

· 专论与综述 ·

耕地质量监测与评价研究进展

郑梦蕾¹, 丁世伟¹, 李子杰¹, 孟源思¹, 余忠², 马友华^{1*}

(1. 安徽农业大学, 安徽 合肥 230036; 2. 安徽省土壤肥料总站, 安徽 合肥 230001)

摘要:分析了耕地质量的内涵,综述了国内外在耕地质量监测与评价指标体系、耕地质量评价方法与技术手段等方面的研究进展及成果应用情况,提出了在统一标准的基础上,结合耕地质量评价的目的需求调整监测指标、开发耕地指标的遥感监测方法等研究展望。

关键词:耕地质量;监测体系;评价方法

中图分类号:X825;F323.211

文献标志码:A

文章编号:1006-2009(2021)03-0009-06

Research Progress of Cultivated Land Quality Monitoring and Evaluation

ZHENG Meng-lei¹, DING Shi-wei¹, LI Zi-jie¹, MENG Yuan-si¹, YU Zhong², MA You-hua^{1*}

(1. Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

2. Anhui Provincial Soil Fertilizer Station, Hefei, Anhui 230001, China)

Abstract: This article analyzed the connotation of cultivated land quality, summarized the research progress and application of cultivated land quality monitoring and evaluation index system, cultivated land quality evaluation methods and technical methods at home and abroad. It put forward the research prospects of adjusting monitoring index and developing remote sensing monitoring method on the basis of uniform standards and combined with the purpose and demands of cultivated land quality evaluation.

Key words: Cultivated land quality; Monitoring system; Evaluation method

耕地是珍贵且有限的农业资源,是人类得以生存的基本条件。一个国家的生态安全、农业产品安全与粮食安全直接受到耕地质量的影响,而粮食安全是保证国家安定的根本,耕地质量对于国家的重要性可见一斑。然而,我国的耕地质量现状并不乐观,经济社会的进步、人口的快速增加和人民越来越高的生活需求对耕地造成了巨大压力,建设用地占用耕地使其面积急剧减少,人口对粮食需求的压力使得化肥施用量高达全球化肥用量的1/3,耕地土壤环境受到严重破坏,“占优补劣”现象层出不穷。因此,对耕地质量进行监测评价和保护提升刻不容缓^[1]。

1 耕地质量的内涵

在国际上,世界资源研究所、国际环境与发展研究所在《世界资源》中对耕地做出了明确界定,即耕地包括临时和长期种养农作物的土地、临时草

地、商品菜园、家庭菜园、临时休闲耕地,还包含种植咖啡、可可、果木、橡胶、葡萄等在每年收获后不再重复种植的农作物的土地,不包含为获得薪材而管护的林地^[2]。在我国,《第二次全国土地调查土地分类》中定义耕地为能种植农作物的土地,包括熟地与新开发、复垦、整理地,还包括轮作的休闲地和以种植农作物(含蔬菜)为主,间有零星桑树、果树或其他树木的土地,以及平均每年可以收获至少一季的已垦海涂和滩地^[3]。

耕地质量目前还没有统一的定义,联合国粮食与农业组织将其定义为按照某种特定方式来影响特定土地利用的永续性的综合土地特征^[4]。1997

收稿日期:2020-06-22;修订日期:2021-04-08

基金项目:农业农村部2019年耕地质量保护专项基金资助项目(No. 21190017)

作者简介:郑梦蕾(1994—),女,安徽萧县人,硕士,主要从事资源环境信息技术研究。

*通信作者:马友华 E-mail: yhma2020@qq.com

年,在我国研究耕地质量的初期阶段,赵登辉等^[5]从土地的自然属性出发,认为耕地质量由耕地的地理位置及肥力共同确定,是耕地综合属性的表现。该定义未从社会、经济、环境、生态等视角出发,具有一定的时代局限性。1998年,倪绍祥等^[6]提出,耕地质量是度量耕地产出率的标准,具有综合性、产出性、相对稳定性和区域性特征。该定义虽然考虑了社会和经济因素,但是忽视了土地的自然属性,将耕地质量视为一个指标,较为狭隘。2004年,李丹等^[7]提出,耕地质量的内涵包括耕地的健康质量、本底质量和经济质量。2011年,陈印军等^[8]提出,耕地质量是耕地的土壤质量、环境质量、管理质量与经济质量的总和。2018年,孔祥斌等^[9]从要素-过程-功能的视角,提出了耕地资源综合体的概念,认为耕地质量包括耕地的生产功能质量、调节功能质量和景观功能质量。

