



# 农业资源与环境学报

中文核心期刊  
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

## 常州市钟楼区耕地产能空间分布与影响因素分析

朱新帅, 王博宇, 黄克龙, 曹天邦

引用本文:

朱新帅, 王博宇, 黄克龙, 等. 常州市钟楼区耕地产能空间分布与影响因素分析[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(5): 672–680.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0297>

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 华南地区县域耕地质量和产能评价研究——以广东吴川为例

戴文举, 王东杰, 卢瑛, 蔡武龙, 文泰斌, 王璐, 陈飞香

农业资源与环境学报. 2019, 36(4): 419–430 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0221>

### 东北典型黑土区耕地有机质与pH的空间分布规律及其相互关系

刘忆莹, 裴久渤, 汪景宽

农业资源与环境学报. 2019, 36(6): 738–743 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0292>

### 基于熵权-集对模型的耕地面源污染生态风险评价与防控——以新疆昌吉州为例

原伟鹏, 刘新平

农业资源与环境学报. 2019, 36(5): 630–639 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0076>

### 基于模型的山东省土地生态安全评价

周迎雪, 李贻学, 孙仪阳, 李进涛, 高贵芳, 苏超

农业资源与环境学报. 2016, 33(4): 320–326 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0270>

### 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

余富祥, 胡月明, 刘振杰, 李波, 王璐

农业资源与环境学报. 2019, 36(6): 728–737 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0302>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

朱新帅, 王博宇, 黄克龙, 等. 常州市钟楼区耕地产能空间分布与影响因素分析[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(5): 672–680.

ZHU Xin-shuai, WANG Bo-yu, HUANG Ke-long, et al. Analysis of spatial distribution and factors influencing productivity of cultivated land in Zhonglou District of Changzhou City, China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2020, 37(5): 672–680.



开放科学 OSID

# 常州市钟楼区耕地产能空间分布与影响因素分析

朱新帅<sup>1,2</sup>, 王博宇<sup>1,2</sup>, 黄克龙<sup>1,2\*</sup>, 曹天邦<sup>2</sup>

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046; 2. 江苏金宁达房地产评估规划测绘咨询有限公司, 南京 210036)

**摘要:** 耕地产能评价对于耕地资源保护及质量提升具有重要的现实意义。通过构建耕地产能评价体系, 运用空间自相关及主成分回归分析法对常州市钟楼区的耕地产能进行空间分布及影响因素分析。结果表明: 基于气候、自然因素和技术水平综合指标的耕地产能评价体系具有适用性和可操作性; 钟楼区耕地产能等别分为6等和7等, 其中6等地占比达到97.55%, 等别空间分布呈现出城区内部街道低、外围地区较高的格局; 耕地产能整体空间集聚性显著, 各街道(乡镇)均表现出较强的空间正相关性, 正相关类型(HH型和LL型)多呈现组团式, 负相关类型(LH型和HL型)则分布零散; 耕地自然质量和技术水平是影响钟楼区耕地产能空间分布的主要驱动因素, 其中, 耕作层厚度、有机质含量、障碍层距地表深度和土壤养分元素为主导因素, pH值、灌溉保证程度和排水条件为次要因素。因此, 应从增强耕地自然质量、提高耕地技术水平等方面制定提高耕地产能的针对性措施。

**关键词:** 耕地产能; 空间分布; 空间自相关; 主成分回归分析; 影响因素; 钟楼区

中图分类号: F301.21

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2020)05-0672-09

doi: 10.13254/j.jare.2019.0297

## Analysis of spatial distribution and factors influencing productivity of cultivated land in Zhonglou District of Changzhou City, China

ZHU Xin-shuai<sup>1,2</sup>, WANG Bo-yu<sup>1,2</sup>, HUANG Ke-long<sup>1,2\*</sup>, CAO Tian-bang<sup>2</sup>

(1. College of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 2. Jiangsu Jinningda Real Estate Planning Mapping Consulting Co., Ltd., Nanjing 210036, China)

**Abstract:** Productivity assessment of cultivated land has important practical significance for the protection and improvement of cultivated land. Based on the reconstruction of a cultivated land productivity evaluation system, we used spatial autocorrelation and principal component regression analysis to analyze the spatial distribution and factors influencing productivity of cultivated land in the Zhonglou District of Changzhou City. The results revealed that: The evaluation system for determining the productivity of cultivated land based on comprehensive indicators of climate, natural factors, and technical level had limited applicability and operational value. The production capacity of the cultivated land in Zhonglou District was classified as 6 and 7 ratings. The proportion of the 6th land reached 97.55%. Lower productivity were found to be distributed in the urban street area than in the surrounding areas. The overall spatial agglomeration characteristics of the productivity of cultivated land was significant. All streets (townships) showed strong spatial autocorrelation; positive correlation (HH and LL types) appeared in groups and negative correlation (LH and HL types) was scattered. The natural quality and technical level of cultivated land were the key factors affecting the spatial distribution of productivity of cultivated land in the Zhonglou District. The four dominant factors were tillage layer thickness, organic matter content, barrier layer depth and soil nutrients. The three

收稿日期: 2019-05-31 录用日期: 2019-08-05

作者简介: 朱新帅(1994—), 男, 江苏泰州人, 硕士研究生, 主要从事土地资源利用与评价研究。E-mail: zhuxinshuai0215@163.com

\*通信作者: 黄克龙 E-mail: 1510208276@qq.com

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41430635)

Project supported: The Key Programme of the National Natural Science Foundation of China(41430635)

<http://www.aed.org.cn>

secondary factors were pH, reliable irrigation, and drainage conditions. Therefore, targeted measures to increase the productivity of cultivated land should be formulated based on enhancing the natural quality of cultivated land and improving the technical practices of cultivated land.

