



# 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>

## 县域耕地质量等别监测分区布点研究

谢英凯, 杨颢, 胡月明, 刘振华, 赵理

引用本文:

谢英凯, 杨颢, 胡月明, 等. 县域耕地质量等别监测分区布点研究[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(6): 845–855.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0468>

## 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, 缙武龙, 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>

### 基于限制因素分析的耕地质量提升分区——以长春市九台区为例

黄梦佳, 李淑杰, 杜婉婷, 曹竞文, 齐鲁

农业资源与环境学报. 2019, 36(3): 272–278 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0096>

### 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>

### 弃耕行为对亚热带农田土壤有机质时空变化作用机理研究

张童瑶, 胡月明, 任向宁, 陈飞香, 冯雪珂

农业资源与环境学报. 2020, 37(6): 805–817 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0480>

### 华北小麦玉米轮作区耕地地力等级划分及特征

薛彦东, 辛景树, 任意, 万广华, 张桂兰, 杨瑞让

农业资源与环境学报. 2015(6): 530–536 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0146>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

谢英凯, 杨颢, 胡月明, 等. 县域耕地质量等别监测分区布点研究[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(6): 845–855.

XIE Ying-kai, YANG Hao, HU Yue-ming, et al. Study on sampling design for monitoring cultivated land quality at a county scale[J].

Journal of Agricultural Resources and Environment, 2020, 37(6): 845–855.



开放科学 OSID

## 县域耕地质量等别监测分区布点研究

谢英凯<sup>1,2,3,4,5</sup>, 杨颢<sup>1,2,3,4</sup>, 胡月明<sup>1,2,3,4,5\*</sup>, 刘振华<sup>1,2,3,4</sup>, 赵理<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 华南农业大学资源环境学院, 广州 510642; 2. 自然资源部建设用再开发重点实验室, 广州 510642; 3. 广东省土地利用与整治重点实验室, 广州 510642; 4. 广东省土地信息工程技术研究中心, 广州 510642; 5. 广州市华南自然资源科学技术研究院, 广州 510642)

**摘要:** 为准确掌握耕地质量等别空间分布特征, 提高县域耕地质量监测效率, 完善其监测体系, 本研究以广州市从化区为例, 基于耕地质量监测成果以及土壤、环境因子等数据, 通过空间统计学、空间叠加等方法对县域耕地质量等别监测分区布点进行研究。结果表明, 考虑土壤、地貌、土地利用水平、土地经济效益以及耕地质量渐变类型等因素, 从化区共划分为 26 个耕地质量监测区。依据空间分层抽样原理, 结合研究区内国家标准样地、沟渠、道路、村庄、基本农田等因素在空间上对监测样点进行调整, 最终确定了 111 个监测样点。经统计检验表明, 监测样点在总体耕地分等单元中具有较高的代表性。以此建立的县域耕地质量监测体系可为自然资源部门的耕地质量监测监管提供技术支持。

**关键词:** 耕地质量; 等别; 监测分区; 监测样点; 从化区

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2020)06-0845-11

doi: 10.13254/j.jare.2020.0468

### Study on sampling design for monitoring cultivated land quality at a county scale

XIE Ying-kai<sup>1,2,3,4,5</sup>, YANG Hao<sup>1,2,3,4</sup>, HU Yue-ming<sup>1,2,3,4,5\*</sup>, LIU Zhen-hua<sup>1,2,3,4</sup>, ZHAO Li<sup>1,2,3,4</sup>

(1. College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Key Laboratory of the Ministry of Natural Resources for Construction Land Transformation, Guangzhou 510642, China; 3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Land Use and Reconstruction, Guangzhou 510642, China; 4. Guangdong Province Engineering Research Center for Land Information Technology, Guangzhou 510642, China; 5. South China Academy of Natural Resources Science and Technology, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In order to accurately grasp the spatial distribution characteristics of cultivated land quality grades, improve the efficiency of county cultivated land quality monitoring, and complete its monitoring system, in this study, Conghua District in Guangzhou City had been taken as an example, based on cultivated land quality monitoring results, soil, environmental factors and other data, studying sampling design by monitoring cultivated land quality at a county scale through spatial statistics and spatial superposition. By considering factors such as soil, landforms, land use level, land economic benefits, and gradual types of cultivated land quality, Conghua District was divided into 26 cultivated land quality monitoring areas. Based on the spatial stratified sampling principle of spatial statistics, and combined with the national standard sample plots, ditches, roads, villages, basic farmland, and other factors in the study area, the monitoring samples were adjusted spatially, and 111 monitoring samples were finally determined. The statistical test showed that the monitoring samples were highly representative in the overall cultivated land grading unit. The county-level cultivated land quality monitoring system established on this basis can provide technical support for the natural resources department's cultivated land quality monitoring and supervision.

**Keywords:** cultivated land quality; grades; monitoring areas; monitoring samples; Conghua District

收稿日期: 2020-08-28 录用日期: 2020-09-27

作者简介: 谢英凯(1996—), 男, 广东广州人, 硕士, 助理工程师, 主要从事自然资源调查监测技术研究。E-mail: 978229996@qq.com

\*通信作者: 胡月明 E-mail: yueminghugis@163.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(U1901601); 国家重点研发计划(2018YFD1100103); 广东省科技兴农-农业科技创新及推广项目(2019KJ102-3)

Project supported: National Natural Science Foundation of China(U1901601); National Key R&D Program(2018YFD1100103); Guangdong Province Science and Technology Prospering Agriculture-Agricultural Technology Innovation and Promotion Project(2019KJ102-3)

耕地作为最重要的自然资源之一,是农业生产过程中不可或缺的基本生产资料,其长期承载着食物供给、质能循环守恒与物候变化调节等多重功能,对保障人类生存安全、全球粮食安全与生态安全具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。然而,进入21世纪后,随着城市化、工业化和全球化快速发展,大量耕地被占用或被非农化、非粮化利用,产生耕地污染、抛荒等问题,直接或间接地导致耕地质量的下降<sup>[3-5]</sup>;另一方面,我国耕地质量总体形势不容乐观,中低产地面积约占耕地面积的70%,而且占优补劣、质量退化、生态污染等问题严重<sup>[6]</sup>。耕地质量监测工作是以“以点带面”的形式反映总体耕地质量特征,实现一定区域内耕地质量监测,其主要以农用地分等成果为基础<sup>[7]</sup>,通过布设一定数量具有代表性的监测点,借助监测点获取耕地质量的变化情况<sup>[8]</sup>。因此,为快速掌握耕地质量等别信息,提高耕地质量监测效率,亟需加强耕地质量监测分区布点研究。