国家不同部委对耕地质量的定义也有差异。2008年,原农业部在《耕地地力调查与质量评价技术规程》(NY/T 1634—2008)中界定:为了达到作物的生长和清洁生产水平,耕地质量包括耕地地力和耕地环境质量两个方面^[10]。2012年,原国土资源部在《农用地质量分等规程》(GB/T 28407—2012)中指出,耕地质量是以作物的光温生产潜力为根本,通过对耕地的自然质量、耕地的利用程度和经济水平分别校订后对耕地质量的差异状况进行的综合评定^[11]。2016年,原国土资源部在《高标准农田建设评价规范》(GB/T 33130—2016)中提出,耕地质量是耕地满足作物生长和进行安全生产的能力,包括人类对土地的利用水平,以及投资建设田间基础设施等社会经济因素,耕地地力、土壤健康状况、气候因素等自然因素所决定的满足农产品能够持续产出和保证农产品安全的要求^[12]。2016年,原农业部在《耕地质量调查监测与评价办法》(以下简称《办法》)中提出,耕地质量是由耕地地力、土壤健康状况及田间基础设施共同组成的满足农产品持续生产与农产品安全需求的能力^[13],该定义从耕地的自然质量和人类社会活动对耕地的影响角度考虑,较为全面、准确和精炼。

综上所述,耕地质量的内涵有着多重属性,具有时代性和动态变化性,对耕地质量的定义需要从不同角度出发,在综合前人研究成果的同时注入新的时代内涵。

2 耕地质量监测体系研究与建立

耕地质量监测是耕地质量评价的基础,耕地数量和质量的动态平衡是维护国家粮食安全之根本,耕地质量下降会使耕地出现隐性消失,数量上的占补平衡难以满足我国人口对粮食的需求^[14]。耕地质量监测属于基础性工作,我国主要从布设监测样点、筛选监测指标、收罗指标信息和确定评价方法等方面开展系列工作,从而建立科学的耕地质量监测体系^[15]。2016年,原农业部在《办法》中提出,耕地质量监测指为掌握耕地质量变化程度和变化趋势,通过定点调查、田中试验、样品获取、分析化验和数据分析等作业,对耕地的土壤理化特征、产出能力和环境质量开展的动态监测。定点调查是其中的重要环节,调查样点布设需要兼顾行政区划、土壤类型、土地利用、管理水平、点位已有信息的完整性等因素,覆盖县区的主要土壤类型,在每个耕地质量等级调查点位上开展耕地立地条件、自然属性、土壤健康和田间基础设施情况调查,再按照现行有效的国家和行业标准,在每个样点上采集耕地土壤样品并送至有资质的单位检测。国外的耕地质量监测工作开展较早,已形成较为成熟的监测体系。

2.1 国外耕地质量监测体系研究

美国自1934年起着手开展全国土壤侵蚀勘查,并由此推动了土壤保持法的颁布。美国农业部土壤保持局于1961年正式发布土地潜力分类系统,并利用该系统对全国土地进行适宜性评价,这是世界上第一个比较全面的土地评价系统。1977年,通过立法的方式确定了5年开展1次的国家资源清查制度,并于1977年—1997年间共开展了5次清查,2000年后改为每年清查。以统计学方法布设国家级采样点位,以ArcGIS为平台,在地图上制作一定密度的格网,格网密度根据监测精密度确定;在确定的格网中采用“五点法”获取土壤样品,利用美国通用土壤流失方程(USLE)计算土壤流失量,统计得到全国土壤侵蚀数据;根据监测结果编制国家资源清单并予以发布,监测数据包括农作物类型、土地利用方式、水土保持措施、耕种类型、灌溉条件等^[16]。

由于全国性耕地质量退化现象日益凸显,加拿大于1988年1月召开了耕地质量监测研讨会,制定了7条监测区的选取准则。利用分层随机抽样法确定取样点,保证每个省都有监测点,于1992年

确定了 23 个监测点(区)并取样,其中,有 2 个监测点分别是邻近点位的卫星遥感对照地点,用于对农场历史、土壤和地形部位、土壤特征等主要指标开展长期观测。此外,还根据土壤性质的易变性将其分为 3 种类型,即容易改变的性质、中等易变的性质和不易改变的性质^[17]。