**Keywords:** cultivated land productivity; spatial distribution; spatial autocorrelation; principal component regression analysis; influencing factors; Zhonglou District

耕地质量综合评价成果在耕地占补平衡、基本农田保护与建设以及土地集约利用评价等领域发挥着重要作用<sup>[1-3]</sup>。近年来,中国耕地保护由数量管理向数量、质量并重管理和数量、质量、生态“三位一体”保护新格局的方向发展,客观要求我们对耕地质量及耕地产能进行系统评价,以期科学管理和保护耕地资源。

围绕耕地产能相关研究来看,国外研究主要集中在耕地上的农作物监测和潜力测算等方面<sup>[4-6]</sup>,国内早期的耕地产能内涵是指理论产能、可实现产能和实际产能所组成的产能体系<sup>[7]</sup>,近年来,耕地产能理论内涵又一次受到专家学者的热议,赵瑞等<sup>[8]</sup>构建耕地健康产能评价指标体系,提出并定量评价了耕地健康产能;鄢文聚<sup>[9]</sup>在总结2019年中央一号文件时认为,坚持农业农村优先发展的重要内容应明确耕地产能评价考核,确定耕地产出水平及效果的评价方法。此外,耕地产能的研究切入点多从产能核算方法<sup>[10]</sup>、时空演变格局<sup>[11-12]</sup>及占补平衡<sup>[13-15]</sup>等角度进行分析,而基于耕地产能的影响因素研究相对较少<sup>[16-18]</sup>。因此,本研究遵循耕地质量评价的技术思路,根据《自然资源部办公厅关于开展耕地质量和耕地产能评价试点工作的通知》(自然资办函〔2018〕236号)和《江苏省国土资源厅关于开展耕地质量和耕地产能评价试点工作的通知》(苏国土资发〔2018〕227号)要求,提出基于耕地与气候、耕作综合能力(田间耕作或农业生产活动)相结合的耕地生产力水平和产出效果的耕地产能体系,其主要包含气候条件、耕地自然质量和技术水平3个方面,并在此基础上构建耕地产能评价体系。

关于耕地产能理论和内涵的研究开展较早,未来基于耕地产能的应用方向和思路则较为广阔。因此,本研究选定经济相对发达的常州市钟楼区为研究区,构建耕地产能评价体系,并运用空间自相关和主成分回归分析法,进行常州市钟楼区耕地产能空间分异和影响因素分析,了解研究区内耕地产能空间集聚特征及自相关格局,并分析相关因素对耕地产能空间格局形成的影响,以期提升耕地产能质量提供科学指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

钟楼区位于东经119°08′~120°12′、北纬31°09′~32°04′,处于常州市区西部,东及东南与天宁区相连,西及西南与武进区连接,北与新北区接壤。钟楼区属于长江三角洲冲积平原,区域内水网遍布,河流纵横,地质构造属于江阴-溧阳复背斜、东台-溧阳地震带,处于相对稳定区。该区属北亚热带季风性湿润气候区,气候温和湿润,年平均气温15.4℃,雨量丰沛,年平均降水量1 071.5 mm,常年主导风向东南偏东,四季分明。2017年全区耕地面积约35.02 km<sup>2</sup>,占全区土地总面积的26.35%。

### 1.2 数据来源及处理

数据资料来源于江苏省常州市耕地质量和耕地产能评价试点工作,包括:2017年常州市耕地质量等别更新数据;2017年常州市钟楼区土地利用现状数据库;钟楼区2015—2017年统计年鉴及相关农业统计资料。为保证数据合理性和可靠性,对所收集的数据进行预处理,由于研究区内荷花池街道和南大街街道不存在耕地图斑,将其从研究区数据库中去除。其中,图形数据的数字化、空间属性数据的编辑及数据分析均基于ArcGIS平台、GeoDa软件及SPSS软件。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 耕地产能评价

通过借鉴农用地“等-级-价”的研究思路,本研究根据《江苏省耕地质量和耕地产能评价试点技术方案》的技术思路,认为耕地产能是基于耕地与气候、耕作综合能力相结合所形成的耕地生产力水平和产出效果,其主要包含气候条件、耕地质量和技术水平3个方面。因此,突出指标差异性的耕地产能评价符合耕地综合质量和产出水平的实际情况,详见表1。

根据耕地产能指标体系进行因素因子级别划分并赋值,其中权重的确定沿用《江苏省耕地质量和耕地产能评价试点技术方案》中的特尔菲法,并按照公式计算得到各耕地图斑产能指数。计算见公式(1)~公式(3)。