目前,耕地质量监测主要是在不同等级的耕地上布设监测单元,采用资料收集与单元调查相结合的方式,对所有影响单元耕地等别的因素进行监测。为快速、动态、全面地掌握耕地质量状况,提升耕地质量监测效率,国内外学者针对耕地质量监测分区布点开展了一系列的研究。其中加拿大最早开展土壤质量监测<sup>[9]</sup>,在全国范围内针对不同的地貌类型和土壤布设了23个监测样点,构建土壤质量监测网络体系。美国实施国家资源清单计划<sup>[10]</sup>,采用网格法,根据统计学原理,对样点进行均匀布设,开展国家资源的采样调查。国内众多学者通过结合耕地质量分等成果划分耕地自然质量控制区、土地利用分区、土地经济等值区等区域,利用ArcGIS空间叠加功能或聚类分析方法划定耕地质量监测分区<sup>[8,11-15]</sup>,对耕地质量监测点布设进行研究。余慧敏等<sup>[16]</sup>通过自然等指数计算耕地质量的提等潜力指数,按照潜力大小划分耕地质量监测类型区,依据提升潜力指数-主导因素按各监测区面积比例布设监测点。吴克宁等<sup>[17]</sup>将标准样地与耕地动态监测相结合,对基于标准样的耕地质量动态监测点布设进行探索。马建辉等<sup>[18]</sup>建立了一套以县级为单位的包括指标体系、网络体系、评价体系和组织体系的耕地质量监测体系。

前人对耕地质量监测研究大多从宏观角度提出,且仅停留在监测体系的整体设计阶段<sup>[9]</sup>,对于耕地质量监测分区布点并没有充分考虑已有耕地质量基础数据,与实际结合不够充分,存在监测区划分考虑因

素不全面、监测样点布设脱离实际、全局代表性不足等问题。县级层面是我国耕地质量管理的主体<sup>[12]</sup>,基于县域的监测分区布点是耕地质量监测的基础。因此,本研究选取广州市从化区作为研究区,结合耕地质量等级调查评价累积的基础资料以及相关的社会经济数据,对县级耕地质量监测分区布点进行研究,以完善县域耕地质量监测体系,从而为自然资源部门的耕地质量监测监管提供方法支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

广州市从化区地处广东省中部,广州市东北面,珠江三角洲到粤北山区的过渡带(图1),位于东经113°17'~114°04'、北纬23°22'~23°56',全区总面积2 009 km<sup>2</sup>。在地形方面,从化属于山地丘陵区,地势自北向南倾斜,东北高、西南低,地形呈阶梯状,东北部以山地、丘陵为主,中南部以丘陵、谷地为主,西部以丘陵、台地为主。在水文方面,从化区水资源较丰富,主要有流溪河、潞江河和连麻河三大水系。在气候方面,从化区属于亚热带季风气候,年平均气温19.5~21.4℃,全年气候温和,雨量丰沛。在土壤资源方面,从化区是广东省典型赤红壤区之一,主要有赤

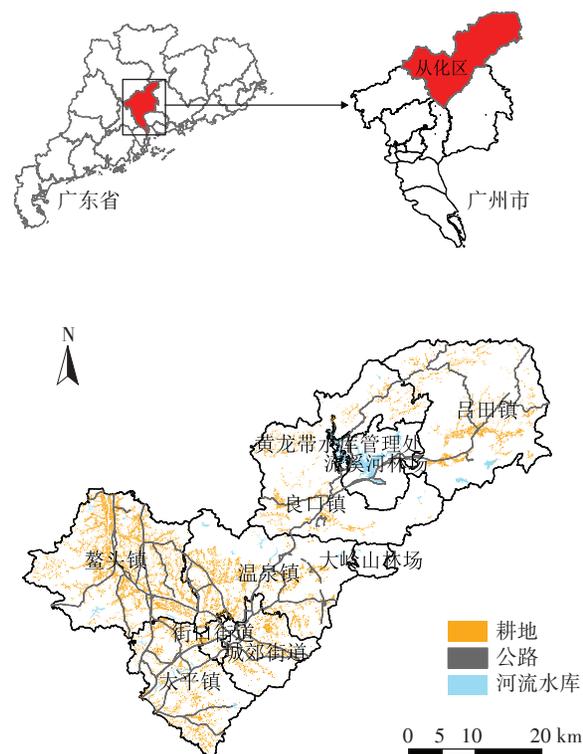


图1 从化区地理位置图

Figure 1 Conghua District geographic location map

红壤、水稻土、黄壤和红壤等土类,其中水稻土是从化区面积最大的耕作土类。按照《农用地分等规程》中划分的标准耕作制度,从化区属于国家一级区中的华南地区,国家二级区中的华南低平原区,省二级区中的珠江三角洲平原区。

## 1.2 数据来源

从化区数据来源:①耕地质量成果主要来源于《从化区耕地质量监测成果》(2016年)、《从化区耕地质量等别年度更新》(2016年);②地貌类型主要来源于《广州市1:100万地貌数据》;③土壤数据主要来源于《广州市土壤图》;④土地利用现状主要来源于《从化区土地利用总体规划(2010—2020年)》数据成果;⑤社会经济数据来源于2018年《从化区统计年鉴》。

## 1.3 县域耕地质量等别监测分区布点方法

### 1.3.1 监测分区划分方法

监测区是指区域内各自然、社会、经济等因素相对均一,不同监测区有明显差异的区域<sup>[12]</sup>。影响耕地质量的自然因素主要有气候、土壤、水文、海拔、地质、地貌、生物等,各因素之间相互联系、相互影响、相互制约,以不同的形式、从不同的方面、按不同程度影响着耕地质量综合状况,因此,本研究根据气候、地貌、土壤等自然因素,考虑研究区内环境状况及耕地类型的分布,划分耕地自然质量控制区。影响土地利用水平的因素主要有农田基础设施、种植作物产量、土地整理等,而耕地的利用水平可通过耕地所种植作物的产量体现,为综合反映耕地利用水平因素,本研究依据《农用地质量分等规程》(GB/T 28407—2012)和《广东省农用地分等国家与省级二级区参数》,计算研究区内耕地图斑种植作物的实际产量与耕作制度区域内的最大粮食产量之间的比值,以获取土地利用系数从而划分土地利用控制区。影响耕地经济效益的因素主要有耕地的投入、产出、利用方式,为综合反映耕地的经济效益因素,本研究依据《农用地质量分等规程》(GB/T 28407—2012)和《广东省农用地分等国家与省级二级区参数》,计算研究区内耕地图斑的“产量-成本”指数与耕作制度区域内的最大“产量-成本”指数的比值,以获取土地经济系数,从而划分土地经济等值区<sup>[12]</sup>。此外,耕地质量等别监测工作的首要问题是确定项目区内具有代表性、典型性的耕地质量渐变类型<sup>[20]</sup>,因此,本研究基于研究区的自然、社会因素,结合历年的耕地质量监测结果划分耕地质量渐变类型区。最后综合耕地自然质量控制区、土地利用控制区、土地经济等值区以及耕地质量渐变类型区,按