荷兰的多个省份自 1991 年起开始建立土壤质量监测网络,其目的是深入了解土壤质量,为环境保护提供决策支持,如对某些土地利用类型和清洁生产过程进行限制。荷兰的土壤质量监测工作主要集中在微观和宏观元素上,特别是在土壤表层(主要是重金属和多环芳烃)与地下水中。评估表明,监测网络是了解土壤和土壤质量差异的有效工具,之后将更加侧重于各领域所采取措施的有效性评估,以及在更大范围内提供关于土壤质量的更多信息^[18-19]。

国外成熟的耕地质量监测体系对我国开展相关研究具有一定的参考意义。美国的国家资源清查制度值得借鉴,而其耕地质量监测方法也有不足之处,如评价指标的差异性与评价单元的完整性在格网中难以反映,不能全面体现研究区域耕地质量的变化情况等。加拿大的耕地质量监测系统以全国为研究区,利用统一的指标体系,未考虑区域的差异性。荷兰的土壤质量监测主要针对环境污染,通过对监测网络的评估,分析网络布设存在差异性的原因,再将其作为指导方针,不断完善监测网络,同时保证监测目标的多元化发展。

2.2 国内耕地质量监测体系研究

我国的耕地质量监测体系包括监测指标体系、监测方法、监测周期、监测区划分、监测点选取和布设等内容^[20],监测指标体系是其中的重要组成部分。伍育鹏等^[21]利用层次分析法和土地综合评价法,将评价因素分为目标层、质量因子层和因素层,并从影响耕地质量的因子中选择主要易变因子作为监测指标,结合野外样品采集和室内实验分析共同确定其数值。葛向东等^[22]利用压力-状态-响应模型,选取对耕地的产出能力影响较大,且容易随着耕作方式或耕地利用程度而发生变化的因子作为定量监测指标,同时将不易发生变化的因子作为补充的定性监测指标。张玉臻等^[23]依据主导因素原则、区域分异原则和可操作性原则,从影响耕地质量的土壤、地形与水文等因素中选取若干因子作为耕地质量等级监测的初选因子,并通过相关性

分析确定最终的监测指标。彭磊等^[24]基于农用地分等成果,通过分析指标的稳定性和变异性总结其属性性状,寻找各指标对耕地质量影响的驱动力,归纳所有直接或间接影响耕地质量的指标,并选择影响较大的指标来确定耕地质量监测指标体系。马建辉等^[25]从自然因素、环境健康因素^[26]和社会经济因素出发,按照综合性原则、可操作性原则和最小数据集原则确定耕地质量监测指标体系。

目前,我国耕地质量监测主要采用区划-布点-化验的方法。马佳妮等^[27]提出了利用遥感数据进行耕地质量直接和间接监测的方法。张玉臻等^[23]采用因素组合法、主导因素法、图斑法和网格法进行耕地质量监测单元划分,并且比较了各种划分方法的监测效率。基于监测单元,张玉臻等^[28]利用耕地制度二级区数据,结合《中国土地资源图集》中的土地潜力分区图,依托 ArcGIS 平台,划分了标准样地的监测区。颜国强^[29]利用时间序列模型与影响因素分析法,对耕地质量变化趋势进行评估,并结合自然与社会经济指标建立了对应的监测指标体系。吴克宁等^[30]探讨了耕地质量监测标准样地选取原则,分析了基于标准样地的耕地质量监测研究方向。庄雅婷等^[31]基于 MODIS 影像与克里金插值方法,探讨了布设耕地质量监测点位的方法。彭茹燕等^[32]应用农用地分等成果,在确定耕地质量监测指标体系和评价方法后,选取目标标准样地,利用标准化监测方法开展耕地质量动态监测。郭力娜等^[33]基于格网法和景观多样性指数法布设了省级耕地质量监测样区,并利用分层抽样法确定了监测点。孙亚彬等^[34]基于潜力指数探讨了县域耕地质量等级监测的样点布设方法。刘毅等^[35]将西部生态脆弱区作为试验区,研究了选取耕地质量基准监测县区和突变监测县区的方法。

国内学者虽然在耕地质量监测指标体系方面做了大量工作,但在监测指标分区选取方面开展的研究还不够广泛。研究内容主要集中在监测指标体系的整体构建、指标选取原则、指标选取的概念性描述和定性选取方法方面,缺少对监测指标体系的定量描述和界定,造成部分指标界限模糊,未来应重点开展监测指标体系的定量研究。在耕地质量监测方法方面,不同的研究尺度对应着不同的监测区和监测点,国家级监测精度低于省级,而省级监测精度又低于市县级。由于监测数据量庞大,各地区标准不统一,因而尚未实现数据的逐级汇总和