表1 耕地产能评价指标体系

Table 1 Cultivated land productivity evaluation index system

| 一级指标<br>Primary indicators | 二级指标<br>Secondary indicators | 指标解释<br>Indicator interpretation                                                                                                                                                | 权重<br>Weights |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 气候条件                       | 光温生产潜力                       | 耕地质量等级成果                                                                                                                                                                        | —             |
|                            | 作物产量比系数                      | 耕地质量等级成果                                                                                                                                                                        | —             |
| 耕地自然质量                     | 地形部位                         | 好=1;较好=2;一般=3;较差=4                                                                                                                                                              | 6.33          |
|                            | 田面坡度                         | <2°=1;2°~10°=2;10°~15°=3;15°~25°=4                                                                                                                                              | 1.82          |
|                            | 耕作层厚度                        | ≥20 cm=1;15~20 cm=2;10~15 cm=3;<10 cm=4                                                                                                                                         | 12.14         |
|                            | 有机质含量                        | ≥40 g·kg <sup>-1</sup> =1;30~40 g·kg <sup>-1</sup> =2;20~30 g·kg <sup>-1</sup> =3;10~20 g·kg <sup>-1</sup> =4;6~10 g·kg <sup>-1</sup> =5;<6 g·kg <sup>-1</sup> =6               | 19.18         |
|                            | 耕层质地                         | 壤土=1;黏土=2;砂土=3;砂质土=4                                                                                                                                                            | 13.60         |
|                            | 障碍层距地表深度                     | 60~90 cm=1;30~60 cm=2;<30 cm=3                                                                                                                                                  | 5.42          |
|                            | 土体构型                         | 通体壤、壤/砂/壤=1;壤/黏/壤=2;砂/黏/砂、壤/黏/黏、壤/砂/砂=3;砂/黏/黏=4;黏/砂/黏、通体黏、黏/砂/砂=5;通体砂、通体砾=6                                                                                                     | 11.27         |
|                            | 土壤容重                         | 1~1.25 g·cm <sup>-3</sup> =1;<1 g·cm <sup>-3</sup> 、1.25~1.35 g·cm <sup>-3</sup> =2;1.35~1.45 g·cm <sup>-3</sup> =3;1.45~1.55 g·cm <sup>-3</sup> =4;>1.55 g·cm <sup>-3</sup> =5 | 5.29          |
|                            | 土壤养分元素                       | 养分水平≥90=1;75~90=2;60~75=3;45~60=4;<45=5                                                                                                                                         | 13.34         |
|                            | pH值                          | 6.0~7.9=1;5.5~6.0,7.9~8.5=2;5.0~5.5,8.5~9.0=3;4.5~5.0=4;<4.5,9.0~9.5=5;≥9.5=6                                                                                                   | 6.42          |
| 技术水平                       | 盐渍化程度                        | 无盐化=1;轻度盐化=2;中度盐化=3;重度盐化=4                                                                                                                                                      | 5.19          |
|                            | 灌溉保证程度                       | 充分=1;基本=2;一般=3;无=4                                                                                                                                                              | 27.27         |
|                            | 排水条件                         | 充分=1;基本=2;一般=3;无=4                                                                                                                                                              | 23.24         |
|                            | 农田防洪标准                       | ≥20年一遇=1;10~20年=2;5~10年=3;<5年=4                                                                                                                                                 | 12.94         |
|                            | 灾害防治水平                       | 近五年无灾害=1;近五年少数灾害=2;近五年较多灾害=3                                                                                                                                                    | 11.97         |
|                            | 农机化水平                        | 机械化率≥80%=1;50%~80%=2;20%~50%=3;<20%=4                                                                                                                                           | 14.09         |
|                            | 农艺管理水平                       | 较高=1;一般=2;较低=3                                                                                                                                                                  | 10.49         |

注:1、2、3、4、5、6分别为指标级别,指标分值依次递减。

Note:1,2,3,4,5,and 6 are indicator levels, respectively and the indicator scores decrease in order.

$$T = \sum_{i=1}^n (\alpha_i \times \beta_i) \times Q \times P \quad (1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n (M_i \times N_i) \quad (2)$$

$$P = \sum_{i=1}^n (W_i \times F_i) \quad (3)$$

式中: $T$ 表示耕地产能指数; $\alpha_i$ 表示第 $i$ 种作物的光温生产潜力指数; $\beta_i$ 表示第 $i$ 种作物的产量比系数; $Q$ 表示耕地自然质量指数; $P$ 表示技术水平指数。其中,光温生产潜力指数根据《农用地质量分等规程》中的方法计算,作物产量比系数是由研究区基准作物单位面积产量与各种指定作物单位面积实际产量之比确定;耕地自然质量指数和技术水平指数则利用 ArcGIS 软件进行二级指标分级赋值获得。 $M_i$ 表示耕地自然质量中第 $i$ 个二级指标对应标准化分值; $N_i$ 表示第 $i$ 个二级指标权重; $W_i$ 表示技术水平中第 $i$ 个二级指标对应标准化分值; $F_i$ 表示第 $i$ 个二级指标权重。

### 1.3.2 空间自相关

空间自相关是通过掌握空间单元分布规律、评价

空间尺度适宜性的空间数据分析方法<sup>[9]</sup>。其主要分为全局自相关和局部自相关,全局自相关是对地理要素属性值在整个区域内的空间特征分析,局部自相关是分析局部的空间特征,以完善全局自相关不能准确指出集聚和异常发生的具体空间位置。全局空间自相关可通过 Moran's  $I$  指数来表示,计算见公式(4)。

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (4)$$

式中: $n$ 代表研究区域内单元总数; $\bar{X}$ 表示空间对象属性值的平均值; $X_i$ 和 $X_j$ 分别表示空间对象 $i$ 和 $j$ 的属性值; $W_{ij}$ 为空间对象 $i$ 和 $j$ 的空间权重矩阵。其中, $I$ 值越趋近于1,表示空间单元间联系越密切或属性值差异越小; $I$ 值越趋近于-1,表示空间单元之间分布越不集中或属性值差异越大。

此外,为了探索空间分布的局部特征差异,使用局部空间自相关分析并用局部莫兰指数 Local Moran's  $I$  表示,计算见公式(5)。

$$I_i=(X_i-\bar{X})\frac{\sum_{j=1}^nW_{ij}(X_j-\bar{X})}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n(X_i-\bar{X})^2}\quad(5)$$

局部空间自相关类型分为高-高型、低-低型、低-高型和高-低型。另外,考虑到耕地图斑的不连续性,本研究选择最近 $k$ 点关系的空间权重,当 $k$ 取3时,每个单元的邻接个数满足模型,空间权重模型拟合结果最优。

1.3.3 主成分回归分析

在处理影响因素的实际问题中,由于自变量之间存在多重共线性而影响变量之间的关系分析,主成分回归分析可以利用较少的不相关的新变量来反映原变量的大多数信息,主成分作为新变量进行回归分析,使得回归方程及参数估计更加科学可靠<sup>[20-22]</sup>。因此,本研究对耕地产能指标的影响因素进行主成分回归分析,具体方法步骤如下:

(1)对 $H$ 个自变量进行标准化处理,然后进行主成分分析,得到 $H$ 个主成分 $F_1、F_2、\cdots、F_H$ 。根据选定的自变量的累计贡献率,选取前 $Z$ 个主成分。

(2)由于前 $Z$ 个主成分基本涵盖原 $H$ 个自变量的原始数据信息,计算得到 $Z$ 个主成分的线性表达式,并建立 $Z$ 个主成分 $F_1、F_2、\cdots、F_Z$ 对应变量的多元线性回归,建立回归模型。

(3)在此基础上进行标准化自变量的回归方程运算,通过 $Z$ 个主成分的系数向量矩阵和主成分回归系数的估计量进行矩阵计算,得到回归方程。

2 结果与讨论

2.1 耕地产能空间分布及保护分区

2.1.1 耕地产能空间分布特征

依据《江苏省耕地质量和耕地产能评价试点技术方案》中的耕地产能指数划分等别标准及计算公式,统计出钟楼区耕地产能等别及耕地分布情况。钟楼区耕地产能指数区间为2 660~2 980,算术平均值为2 858,其中2 700~3 000之间的耕地面积最大,占比

达97.55%;而分布在2 400~2 700之间的耕地面积占比仅为2.45%,主要分布在新闻街道西北部、北港街道中部及西林街道西部。从空间分布格局看,钟楼区耕地产能等别呈现城区内各街道偏低、邹区镇较高的格局,与地形部位和田面坡度综合量化形成的地形特征的分布特点基本一致。另外,从自然质量条件来看,城区各街道耕地土壤有机质含量较低,对耕地产能具有较大影响。具体见表2和图1。

2.1.2 耕地产能空间自相关分析

运用GeoDa软件计算2017年钟楼区及各街道耕地产能的Global Moran's  $I$ ,用以分析耕地产能的空间相关性。2017年钟楼区耕地产能指数的Moran's  $I=0.78$ ,表明钟楼区耕地产能指数的空间集聚特征显著,即耕地产能高(低)的单元在空间上趋于集聚分布态势。

另外,剔除无耕地图斑的两个街道,以钟楼区6个街道(乡镇)为研究单元,计算每个街道内耕地产能指数的Moran's  $I$ 值,并与全区尺度下的空间自相关结果进行对比分析。全区整体耕地产能指数Moran's  $I$ 相对较大,其中,仅有新闻街道和永红街道的耕地产能指数Moran's  $I$ 值高于区级整体水平。由于五星街道的耕地图斑过于稀少,其Moran's  $I$ 较小且空间特征上的研究意义不大,其余街道及乡镇的耕地产能指数Moran's  $I$ 则围绕平均水平上下波动。总体来看,

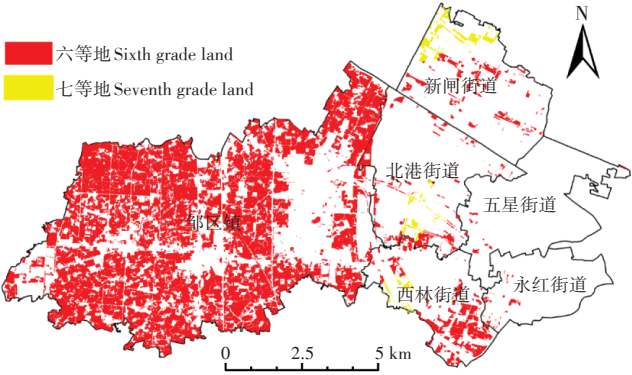


图1 钟楼区耕地产能等别  
Figure 1 Cultivated land productivity classification in Zhonglou District

表2 钟楼区耕地产能等别面积占比统计

Table 2 Statistics on the area ratio of cultivated land production capacity in Zhonglou District

| 耕地产能等别<br>Cultivated land productivity<br>classification | 耕地产能指数<br>Cultivated land<br>productivity index | 水田面积<br>Paddy field/<br>km <sup>2</sup> | 水浇地面积<br>Sewer land/<br>km <sup>2</sup> | 旱地面积<br>Dry land/<br>km <sup>2</sup> | 耕地面积<br>Cultivated area/<br>km <sup>2</sup> | 占比<br>Proportion/<br>% |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|
| 6                                                        | [2 700,3 000)                                   | 26.62                                   | 0.01                                    | 7.53                                 | 34.16                                       | 97.55                  |
| 7                                                        | [2 400,2 700)                                   | 0.29                                    | 0                                       | 0.57                                 | 0.86                                        | 2.45                   |

除去耕地图斑较少的五星街道外,其余街道及乡镇的耕地产能的空间集聚显著,表现出较强的空间正自相关性。具体见表3。

由表3可知,钟楼区耕地产能在空间上呈现显著的空间正相关性,为进一步分析空间集聚类型和具体的空间位置,对耕地产能指数进行局部空间自相关分析。结果表明,钟楼区耕地产能指数的空间自相关类型主要为HH型、LL型和非显著型(表4),其空间分布见局部空间关联聚集图(图2)。

统计结果(表4)显示,钟楼区耕地产能指数的正相关类型占比较大,HH型和LL型各有2 275、1 888个耕地图斑,面积占比达到29.11%和21.42%;LH型和HL型则各有98、108个耕地图斑,总面积占比仅达到0.88%;非显著型有3 993个耕地图斑,面积占比为48.59%。空间分布(图2)上,HH型主要集聚在邹区镇中部的大部分以及东部的零星地带;LL型则全区各街道均有分布,其中,新闸街道、北港街道、西林街道及邹区镇分布较多;LH型和HL型则零散分布于邹区镇的西北部及钟楼区东南部分街道。

## 2.2 基于局部空间自相关的耕地保护分区

区域发展理论和实践表明,空间正相关类型是空间扩散效应的客观反映,而空间负相关类型是空间极化效应的体现,根据此理论与局部空间自相关分析结果,本研究对常州市钟楼区进行耕地保护分区并提出相应保护措施。