照相似性原则、区域差异性原则、综合性和主动因素原则、空间连续性原则以及界线完整性等原则确定县域耕地质量监测分区。

### 1.3.2 基于空间统计学的监测样点数量确定方法

空间统计学以具有空间分布特点的区域化变量理论为基础,可研究空间分布数据的结构性和随机性、空间相关性和依赖性等,目前已成为具有坚实理论基础和实用价值的数学工具,其与传统统计学相比,不仅考虑了样本值的成本,还考虑样本的空间位置以及相互之间的距离。因此,在具有空间位置的县级耕地质量等别监测中,通过空间统计学确定样本容量科学合理。本研究通过空间分层抽样模型确定监测样点数量( $x$ ),具体见公式(1)和(2)<sup>[21]</sup>:

$$W_k = \frac{n_k}{n} \quad (1)$$

$$x = \frac{\sum_{k=1}^L (W_k \times S_k \times \sqrt{C_k})}{y + \left(\frac{1}{n}\right) \times \sum_{k=1}^L W_k \times S_k^2} \quad (2)$$

式中: $W_k$ 为第 $k$ 个等别耕地的权重; $n_k$ 为监测区内 $k$ 等别耕地的图斑个数; $n$ 为监测区内耕地的图斑个数; $x$ 为满足 $y$ 抽样精度所需的监测样点数; $y$ 为 $x$ 个样点下的样本估计值的方差; $k$ 为监测分区内耕地国家自然等别; $L$ 为监测区内最大的耕地国家自然等别; $S_k$ 为 $k$ 个国家自然等别指数的标准差; $C_k$ 为调查 $k$ 等级耕地的单样本费用。

各监测分区监测样点数量的确定,按面积比例大小进行分配,各监测分区样本数量计算见公式(3):

$$x_h = (M_h/M) \times x \quad (3)$$

式中: $x_h$ 为 $h$ 层的样本容量; $M_h$ 为 $h$ 层的耕地面积; $M$ 为研究区耕地总面积; $x$ 为样本容量。

### 1.3.3 监测样点布设方法

基于空间统计学的空间分层抽样模型确定最优的样本数量后,结合实际工作经验,考虑成本及样点真实性等因素,选取的监测样点应远离村庄等易受人干扰的位置,并与道路、沟渠等因素保持一定的缓冲距离,综合考虑研究区内村庄、道路、水系、田间灌排沟渠等因素,确定一定的缓冲距离,监测样点一般布设在沟渠10~30 m以外、道路的50~150 m之间以及村庄的100 m以外,可利用ArcGIS缓冲分析功能选取沟渠中心线作为20 m的缓冲区、以道路的中心线分别作为50 m和150 m缓冲区以及选择村庄的外围线作为100 m的缓冲区<sup>[22]</sup>,对监测样点布设位置进行初步调整,并结合研究区内标准样地、基本农田等历

史数据确定最佳的布设范围,进而在空间上依据代表性、典型性和稳定性等原则完成监测样点的布设,要求尽量选取在面积较大的耕地图斑,每一个监测分区、每一地类以及每一国家自然等别均需布设监测样点。县域耕地质量等别监测分区布点流程如图2所示。

### 1.3.4 监测样点代表性程度检验分析方法

在统计学中,常用平均数来描述一组变量值的集中位置或平均水平,集中趋势和离散程度是关于数据分布的基本测度,其中集中趋势是指一组数据所趋向的中心数值,通过计算众数、中位数、均值等统计指标来表述数据所趋向的这一中心数值的一般水平,是对各数据水平的概括性度量;离散程度是描述观测值偏离中心位置的趋势,通过计算标准差、方差、偏度、峰度等统计指标反映观测值偏离中心的分布情况和数据资料的变异程度。本研究通过SPSS软件计算监测样点和耕地图斑国家自然等别的均值、众数、中位数、标准差、方差、偏度、峰度、极大极小值等统计指标来对比分析,反映两者间的集中、离散趋势是否相近,从而反映所布设监测样点在研究区内的耕地中是否具有代表性。通过对监测样点在各主要要素上的监测样点数量百分比与研究区耕地面积百分比的分布趋势进行对比分析来检验监测样点代表性程度,根据两者之间的趋势是否一致来判断监测样点代表性程度的高低,从而确定监测样点布设的合理性和代表性。进行对比的主要因素为:国家自然等别、耕地类型、土

壤类型、地貌、土地利用系数、土地经济系数以及耕地渐变类型等。

## 2 结果与分析

### 2.1 耕地质量等别监测分区的划分

从化区是山地丘陵区,主要以山地为主,海拔在31~1 210 m之间,是广东省典型赤红壤区之一,本研究通过选取土壤类型和地貌,通过数据整合、调整等预处理过程分别形成土壤类型控制区和地貌类型控制区,再用ArcGIS空间叠加功能,形成耕地自然质量控制区;基于从化区耕地质量分等数据库对土地利用系数和土地经济系数分别进行标准化,划分出土地利用控制区和土地经济等值区;根据从化区耕地质量动态监测成果数据库,得到耕地质量渐变类型区,各监测类型区划分标准如表1所示。

利用ArcGIS空间叠加功能,对自然质量控制区、土地利用控制区、土地经济等值区和耕地质量渐变类型区进行叠加分析,结合从化区村镇界线,并将面积小的单元进行邻近合并,最终将研究区划分为26个耕地质量等别监测区并以JCQ01~JCQ26的形式依次命名(表2和图3)。每一个监测区主要由“土壤类型-地貌-土地利用控制区-土地经济等值区-耕地质量渐变类型区”为组合的因素进行划分。