共享,后期研究应当以统一标准、逐级汇总和大数据共享为重点。

3 耕地质量评价体系研究与应用

耕地质量评价具有人类社会的需求性和目的性,其本质是判断耕地综合生产力的高低,从最初对土壤性状、基本地力等耕地自然质量的研究,逐步发展到综合考虑自然、经济和社会的人地一体化的资源价值管理评价^[36]。由于耕地质量评价具有人类的主观目的性,使得不同的评价方法竞相发展。肖碧林等^[37]提出,耕地质量评价包括土壤肥力评价、农业生产能力评价、耕地适宜性评价、农用地分等定级与估价及基于农户认识的耕地质量评价。李婷等^[38]提出,常规的耕地质量评价包括土壤环境质量评价、耕地生产力评价和土壤健康质量评价。

我国的耕地质量评价工作主要由自然资源部和农业农村部牵头实施。原国土资源部最早部署耕地质量监测与评价工作,建立了“定期全面评价、年度更新评价、年度监测评价”的工作制度。1999年,由其牵头的第一次全国土壤调查部署了农用地分等工作,2009年发布了我国历史上第一批耕地质量等级调查与评定成果——《中国耕地质量等级调查与评定》;2011年底开展了耕地质量等级补充完善作业,并于2013年获得基于二调的耕地质量等级评价成果;2014年部署了耕地质量等级年度更新评价工作,对耕地面积增减变化、耕地质量等级变化进行更新。原农业部于2002年开展了全国耕地地力调查与评价工作,以1959年和1980年的土壤普查等数据为基础进行补充调查;2005年启动全国性测土配方施肥项目,取得了1317万个土壤样品、近亿个土壤测试数据,以及8万多个田间实验、11万多个田间示范、1120万个农户调查数据,为耕地质量评价积累了大量数据;2016年发布了《办法》和国家标准《耕地质量等级》(GB/T 33469—2016)(以下简称《标准》),对全国耕地质量等级评价方法做了明确规定;2017年依据《标准》开展耕地质量等级评价工作,将全国分为9大区,分区建立评价指标体系,相同大区间用同一层次分析模型和隶属函数模型进行评价,使得大区间各县区的耕地质量等级有了可比性,对于摸清我国耕地资源现状和开展统筹管理具有重要意义。分区建立评价指标体系的方法符合我国

地大物博、自然条件差异大的地理实情,使得耕地质量等级评价工作更加有序、全面,也便于成果汇总。然而,该方法也有不足之处:一是相比于2005年基于测土配方的地力评价,此轮耕地质量等级评价的采样点数量较少,导致基于空间插值构建面数据时的误差较大。二是在实际评价中发现,部分县区可能并不适合所属大区的评价指标体系及隶属关系。如安徽省叶集区的农田林网化程度高反而会降低作物产量,与农田林网化程度越高隶属度越高相悖。可见在山地丘陵区,田块面积较小,农田林网化程度高反而会影响农作物养分的吸收利用,而在平原地区,农田林网化程度高会改善农田小气候,有效减免干热风对小麦等农作物产量的不利影响。因此,农田林网化的隶属度应按地形地貌进一步调整完善。三是过录表对耕地质量等级评价具有决定性作用,而很多指标缺少定量标准,填写时受主观认知的影响,导致结果不够客观、准确。在未来的耕地质量等级评价工作中,可以适当增加采样点,按照特殊县区的特殊情况制定合适的指标体系和隶属度函数,明确各个指标的分级标准,进一步提高评价精度^[39-42]。

4 耕地质量监测与评价成果应用

4.1 指导土地整治与耕地质量提升

基于耕地质量监测与评价成果,辨析各等级耕地质量限制因素之间的相关性,确定耕地质量等级的主要限制因素。即通过对灌排条件、地形部位、农田林网化程度、有机质、土壤容重等因子与耕地质量等级之间的相关性分析,寻找耕地质量等级的区域性限制因子^[43]。在综合分析耕地质量限制因子特点的基础上,从土地整治工程角度出发,确定通过工程建设措施可以达到的质量水平,预测耕地质量等级提升潜力,指导土地整治研究的规划开展。土地整治是区域耕地质量保护与提升的重要措施,长期以来,我国各区域的耕地质量存在不同的限制因素,如土壤有机质含量偏低、土壤盐渍化、酸化及灌排设施不完善等问题导致耕地质量总体偏低,而通过识别区域耕地质量等级限制因素,开展土地整治与高标准农田建设,可以高效提升区域耕地质量等级^[44]。