首先,对耕地保护分区制定耕地分区规则,其中,HH型耕地是高产能耕地集聚区域,耕地自然条件及技术水平较高,耕地综合产出能力较高,此区域内的耕地应划入重点保护区,禁止非农化建设;LL型耕地属于低产能集聚区域,为提高耕地未来生产潜力,此区域应划入综合改良区,实施综合性整治;LH型耕地范围内中低产能耕地易被高产能耕地同化,具有向HH型耕地演变的态势,应划入适度保护区,重点改

良低产能耕地;HL型耕地是低产能耕地围绕高产能耕地分布的局部区域,根据空间极化效应,高产能耕地易被低产能耕地同化,具有向LL型耕地演变的态势,因此,应与非显著型耕地同时划入质量提升区,积极保护高产能耕地区。

根据耕地保护分区规则,将常州市钟楼区耕地分为重点保护区、综合改良区、适度保护区和质量提升区,具体见表5。

(1)重点保护区:主要包括邹区镇的中部以及东

表4 钟楼区耕地产能指数空间自相关类型统计

Table 4 Spatial autocorrelation type of cultivated land productivity index in the Zhonglou District

| 自相关类型<br>Autocorrelation type | 图斑数量<br>Numbers of spots | 面积<br>Area/hm <sup>2</sup> | 面积占比<br>Area ratio/% |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------|
| 高-高型(HH)                      | 2 275                    | 1 047.30                   | 29.11                |
| 低-低型(LL)                      | 1 888                    | 770.69                     | 21.42                |
| 低-高型(LH)                      | 98                       | 11.41                      | 0.32                 |
| 高-低型(HL)                      | 108                      | 20.23                      | 0.56                 |
| 非显著型                          | 3 993                    | 1 747.91                   | 48.59                |
| 合计                            | 8 362                    | 3 597.54                   | 100.00               |

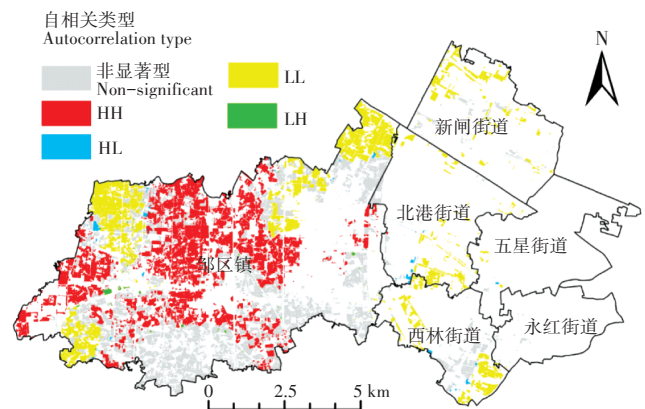


图2 钟楼区耕地产能指数局部空间关联聚集图(LISA)

Figure 2 LISA map of cultivated land productivity in the Zhonglou District

表3 钟楼区耕地产能 Moran's I 值

Table 3 Moran's I value of cultivated land productivity in Zhonglou District

| 乡镇Township | 图斑数量Numbers of spots | 耕地产能指数Cultivated land productivity index | P     | Moran's I |
|------------|----------------------|------------------------------------------|-------|-----------|
| 邹区镇        | 7 107                | 2 876                                    | 0.001 | 0.75      |
| 新闸街道       | 397                  | 2 742                                    | 0.001 | 0.86      |
| 北港街道       | 339                  | 2 782                                    | 0.001 | 0.58      |
| 五星街道       | 11                   | 2 786                                    | 0.001 | 0.06      |
| 西林街道       | 458                  | 2 788                                    | 0.001 | 0.73      |
| 永红街道       | 50                   | 2 855                                    | 0.001 | 0.92      |
| 平均值        | 1 394                | 2 805                                    | —     | 0.65      |

表5 钟楼区耕地保护分区  
Table 5 Cultivated land protection division in Zhonglou District

| 自相关类型<br>Autocorrelation type | 分区名称<br>Division name | 分区范围<br>Distribution range | 空间特征<br>Spatial characteristics     | 保护方向<br>Protection direction | 建设方向<br>Construction direction |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| HH型                           | 重点保护区                 | 邹区镇中部及东部零星地带               | 区域内耕地产能普遍较高,呈现均质状态                  | 维持现有耕地水平条件                   | 禁止非农化建设                        |
| LL型                           | 综合改良区                 | 各街道部分地区                    | 区域内耕地产能普遍较低,且集聚分布                   | 实行综合性、多样化的耕地改良措施             | 非农化建设理想区                       |
| LH型                           | 适度保护区                 | 邹区镇的西北角及东南部分街道             | 区域内耕地产能均质性较差,高产能耕地环绕低产能耕地分布         | 重点改良低产能耕地,协调耕地水平条件           | 避免非农化建设                        |
| HL型和非显著型                      | 质量提升区                 | 邹区镇、北港街道及西林街道等             | 区域内存在低产能耕地环绕高产能耕地分布和耕地产能无明显集聚性规律的耕地 | 通过综合整治、土壤改良提质增效,积极保护高产能耕地    | 适度非农化建设                        |

部的零星地带。区域内耕地产能指数较高且呈明显均质状态,应维持现有耕地的利用水平和条件,并严禁非农化建设,继而强化对周边地区的低产能耕地的扩散效应。

(2)综合改良区:全区各街道部分地区划入其中。本区域内的耕地自然条件、技术水平相对较低,投入产出相对较差,应结合实际情况积极推进各项综合改良及差别化保护措施。另外,此区域属于进行生态性耕地退林、退草等非农化建设的理想区域。