### 2.2 监测样点数量确定

通过空间分层抽样模型计算监测样点数量时,选取国家自然等别作为分层,假设每个耕地分等单元的

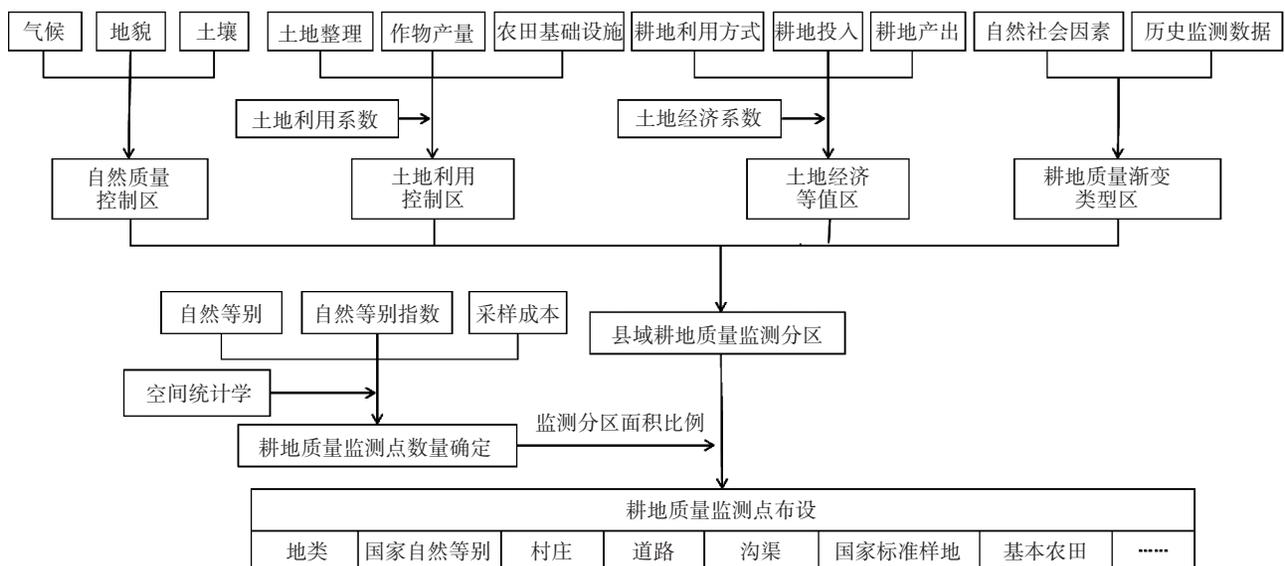


图2 县域耕地质量等别监测分区布点流程图

Figure 2 Flow chart of arable land quality monitoring zone layout in county level

表1 监测类型区划分标准

Table 1 Standards for monitoring area classification

监测类型区 Monitoring type zone	类别 Category			
土壤类型控制区 Soil type control zone	赤红壤	红壤	水稻土	黄壤
地貌类型控制区 Landform type control zone	丘陵	山地	平原	—
土地利用控制区 Land use control area	高(0~0.35)	中(0.35~0.70)	低(0.70~1.00)	—
土地经济等值区 Land economic equivalent zone	高(0~0.35)	中(0.35~0.70)	低(0.70~1.00)	—
耕地质量渐变类型区 Cultivated land quality gradient type zone	肥力衰退 I 型	肥力衰退 II 型	肥力提升 I 型	肥力提升 II 型

表2 广州市从化区监测分区属性值

Table 2 Attribute values of monitoring area in Conghua District, Guangzhou City

监测区 Monitoring partition	土壤分区 Soil zoning	地貌分区 Geomorphic zoning	土地利用控制区 Land use control area	土地经济等值区 Land economic equivalent zone	耕地质量渐变类型区 Cultivated land quality gradient type zone
JCQ01	赤红壤	山地	高	高	肥力衰退 II 型
JCQ02	水稻土	山地	高	高	肥力衰退 II 型
JCQ03	水稻土	山地	高	高	肥力提升 II 型
JCQ04	水稻土	丘陵	高	高	肥力衰退 I 型
JCQ05	水稻土	山地	高	高	肥力衰退 I 型
JCQ06	赤红壤	丘陵	高	高	肥力提升 II 型
JCQ07	赤红壤	平原	高	高	肥力衰退 I 型
JCQ08	赤红壤	平原	高	高	肥力提升 II 型
JCQ09	赤红壤	丘陵	中	中	肥力提升 I 型
JCQ10	赤红壤	丘陵	低	中	肥力提升 I 型
JCQ11	赤红壤	丘陵	中	中	肥力提升 I 型
JCQ12	赤红壤	山地	中	低	肥力提升 I 型
JCQ13	赤红壤	平原	中	中	肥力衰退 I 型
JCQ14	赤红壤	山地	中	中	肥力提升 I 型
JCQ15	赤红壤	山地	低	中	肥力提升 I 型
JCQ16	红壤	丘陵	中	低	肥力提升 I 型
JCQ17	赤红壤	丘陵	中	低	肥力提升 I 型
JCQ18	水稻土	山地	中	低	肥力提升 I 型
JCQ19	赤红壤	平原	中	中	肥力提升 II 型
JCQ20	赤红壤	山地	中	中	肥力衰退 I 型
JCQ21	水稻土	山地	高	高	肥力衰退 I 型
JCQ22	赤红壤	山地	高	高	肥力衰退 I 型
JCQ23	赤红壤	山地	中	中	肥力衰退 I 型
JCQ24	红壤	山地	中	中	肥力提升 I 型
JCQ25	黄壤	山地	中	低	肥力提升 I 型
JCQ26	红壤	山地	中	低	肥力提升 I 型

采样费用相同,设为单位1,代入耕地分等单元的相关数据,得到的相关方程如公式(4)和公式(5):

$$y=11\ 038.344\ 2/x-0.673\ 5 \quad (4)$$

$$y'=-11\ 038.344\ 2/x^2 \quad (5)$$

式中: $y$ 为样本估计值的方差,即监测精度; $x$ 为监测样点数量。

由图4可知, $y$ 越接近0表明样本估计的标准差

越小, $y'$ (斜率)越接近0表明函数的标准差变化越小。考虑采样成本以及标准差的大小,本研究选取 $y'=1$ 作为阈值,则监测样点数至少为 $x=105$ 。

根据国家自然等别、国家自然等别指数标准差、采样成本等因素,基于公式(2)初步确定研究区的理论监测样点数量以后,再由公式(3),确定各监测分区的理论样本数量,计算的各监测分区样本数量并不是

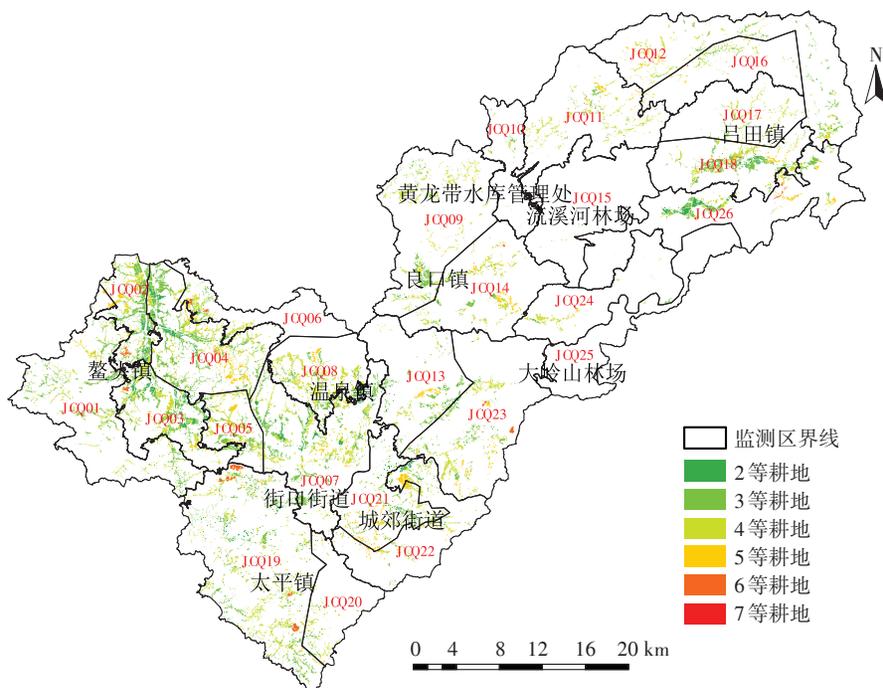


图3 从化区耕地质量监测区分布

Figure 3 Distribution of cultivated land quality monitoring area in Conghua District