4.2 指导高标准农田建设

高标准基本农田建设分为3个部分,即高标准基本农田专项规划、项目科研设计和建设、竣工验

收和后期管护。在高标准基本农田专项规划环节,耕地质量等级监测与评价成果主要用于估算建设潜力,提出总体规划,划定重点区域,统筹安排重点项目和工程;在项目科研设计和建设环节,成果主要用于分析耕地质量的主要限制因素,并据此提出有针对性的耕地质量改良措施;在竣工验收和后期管护环节,成果主要用于指导高标准农田建设效果评价,并根据评价结果做出整体部署,合理划定重点区域,科学安排重点建设工程项目^[45]。

5 展望

《办法》和《标准》的出台对我国耕地质量监测与评价工作有着推动性作用,各大区按照《标准》开展布点调查监测,将监测数据融合到耕地资源管理单元,各县区按照所属大区的标准进行评价,再将成果逐级汇总,最终报送至国家库,为实现国家统筹管理耕地资源提供了坚实基础。在今后的耕地质量监测与评价研究中,统一标准应作为前提条件,在此基础上,耕地质量监测指标应当结合耕地质量评价的目的需求进行相应的调整与更新,耕地质量评价目标应朝着综合性、多元化方向发展。随着遥感技术的进步,监测方法将从人工监测逐步发展为遥感监测。目前遥感监测已应用于植被类型和覆盖及少量指标的反演上,相应耕地指标的遥感监测方法将是未来耕地质量监测的重要研究方向。实现耕地质量监测与评价、耕地质量保护与提升的一体化,对于耕地质量建设与管理具有重要意义。

【参考文献】

- [1] 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,等. 耕地质量的概念和评价与管理对策[J]. 土壤学报,2012,49(6):1210-1217.
- [2] 贾峰. 世界资源研究所[J]. 世界环境,2005(3):94.
- [3] 张凤荣,孔祥斌,安萍莉. 耕地概念与新一轮土地规划耕地保护区划定[J]. 中国土地,2006(1):16-17.
- [4] 杜国明,刘彦随,于凤荣,等. 耕地质量观的演变与再认识[J]. 农业工程学报,2016,32(14):243-249.
- [5] 赵登辉,郭川. 耕地定级与估价的新思路[J]. 中国土地科学,1997,11(6):36-39.
- [6] 倪绍祥,刘彦随. 试论耕地质量在耕地总量动态平衡中的重要性[J]. 经济地理,1998,18(2):83-85.
- [7] 李丹,刘友兆,李治国. 耕地质量动态变化实证研究——以江苏省金坛市为例[J]. 中国国土资源经济,2004,17(6):22-25.
- [8] 陈印军,肖碧林,方琳娜,等. 中国耕地质量状况分析[J]. 中国农业科学,2011,44(17):3557-3564.
- [9] 孔祥斌,张蚌蚌,温良友,等. 基于要素-过程-功能的耕地质量理论认识及其研究趋势[J]. 中国土地科学,2018,32(9):16-22.
- [10] 中华人民共和国农业部. NY/T 1634—2008 耕地地力调查与质量评价技术规程[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 28407—2012 农用地质量分等规程[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 33130—2016 高标准农田建设评价规范[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [13] 中华人民共和国农业部. 耕地质量调查监测与评价办法[EB/OL]. (2016-06-21)[2020-06-10]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwillm/tzgg/bl/201607/t20160722_5215391.htm.
- [14] 肖碧林,陈印军,杨瑞珍,等. 中国近期耕地占补平衡的问题与建议[J]. 安徽农业科学,2009,37(34):16957-16959.
- [15] 李阳,吴克宁. 丘陵地区耕地质量等别监测分区布设样点方法探讨——以江西省吉安县为例[J]. 河南大学学报(自然科学版),2015,45(4):437-442.
- [16] 谢云,林燕,张岩. 通用土壤流失方程的发展与应用[J]. 地理科学进展,2003,22(3):279-287.
- [17] ACTON D F. A program to assess and monitor soil quality in Canada: Soil quality evaluation program summary report[M]. Ottawa: Centre for Land and Biological Resources Research Agriculture and Agri-Food Canada,1994.
- [18] Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO. Results for provincial soil-quality monitor in networks in the Netherlands as an instrument for environmental protection[J]. Netherlands Journal of Geosciences,2000,79(4):429-440.
- [19] 李亚平,卢小平,刘冰,等. 基于地形坡度的大别山区商城县土壤侵蚀研究[J]. 环境监测管理与技术,2019,31(6):23-27.
- [20] 马建辉,吴克宁,赵华甫,等. 基于农用地分等的耕地质量动态监测体系研究[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(5):133-139.
- [21] 伍育鹏,郎文聚,李武艳. 用标准样地进行耕地质量动态监测与预警探讨[J]. 中国土地科学,2006,20(4):40-45.
- [22] 葛向东,彭补拙. 长江三角洲地区耕地质量变化的初步研究——以锡山市为例[J]. 长江流域资源与环境,2002,11(1):47-51.
- [23] 张玉臻,孔祥斌,刘炎,等. 基于标准样地的省级耕地质量监测样地布设方法——以内蒙古自治区为例[J]. 资源科学,2016,38(11):2037-2048.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 叶明亮,杨梦丽,刘纯宇,等. 高光谱遥感在土壤重金属污染监测中的应用[J]. 环境监测管理与技术,2018,30(6):1-5.
- [27] 马佳妮,张超,吕雅慧,等. 多源遥感数据支撑的耕地质量监测与评价[J]. 中国农业信息,2018,30(3):18-26.