(3)适度保护区:此区域主要表现为高产能耕地环绕着低产能耕地分布,包括邹区镇的西北角及东南部分街道。在空间极化效应的影响下,高产能耕地会将处于中心的低产能耕地逐渐同化,达到HH型的均质状态。因此,此区域应以重点改良低产能耕地、适度保护高产能耕地为重点措施,以期成为HH型耕地区域的后备资源。另外,应避免低产能耕地的非农化建设,降低其对周边高产能耕地的影响。

(4)质量提升区:对于HL型和非显著型耕地区域,零星分布于邹区镇、北港街道及西林街道等区域。对于类似于凸地的HL型耕地区域和耕地空间集聚或分异特征不明显的区域,加强高产能耕地的保护力度,进行差异化土地整治、土壤改良等耕地质量提升措施。此外,本区域内较多无明显集聚或分异特征的耕地区域,可根据实际情况进行适度非农化建设。

2.3 耕地产能影响因素分析

2.3.1 影响因素选取

根据《江苏省耕地质量和耕地产能评价试点技术方案》中耕地产能指标体系,选取气候条件、耕地自然质量和技术水平3个方面的因素。气候条件包含光温生产潜力和作物产量比系数2个影响因素;耕地自然质量包含地形部位、田面坡度等11个影响因素;技

术水平包含灌溉保证程度、排水条件等6个影响因素;结合研究区数据处理情况,共分为19个影响因素。各影响因素的变异系数计算结果显示,光温生产潜力、作物产量比系数、地形部位、田面坡度、耕层质地、土体构型、盐渍化程度、农田防洪标准、灾害防治水平、农机化水平以及农艺管理水平的变异系数为0,即说明在研究区内其数据较为稳定或保持不变。由于研究区范围较小,气候条件和耕地自然质量中部分影响因素一致,发达地区的耕地技术水平较高且差异性较小,因此剔除以上11个影响因素,其余8个影响因素的变异系数均大于0,可作为耕地产能差异的自变量影响因素进一步分析,包括耕作层厚度(X1)、有机质含量(X2)、障碍层距地表深度(X3)、土壤容重(X4)、土壤养分元素(X5)、pH值(X6)、灌溉保证程度(X7)和排水条件(X8)。

2.3.2 主成分回归分析

对所有变量进行相关性分析,因变量耕地产能指数与耕作层厚度、有机质含量、障碍层距地表深度和土壤养分元素存在较强的正相关性,与pH值、灌溉保证程度和排水条件的相关性较弱,其中,耕地产能指数与土壤容重存在较弱的负相关性。在自变量之间,耕作层厚度与障碍层距地表深度的相关系数为0.969,呈显著正相关;障碍层距地表深度与土壤养分元素的相关系数为0.889,也呈显著正相关,因此,从现实和理论层面均发现自变量之间存在多重共线性,应进一步进行主成分分析,具体见表6。

运用SPSS对标准化后的自变量进行主成分分析,得到主成分提取汇总表(表7)。第一主成分的特征根为4.097,解释了51.218%的方差,即涵盖了原始数据51.22%的信息;第二主成分的特征根为1.363,解释了17.038%的方差;第三主成分的特征根为

表6 耕地产能影响因素相关性分析( $r$ )

Table 6 Correlation analysis( $r$ ) of influencing factors of cultivated land productivity

| 项目 Items     | 耕地产能<br>指数(Y) | 耕作层厚度<br>(X1) | 有机质含量<br>(X2) | 障碍层距地表<br>深度(X3) | 土壤容重<br>(X4) | 土壤养分<br>元素(X5) | pH值<br>(X6) | 灌溉保证<br>程度(X7) | 排水条件<br>(X8) |
|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------|--------------|----------------|-------------|----------------|--------------|
| 耕地产能指数(Y)    | 1             | 0.802         | 0.769         | 0.831            | -0.372       | 0.934          | 0.328       | 0.369          | 0.280        |
| 耕作层厚度(X1)    | 0.802         | 1             | 0.492         | 0.969            | -0.123       | 0.859          | 0.181       | 0.311          | 0.405        |
| 有机质含量(X2)    | 0.769         | 0.492         | 1             | 0.548            | -0.224       | 0.756          | 0.527       | 0.345          | 0.227        |
| 障碍层距地表深度(X3) | 0.831         | 0.969         | 0.548         | 1                | -0.186       | 0.889          | 0.313       | 0.375          | 0.483        |
| 土壤容重(X4)     | -0.372        | -0.123        | -0.224        | -0.186           | 1            | -0.214         | -0.211      | -0.297         | -0.395       |
| 土壤养分元素(X5)   | 0.934         | 0.859         | 0.756         | 0.889            | -0.214       | 1              | 0.351       | 0.401          | 0.366        |
| pH值(X6)      | 0.328         | 0.181         | 0.527         | 0.313            | -0.211       | 0.351          | 1           | 0.205          | 0.259        |
| 灌溉保证程度(X7)   | 0.369         | 0.311         | 0.345         | 0.375            | -0.297       | 0.401          | 0.205       | 1              | 0.718        |
| 排水条件(X8)     | 0.280         | 0.405         | 0.227         | 0.483            | -0.395       | 0.366          | 0.259       | 0.718          | 1            |