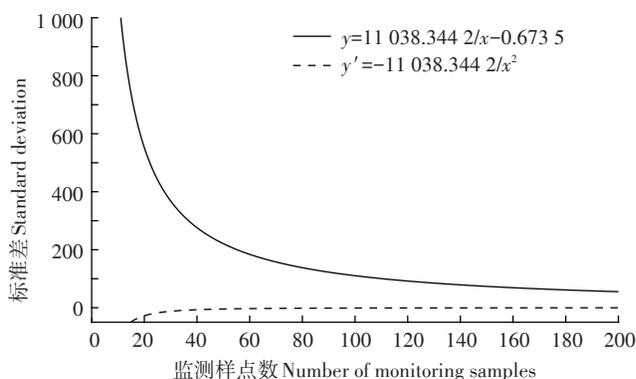


图4 样点数及标准差变化对比图

Figure 4 Comparison of sample points and standard deviation changes

整数,而每个监测分区均需布设监测样点,因此不足1的数量确定为1,并考虑各监测分区的耕地国家自然等别和耕地类型,若数量不足以反映监测分区的区域特征,可适当增加监测样点数量;若足以反映监测分区特征则可减少监测样点数量。最终确定研究区监测样点数量为111个。监测样点数量详情见表3。

### 2.3 监测样点布设

耕地质量监测样点的布设需具有代表性,应覆盖每一个监测区以及耕地类型和耕地国家自然等别。

为方便管理,实现监测样点与耕地属性在空间上的一致性,选取的样点应与耕地图斑相对应。

基于各监测区确定的监测样点数,结合监测区内耕地类型和耕地国家自然等别的面积大小选取监测样点。如JCQ01需要布设6个监测样点,监测区内的耕地国家自然等别为2、3、4等和5等,比例分别为0.74%、56.16%、36.76%和6.33%,耕地类型有旱地、水浇地和水田,比例分别为4.30%、4.68%和91.02%;其中3等水田和4等水田占监测区内耕地面积最大,分别为54.00%、34.07%,其次是5等旱地,占耕地面积3.98%,共占该监测区内耕地面积的92.05%;故根据面积大小,监测样点布设在3、4等水田和5等旱地上,监测样点数分别为3、2和1。按照此规则依次确定各监测区内所布设样点的耕地国家自然等别和耕地类型。考虑成本及样点真实性等因素,选取沟渠中心线作为20 m的缓冲区、以道路的中心线分别作为50 m和150 m缓冲区以及选择村庄的外围线作为100 m的缓冲区,所选取的监测样点结合研究区内国家标准样地、沟渠、道路、村庄、基本农田等因素进行调整,在空间上完成监测样点的布设,如表4、图5所示。

### 2.4 监测样点代表性检验与分析

通过对从化区全部耕地分等单元和选取监

表3 监测区监测样点数量

Table 3 Number of monitoring samples in the monitoring area

监测区 Monitoring partition	耕地面积 Cultivated land area/ hm <sup>2</sup>	耕地面积比例 Cultivated land area ratio/%	理论样本 数量 Theoretical sample number	调整后理论样本 数量 Adjusted theoretical sample number
JCQ01	829.1	5.87	6.16	6
JCQ02	964.9	6.83	7.17	7
JCQ03	1 184.2	8.38	8.80	9
JCQ04	1 723.9	12.20	12.81	12
JCQ05	553.0	3.91	4.11	5
JCQ06	332.6	2.35	2.47	3
JCQ07	1 390.9	9.85	10.34	10
JCQ08	724.1	5.13	5.38	5
JCQ09	578.6	4.10	4.30	4
JCQ10	38.5	0.27	0.29	1
JCQ11	336.6	2.38	2.50	3
JCQ12	408.9	2.89	3.04	3
JCQ13	336.1	2.38	2.50	3
JCQ14	403.2	2.85	3.00	3
JCQ15	3.7	0.03	0.03	1
JCQ16	146.4	1.04	1.09	2
JCQ17	183.5	1.30	1.36	1
JCQ18	707.1	5.01	5.26	6
JCQ19	1 218.7	8.63	9.06	9
JCQ20	110.3	0.78	0.82	1
JCQ21	436.0	3.09	3.24	4
JCQ22	353.1	2.50	2.62	3
JCQ23	492.8	3.49	3.66	4
JCQ24	115.1	0.81	0.86	1
JCQ25	2.1	0.02	0.02	1
JCQ26	551.9	3.91	4.10	4
总计	14 125.3	100.00	105.00	111

测样点的国家耕地自然等别做统计检验,结果见表5。

根据统计检验结果(表5)可知,从化区耕地分等单元和监测样点的国家自然等别的中位数、全距、极大值和极小值均相同,分别为4、5、7和2,耕地分等单元的均值为3.58,标准误差为0.006,样本点的均值为3.66,标准误差为0.089,所以总体耕地与选取的监测样点均值差别不大。另外总体耕地分等单元的众数为4,监测样点的众数为3,两者不同的原因是研究区内国家自然等别4等耕地的图斑比较细碎,实际上总体耕地中国家自然等别3等耕地的面积大于国家自然等别4等耕地的面积,所以选取的监测样点中3等耕地的数量较多,由此表明两者间集中趋势一致;耕地分等单元的标准偏差和方差分别为0.732和0.536,

