,36(19): 6318 – 6327.  
WANG Yihong, WANG Meiyan, SHI Xuezheng, et al. Spatial patterns of net primary productivity of crops in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016,36(19): 6318 – 6327. (in Chinese)
- [26] 赵华甫,张凤荣,许月卿,等. 北京城市居民需要导向下的耕地功能保护[J]. *资源科学*,2007,29(1):56 – 62.  
ZHAO Huafu, ZHANG Fengrong, XU Yueqing, et al. Urban residents' needs-oriented functional protection of cultivated land in Beijing[J]. *Resources Science*,2007,29(1):56 – 62. (in Chinese)
- [27] 杜继丰,袁中友. 基于耕地多功能需求的巨型城市区耕地保护阈值探讨——以珠江三角洲为例[J]. *自然资源学报*, 2015,30(8):1255 – 1266.  
DU Jifeng, YUAN Zhongyou. Cultivated land protection threshold calculation from perspective of multifunctional demands for cultivated land in mega-urban region—a case study in the Pearl River Delta[J]. *Journal of Natural Resources*,2015,30(8): 1255 – 1266. (in Chinese)
- [28] 胡伟艳,魏安奇,赵志尚,等. 农地多功能供需错位与协同作用研究进展及趋势[J]. *中国土地科学*,2017,31(3):89 – 97.  
HU Weiyan, WEI Anqi, ZHAO Zhishang, et al. Literature review on mismatch of demand and supply, and synergies of multifunctional agricultural land[J]. *China Land Science*,2017,31(3):89 – 97. (in Chinese)