表7 主成分分析汇总

Table 7 Principal component analysis summary

| 主成分<br>Principal components | 总方差解释 Total variance interpretation |                                      |                      |                                                |                                      |                      |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                             | 初始特征值<br>Initial eigenvalue         |                                      |                      | 提取载荷平方和<br>Extracting the sum of squared loads |                                      |                      |
|                             | 特征根<br>Characteristic root          | 方差百分比 Hundred<br>of variance score/% | 累积<br>Accumulation/% | 特征根<br>Characteristic root                     | 方差百分比 Hundred<br>of variance score/% | 累积<br>Accumulation/% |
|                             |                                     |                                      |                      |                                                |                                      |                      |
| 耕作层厚度(X1)                   | 4.097                               | 51.218                               | 51.218               | 4.097                                          | 51.218                               | 51.218               |
| 有机质含量(X2)                   | 1.363                               | 17.038                               | 68.256               | 1.363                                          | 17.038                               | 68.256               |
| 障碍层距地表深度(X3)                | 1.048                               | 13.099                               | 81.355               | 1.048                                          | 13.099                               | 81.355               |
| 土壤容重(X4)                    | 0.716                               | 8.950                                | 90.305               |                                                |                                      |                      |
| 土壤养分元素(X5)                  | 0.490                               | 6.128                                | 96.433               |                                                |                                      |                      |
| pH值(X6)                     | 0.199                               | 2.488                                | 98.921               |                                                |                                      |                      |
| 灌溉保证程度(X7)                  | 0.068                               | 0.856                                | 99.777               |                                                |                                      |                      |
| 排水条件(X8)                    | 0.018                               | 0.223                                | 100                  |                                                |                                      |                      |

1.048,方差贡献率为13.099%。前三个特征根的累计贡献率达到81.355%,因此,确定选择前三个主成分建立回归模型。

从回归结果看,调整后的判定系数 $R^2$ 为0.825,即可解释因变量的82.5%的变化,拟合优度较高,并且模型通过了 $F$ 检验和 $t$ 检验,说明模型设定合理。

从主成分回归方程可见,对耕地产能指数呈现反向阻碍作用的是土壤容重,其余变量均呈现正向积极作用。

耕作层厚度、有机质含量、障碍层距地表深度和土壤养分元素对耕地产能指数的影响较大,其每增长1%会引起因变量平均增长0.424%、0.387%、0.438%、0.459%。显然,耕地自然质量方面的因素对耕地产能具有显著影响,属于主导因素。其次,pH值、灌溉保证程度和排水条件对耕地产能指数的影响较小,其每增长1%会引起因变量平均增长0.237%、0.129%、

0.133%,说明技术水平对于耕地产能指数的影响较弱,属于次要因素,但也存在一定的影响。

### 3 结论

(1)基于气候条件、耕地自然质量因素和技术水平的耕地产能体系具有适用性和可操作性,拓展了耕地产能内涵。常州市钟楼区耕地产能等别呈现城区各街道偏低、邹区镇较高的格局,主要为6等地和7等地,占比分别达到97.55%和2.45%,整体上耕地产能等别处于较高水平。

(2)钟楼区耕地产能的空间集聚特征显著,其中,新闻街道和永红街道的空间集聚性高于区级整体水平,其余街道及乡镇的耕地产能指数Moran's  $I$ 值则围绕平均水平上下波动。总体来看,除五星街道外,其余街道及乡镇的耕地产能均表现出较强的空间正自相关性。

(3)钟楼区耕地产能主要受到耕地自然质量和技术水平的影响,包括耕作层厚度、有机质含量、障碍层距地表深度和土壤养分元素4个主导因素和pH值、灌溉保证程度和排水条件3个次要因素,因此,可根据影响因素的主次关系制定针对性对策及措施,着重加强耕地自然质量方面的耕地保护措施。

(4)耕地产能内涵对指标选取和评价体系具有内在要求,但针对不同分等指标下的地区,由于耕地质量及分布情况迥异,耕地产能指标体系的适用性和科学性需要进一步论证。另外,空间分异程度与空间尺度具有密切关系,耕地产能空间分异特征具有尺度依赖性。

本研究范围相对较小,并未进行镇级、村级或者地块级等不同尺度下的空间分异研究。笔者认为,不同尺度下的耕地产能空间分异格局有所不同,镇级尺度的空间分异程度比村级和地块级尺度空间分异程度低,当研究尺度从地块级扩大到村级乃至镇级时,空间局部集聚或分异特征可能会逐渐被削弱,耕地产能空间分异格局发生变化,但对于同一区域不同尺度下的耕地产能空间分布格局整体仍具有趋同性。