表4 监测样点选取数量表

Table 4 Selection number of monitoring samples

监测区 Monitoring partition	耕地类型 Cultivated land type	国家自然等别 National nature grading					总计 Total	
		2等	3等	4等	5等	6等		7等
JCQ01	旱地				1		1	
	水田		3	2			5	
JCQ02	旱地				1		1	
	水田	1	4	1			6	
JCQ03	旱地			1			1	
	水浇地		1				1	
JCQ04	水田	1	4	2			7	
	旱地				1		1	
	水浇地	1	1				2	
	水田	1	6	2			9	
JCQ05	水浇地				1		1	
	水田		1	3			4	
JCQ06	旱地			1			1	
	水田		1	1			2	
JCQ07	水浇地		1	1			2	
	水田	1	4	3			8	
JCQ08	水田		1	3	1		5	
JCQ09	水田		2	2			4	
JCQ10	水浇地			1			1	
JCQ11	水田		1	1	1		3	
JCQ12	水田		1	1	1		3	
JCQ13	水田		2	1			3	
JCQ14	水田		1	2			3	
JCQ15	水浇地			1			1	
JCQ16	水田		1	1			2	
JCQ17	水田			1			1	
JCQ18	水浇地		1	1		1	3	
	水田		2	1			3	
JCQ19	旱地					1	1	
	水田	1	3	3	1		8	
JCQ20	水田			1			1	
JCQ21	水田		2	1	1		4	
JCQ22	旱地				1		1	
	水田		1	1			2	
JCQ23	旱地					1	1	
	水田		1	1	1		3	
JCQ24	水田			1			1	
JCQ25	水田			1			1	
JCQ26	水浇地						1	
	水田	1	1			1	3	
总计		7	46	42	11	4	1	111

监测样点的标准偏差和方差分别为0.939和0.882,总体上较为一致。耕地分等单元的偏度和峰度值分别

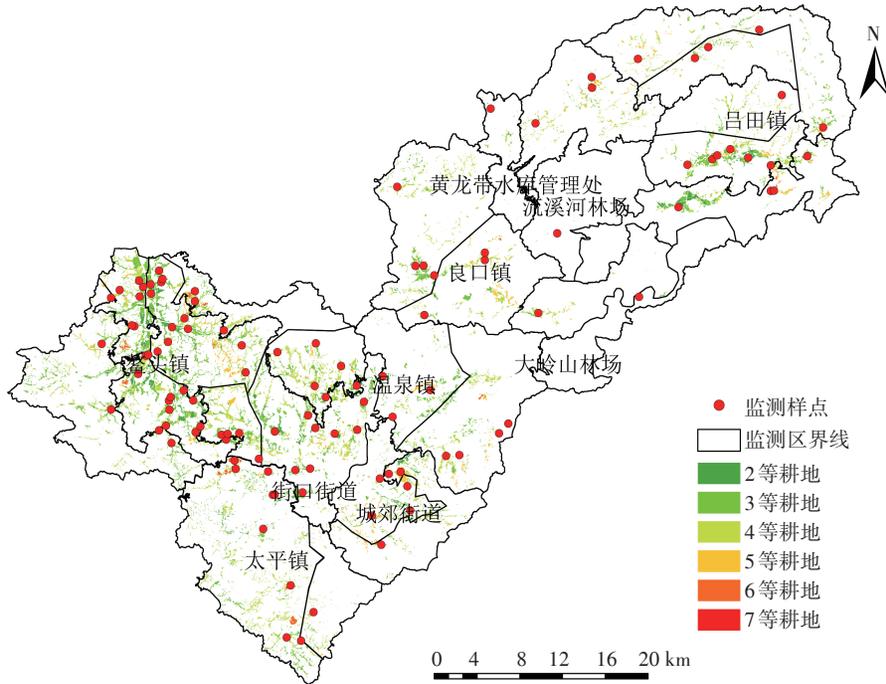


图5 从化区耕地国家自然等别监测样点分布

Figure 5 Samples distribution of national natural classification monitoring of the cultivated land in Conghua District

表5 从化区监测样点代表性检验

Table 5 Representative inspection of monitoring samples in Conghua District

统计量 Statistics	监测样点 Monitoring sample	耕地分等图斑 Cultivated land classification map
监测样点数量	111	16 877
均值	3.66	3.58
均值标准误差	0.089	0.006
众数	3	4
中位数	4	4
标准偏差	0.939	0.732
方差	0.882	0.536
偏度	0.806	0.189
偏度标准误差	0.229	0.019
峰度	1.151	0.080
峰度标准误差	0.455	0.038
全距	5	5
极大值	7	7
极小值	2	2

为 0.189 和 0.080, 监测样点的偏度和峰度值分别为 0.806 和 1.151, 两者的偏度和峰度值均大于 0, 离散程度均偏向右侧, 与正态分布相比均为尖顶峰, 说明所选取监测样点在总体耕地分等单元中具有较好的代表性。

通过选取影响和代表耕地质量的国家自然等别、耕地类型、土壤类型、地貌、土地利用系数、土地经济系数以及耕地渐变类型等因素, 计算监测样点在各因素中的数量比例并与总体耕地分等单元在各因素中的面积比例进行对比分析, 根据两者趋势是否一致来进一步验证监测样点是否具有代表性。由图 6 可知, 各因素的监测样点数量比例与总体耕地分等单元的面积比例基本一致, 因此, 所选取的监测样点在总体耕地分等单元中代表性较高。

### 3 讨论

耕地是自然土地受人类干预形成的综合体<sup>[2,18]</sup>, 影响耕地质量状况的“环境因子”(自然因子和人为因子)众多, 耕地质量的变化不能忽视人为因素产生的影响<sup>[17,20]</sup>。本研究按照监测区地类、国家自然等别以及耕地面积大小, 综合考虑研究区国家标准样地、基本农田、沟渠、道路、村庄等耕地质量管理因素, 在空间上完成监测样点布设, 布设结果能集中分布在耕地比较多的地区, 并能反映耕地类型和等别等属性, 具有较好的代表性和科学性。然而, 由于数据的可获取性, 对当年新增耕地以及相关土地整理项目缺乏考虑, 需另外考虑布设动态监测样点进行实时监测。