#### 参考文献:

- [1] 杨建宇,杜贞容,杜振博,等.基于耕地质量评价和局部空间自相关的高标准农田划定[J].农业机械学报,2017,48(6):109-115.  
YANG Jian-yu, DU Zhen-rong, DU Zhen-bo, et al. Well-facilitated capital farmland assignment based on land quality evaluation and LISA [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2017, 48(6): 109-115.
- [2] 马瑞明,马仁会,韩冬梅,等.基于多层次指标的省域耕地质量评价体系构建[J].农业工程学报,2018,34(16):249-257.  
MA Rui-ming, MA Ren-hui, HAN Dong-mei, et al. Construction of cultivated land quality evaluation system in provincial level based on multilevel indicators[J]. *Transactions of the CSAE*, 2018, 34(16): 249-257.
- [3] 陈美球,刘桃菊.新时期提升我国耕地保护实效的思考[J].农业现代化研究,2018,39(1):1-8.  
CHEN Mei-qiu, LIU Tao-ju. Improving the effectiveness of the protection of farmland in the new era of China[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2018, 39(1): 1-8.
- [4] Acemoglu D J, Johnson S, Robinson J A. Institutions as a fundamental cause of long-run growth[M]//Aghion P, Durlauf S N. *Handbook of Economic Growth*, 2005:385-472.
- [5] Miller S, Upadhyay M. Total factor productivity and the convergence hypothesis[J]. *Journal of Macroeconomics*, 2002, 24(2):267-286.
- [6] Reddy B V S, Reddy P, Bidinger F, et al. Crop management factors influencing yield and quality of crop residues[J]. *Field Crops Research*, 2003, 84(1):57-77.
- [7] 侯现慧,王占岐,杨俊,等.基于库兹涅茨曲线的耕地集约利用对耕地实际产能的影响研究[J].长江流域资源与环境,2017,26(7):992-1000.  
HOU Xian-hui, WANG Zhan-qi, YANG Jun, et al. Validation on the Kuznets curve of cultivated land intensive use and cultivated land productivity[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, 26(7): 992-1000.
- [8] 赵瑞,吴克宁,张小丹,等.粮食主产区耕地健康产能评价——以河南省温县为例[J].中国土地科学,2019,33(2):67-75.  
ZHAO Rui, WU Ke-ning, ZHANG Xiao-dan, et al. Evaluation on farmland health productivity in main grain production areas: A case study in Wen County of Henan Province[J]. *China Land Science*, 2019, 33(2): 67-75.
- [9] 郑文聚.尽快补上耕地产能评价考核这一课[N].中国自然资源报,2019-02-26(3).  
YUN Wen-ju. Make up the assessment of farmland productivity evaluation [N]. *China Natural Resources News*, 2019-02-26(3).
- [10] 罗清泉,于婧,聂艳,等.基于产能核算的黄冈市高标准基本农田建设空间布局研究[J].农村经济与科技,2014,25(2):5-8.  
LUO Qing-quan, YU Jing, NIE Yan, et al. Research on spatial layout of high-standard basic farm construction in Huanggang City based on production capacity accounting[J]. *Rural Economy and Science-Technology*, 2014, 25(2):5-8.
- [11] 李莉,施振斌,王晓瑞,等.土地整治新增耕地质量及产能时空变化研究——以江苏省东海县为例[J].江西农业学报,2015,27(5):95-99.  
LI Li, SHI Zhen-bin, WANG Xiao-rui, et al. Analysis of spatiotemporal variations in quality and productivity of newly-increased farmland by land consolidation: Taking Donghai County in Jiangsu Province as an example[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2015, 27(5):95-99.
- [12] 王璐,黄宁生,匡耀球,等.广东省农用地产能空间分异特征研究[J].广东农业科学,2014,41(8):218-222,237.  
WANG Lu, HUANG Ning-sheng, KUANG Yao-qiu, et al. Spatial differentiation characteristics of agricultural land productivity in Guangdong Province[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(8): 218-222, 237.
- [13] 聂艳,吴学敏,何颖,等.基于产能核算和空间聚类的县级基本农田划定研究[J].长江流域资源与环境,2014,23(6):809-815.  
NIE Yan, WU Xue-min, HE Ying, et al. Demarcation method of prime farmland based on productivity and spatial clustering[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, 23(6): 809-815.
- [14] 刘文智,陈亚恒,李新旺,等.基于产能的耕地整理数量质量潜力测算方法研究——以河北省卢龙县为例[J].水土保持研究,2010,17(3):227-231.  
LIU Wen-zhi, CHEN Ya-heng, LI Xin-wang, et al. Study on the quantitative and qualitative potential of farmland consolidation on production capacity: A case study on Lulong County[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2010, 17(3):227-231.
- [15] 李陈,靳相木.基于质量提升的规划期内县域耕地产能占补平衡潜力评价[J].自然资源学报,2016,31(2):265-274.  
LI Chen, JIN Xiang-mu. Potential evaluation of requisition-compensation

- sation balance of arable land production capacity in the planning period based on quality improvement at county level[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(2):265-274.
- [16] 宋戈, 邹朝晖, 王越. 东北粮食主产区县域耕地产能核算及其影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(24):308-317.  
SONG Ge, ZOU Chao-hui, WANG Yue. Calculation of county cultivated land productivity and its analysis of influential factors of grain main production area in northeast China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2014, 30(24):308-317.
- [17] 晏蔚楠, 夏建国, 陈星燎, 等. 基于GIS-ESDA的四川省耕地产能分异特征及耕地单产主导因子分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(8):279-284.  
YAN Wei-nan, XIA Jian-guo, CHEN Xing-liao, et al. Analysis of the differentiation characteristics of cultivated land productivity and the leading factors of cultivated land yield in Sichuan Province based on GIS-ESDA[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(8):279-284.
- [18] 杨建波, 王莉, 宋富强, 等. 粮食主产区耕地质量影响因素与粮食产能关系分析[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(9):15-22.  
YANG Jian-bo, WANG Li, SONG Fu-qiang, et al. Major grain-producing areas of cultivated land quality influence factors and grain production capacity relationship analysis[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2017, 38(9):15-22.
- [19] 陈红宇, 朱道林, 鄢文聚, 等. 嘉兴市耕地细碎化和空间集聚格局分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4):235-242.  
CHEN Hong-yu, ZHU Dao-lin, YUN Wen-ju, et al. Analysis on cultivated land fragmentation and spatial agglomeration pattern in Jiaxing City [J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(4):235-242.
- [20] 张超, 张海锋, 杨建宇, 等. 耕地自然质量空间分布及其影响因素分析——以北京市大兴区为例[J]. 测绘学报, 2015, 44(S1):75-81.  
ZHANG Chao, ZHANG Hai-feng, YANG Jian-yu, et al. Spatial distribution and influential factors of arable land quality: A case study in Daxing District of Beijing[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2015, 44(S1):75-81.
- [21] 吴美琼, 陈秀贵. 基于主成分分析法的钦州市耕地面积变化及其驱动力分析[J]. 地理科学, 2014, 34(1):54-59.  
WU Mei-qiong, CHEN Xiu-gui. Changes in arable land area in Qinzhou City and its driving force based on the principle component analysis[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(1):54-59.
- [22] 何斌, 王全九, 吴迪, 等. 基于主成分分析和层次分析法相结合的陕西省农业干旱风险评估[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(1):219-227.  
HE Bin, WANG Quan-jiu, WU Di, et al. Agricultural drought risk assessment in Shaanxi Province using principal component analysis and AHP[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2017, 35(1):219-227.