本研究主要是通过统计方法进行监测样点代表性检验, 选取标准偏差、方差、偏度、峰度等统计指标

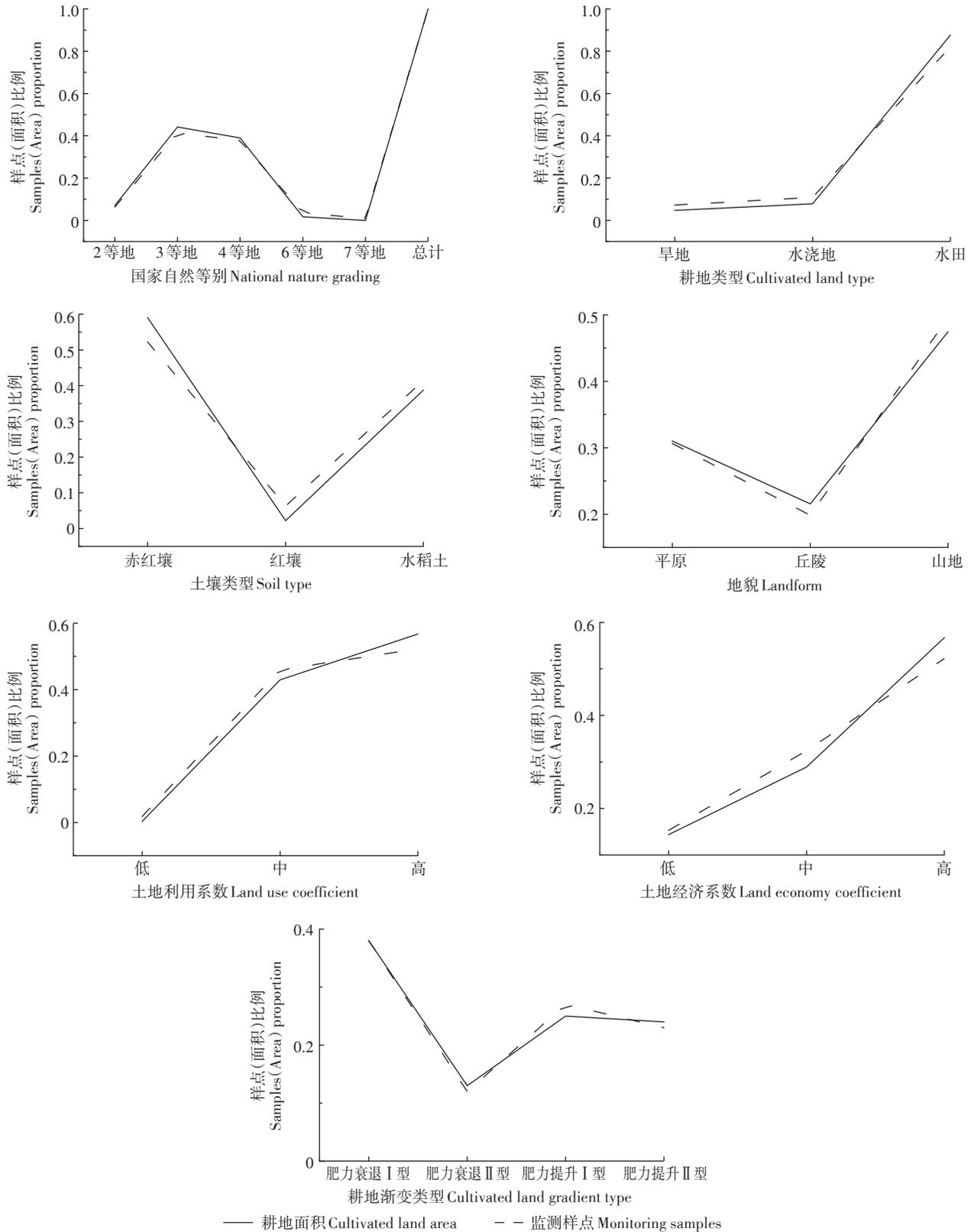


图6 从化区监测样点代表性分析

Figure 6 Representative analysis of monitoring samples in Conghua District

为精度检验指标,结果表明研究区耕地分等单元趋势与耕地国家自然等别总体上较为一致。目前有关监

测样点布设研究,代表性样点检验方法大多数是通过采样点属性空间插值,然后基于已有样点进行交叉验

证<sup>[23-24]</sup>。然而在耕地质量监测方面往往是利用耕地质量等别年度更新以及监测工作收集的历史样点进行测算,无法直接采用空间插值手段进行精度验证。此外,在耕地质量监测过程中没有对已有资源充分利用,造成资源浪费、监测样点布设冗余较大、监测样点全局代表性不够等问题。因此,如何利用已有的耕地质量历史数据来寻找适合耕地的“环境因子”进行相似性计算是一个关键问题<sup>[25-26]</sup>。

结合历史数据及监测样点的采样设计,以耕地质量作为研究对象时,监测样点选取的精度、效率还不明晰,耕地质量监测样点的空间最优布局还需要探究,有学者提出监测样点数量的确定是按照因素组合来确定,每一种组合都包含所有的因素,即耕地质量所有因素的分级组合,能够体现耕地的自然、利用和经济等因素的综合属性,即因素组合法<sup>[27]</sup>。而本研究主要基于耕地的自然、利用、经济三个方面的要素来展开,由于取得的数据资料有限,在考虑土壤类型方面有所欠缺,主要考虑了土壤发生类型的层面,按照因素组合法,有必要进一步结合标准样地层次体系与土壤亚类、土属、土种或者变种的关系,进一步深入研究耕地质量监测布设方法,为全国层面布设监测样点提供更加科学和准确的方法。

#### 4 结论

本研究通过对从化区耕地质量等别监测分区布点的研究,得出以下结论:

(1)县域耕地质量监测区可以通过考虑影响耕地质量的自然质量、土地利用水平、土地经济以及耕地渐变类型等影响因素来划定,采用此方法划分的监测区满足统计学的精度要求。

(2)采用统计学空间分层抽样模型确定监测样点数量,结合研究区内的国家标准样地、基本农田、沟渠、道路、村庄等因素进行调整,在空间上完成监测样点的布设,研究结果能满足代表性的要求。

(3)从化区共划分了26个耕地质量监测区,各监测区的自然、社会、经济等因素相对均一,综合确定研究区内监测样点数量共有111个,结果表明选取的监测样点与总体耕地分等单元集中、离散趋势一致,在影响耕地质量的主要因素中,监测样点数量与总体耕地分等单元的面积之间的分布趋势基本一致。

(4)本研究初步建立了县域耕地质量分区布点体系,能满足“以点带面”的要求,能为县域耕地质量等别实现动态、快速以及准确监测提供技术支撑。

#### 参考文献:

- [1] Liu Y S, Wang J Y, Long H L. Analysis of arable land loss and its impact on rural sustainability in southern Jiangsu Province of China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2010, 91(3):646-653.
- [2] Tampakis S, Karanikola P, Koutroumanidis T, et al. Protecting the productivity of cultivated land: The viewpoints of farmers in northern Evros [J]. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 2010, 11: 601-613.
- [3] Ceccarelli T, Bajocco S, Luigi Perini L, et al. Urbanisation and land take of high quality agricultural soils—exploring long-term land use changes and land capability in northern Italy[J]. *International Journal of Environmental Research*, 2014, 8(1):181-192.
- [4] Francis C A, Hansen T E, Fox A A, et al. Farmland conversion to non-agricultural uses in the US and Canada: Current impacts and concerns for the future[J]. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 2012, 10(1):8-24.
- [5] Valera C A, Junior R V, Varandas S, et al. The role of environmental land use conflicts in soil fertility: A study on the Uberaba River basin, Brazil[J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 562:463-473.
- [6] 国土资源部土地利用管理司. 国土资源部关于发布全国耕地质量等别调查与评定主要成果的公告[R]. 北京:国土资源部, 2014. Department of Land Use Management of the Ministry of Land and Resources. Announcement of the Ministry of Land and Resources on issuing the main results of the national investigation and evaluation of the quality of cultivated land[R]. Beijing: Ministry of Land and Resources, 2014.
- [7] 王倩. 县域耕地等别质量监测点布设方法研究[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2013. WANG Qian. Research on the method of setting monitored points of quality level in county area[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2013.
- [8] 孙亚彬, 吴克宁, 胡晓涛, 等. 基于潜力指数组合的耕地质量等级监测布点方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4):245-254. SUN Ya-bin, WU Ke-ning, HU Xiao-tao, et al. Layout method for monitoring quality level of arable land based on combination of potential index[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(4):245-254.
- [9] Huffman E, Eilers R G, Padbury G, et al. Canadian agri-environmental indicators related to land quality: Integrating census and biophysical data to estimate soil cover, wind erosion and soil salinity[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 81(2):113123.
- [10] Maiti T, Miller C P, Mukhopadhyay P K. Neural network imputation: An experience with the National Resources Inventory Survey[J]. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 2008, 13(3):255-269.
- [11] 胡慧, 孔祥斌, 陈培雄, 等. 县域耕地质量等别监测样点布控研究——以内蒙古自治区达拉特旗为例[J]. 资源科学, 2014, 36(6):1203-1210. XIANG Hui, KONG Xiang-bin, CHEN Pei-xiong, et al. Establishing monitoring samples of arable land at the county level: A case study of

- Dalate District in Inner Mongolia[J]. *Resources Science*, 2014, 36(6): 1203-1210.
- [12] 彭磊,胡月明,吴茗华,等.基于农用地分等成果的耕地质量监测分区研究[J].*广东农业科学*, 2013, 40(10):211-214, 238.  
PENG Lei, HU Yue-ming, WU Ming-hua, et al. Partition of cultivated land quality monitoring based on the results of agricultural land classification[J]. *Journal of Guangdong Agriculture*, 2013, 40(10): 211-214, 238.
- [13] 蔡鹭斌.湖南省耕地质量监测布点方法研究[D].长沙:湖南农业大学, 2014.  
CAI Lu-bin. Study on layout method for arable land quality monitoring site in Hunan Province[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2014.
- [14] 吴学敏.武穴市耕地质量监控样点布设研究[D].武汉:华中师范大学, 2015.  
WU Xue-min. Layout study of the monitor samples points of land quality in Wuxue[D]. Wuhan: Huazhong Normal University, 2015.
- [15] 魏巍,廖丽君,余建新.县域耕地质量等级变化监测区划定及监测点布控技术研究[J].*安徽农业科学*, 2013, 41(10):4641-4642, 4646.  
WEI Wei, LIAO Li-jun, YU Jian-xin. Research on demarcating monitoring area of grade changes in county cultivated land quality and technology of deploying monitoring point[J]. *Journal of Anhui Agricultural*, 2013, 41(10):4641-4642, 4646.
- [16] 余慧敏,李伟峰,郭熙.基于提等潜力和主导因素的耕地质量监测类型区划分及布点方法[J].*中国农业大学学报*, 2019, 24(1):163-174.  
YU Hui-min, LI Wei-feng, GUO Xi. Study on classification and layout method of cultivated land quality monitoring area based on potentiality and dominant factors[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2019, 24(1):163-174.
- [17] 吴克宁,焦雪瑾,梁思源,等.基于标准样地国家级汇总的耕地质量动态监测点构架研究[J].*农业工程学报*, 2008, 24(10):74-79, 316.  
WU Ke-ning, JIAO Xue-jin, LIANG Si-yuan, et al. Framework of the arable-land quality dynamic monitoring sites through national gathering of standard farmland[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(10):74-79, 316.
- [18] 马建辉,吴克宁,赵华甫,等.我国耕地质量监测指标体系的构建[J].*广东农业科学*, 2012, 39(21):74-78.  
MA Jian-hui, WU Ke-ning, ZHAO Hua-fu, et al. Construction of cultivated land quality monitoring indicators of China[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(21):74-78.
- [19] 蔡鹭斌,孔祥斌,段建南,等.国外经验对中国耕地质量监测布点的启示[J].*中国农学通报*, 2014, 30(14):192-197.  
CAI Lu-bin, KONG Xiang-bin, DUAN Jian-nan, et al. Layout for monitoring quality of arable land of China: Inspiration from overseas experience[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(14): 192-197.
- [20] 张信辉.耕地质量渐变类型监测片区划分研究[D].福州:福建农林大学, 2018.  
ZHANG Xin-hui. Study on the division of monitoring of cultivated land quality gradient type in Shunchang County, Fujian Province[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2018.
- [21] 王劲峰.空间抽样与统计推断[M].北京:科学出版社, 2005:14.  
WANG Jin-feng. Spatial sampling and statistical inference[M]. Beijing: Science Press, 2005:14.
- [22] 韩振坤.基于地统计学的县域耕地质量监测样点布局研究——以公安县为例[D].武汉:华中师范大学, 2014.  
HAN Zhen-kun. Layout study of county cultivated lands' quality monitor samples based on geostatistics—case of Gong'an County[D]. Wuhan: Huazhong Normal University, 2014.
- [23] 王子龙,陈伟杰,付强,等.基于优先级指数的土壤采样设计方法研究[J].*农业机械学报*, 2018, 49(7):244-251.  
WANG Zi-long, CHEN Wei-jie, FU Qiang, et al. Method of soil sampling design based on priority index[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2018, 49(7):244-251.
- [24] 刘京,朱阿兴,张淑杰,等.基于样点个体代表性的大尺度土壤属性制图方法[J].*土壤学报*, 2013, 50(1):12-20.  
LIU Jing, ZHU A-xing, ZHANG Shu-jie, et al. Large-scaled soil attribute mapping method based on individual representativeness of sample sites[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50(1):12-20.
- [25] 黄思华,濮励杰,解雪峰,等.面向数字土壤制图的土壤采样设计研究进展与展望[J].*土壤学报*, 2020, 57(2):259-272.  
HUANG Si-hua, PU Li-jie, XIE Xue-feng, et al. Review and outlook of designing of soil sampling for digital soil mapping[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2020, 57(2):259-272.
- [26] 杨琳,朱阿兴,秦承志,等.一种基于样点代表性等级的土壤采样设计方法[J].*土壤学报*, 2011, 48(5):938-946.  
YANG Lin, ZHU A-xing, QIN Cheng-zhi, et al. A soil sampling method based on representativeness grade of sampling points[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(5):938-946.
- [27] 余述琼,张蚌蚌,相慧,等.基于因素组合的耕地质量等级监测样点布控方法[J].*农业工程学报*, 2014, 30(24):288-297.  
YU Shu-qiong, ZHANG Bang-bang, XIANG Hui, et al. Layout method for monitoring sample point of arable land quality level based on combination of factors[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(24):288-297.