- [28] 张玉臻,刘树明,孔祥斌,等. 基于监测单元划分方法的耕地质量监测效率研究——以内蒙古自治区开鲁县为例[J]. 中国农业大学学报,2017,22(9):154-163.
- [29] 颜国强. 县域耕作制度演变规律及其驱动力研究[D]. 北京: 中国农业大学,2005.
- [30] 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.
- [31] 庄雅婷,陈训争,范胜龙,等. 基于 Kriging 插值的高效耕地质量监测点布设方式研究——以建瓯市为例[J]. 亚热带水土保持,2013,25(2):17-22.
- [32] 彭茹燕,张晓沛. 基于农用地分等成果的国家耕地质量动态监测体系设计[J]. 资源与产业,2008,10(5):96-98.
- [33] 郭力娜,张凤荣,马仁会,等. 基于标准样地的国家级农用地等级质量监测点设置方法探讨——以冀豫鄂三省为例[J]. 资源科学,2009,31(11):1957-1966.
- [34] 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.
- [35] 刘毅,高尚,刘希霖,等. 西部地区耕地质量监测县选取方法的研究[J]. 资源科学,2013,35(11):2248-2254.
- [36] 温良友,孔祥斌,张蚌蚌,等. 基于可持续发展需求的耕地质量评价体系构建与应用[J]. 农业工程学报,2019,35(10):234-242.
- [37] 肖碧林,陈印军,卢布,等. 当前我国耕地质量评价类型与问题分析[J]. 资源与产业,2008,10(4):58-61.
- [38] 李婷,吴克宁. 基于遥感技术的耕地质量评价研究进展与展望[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):5-9.
- [39] 付国珍,摆万奇. 耕地质量评价研究进展及发展趋势[J]. 资源科学,2015,37(2):226-236.
- [40] 程锋,王洪波,郎文聚. 中国耕地质量等级调查与评定[J]. 中国土地科学,2014,28(2):75-82.
- [41] 薛艳杰,马金宝,吴桐,等. 敦化市耕地地力调查与评价[J]. 中国农学通报,2011,27(32):226-231.
- [42] 徐明岗,卢昌艾,张文菊,等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(7):8-14.
- [43] 吕慧敏,吴克宁,周勇,等. 基于农用地分等的耕地质量主导限制型研究[J]. 中国农业资源与区划,2015,36(7):13-20.
- [44] 匡丽花,叶英聪,赵小敏,等. 基于农用地分等修正的土地整治项目对耕地质量的影响评价[J]. 农业工程学报,2016,32(17):198-205.
- [45] 王有妍,郑刘平. 耕地质量等别监测在高标准基本农田建设中的应用研究[J]. 国土与自然资源研究,2018(3):33-35.

本栏目编辑 姚朝英

(上接第4页)

议,以期为完善广州市乃至全国建设用地土壤污染风险管控和修复体系提供理论依据和技术支持。

[参考文献]

- [1] 陈梦舫. 我国工业污染场地土壤与地下水重金属修复技术综述[J]. 中国科学院院刊,2014,29(3):327-335.
- [2] 马妍,王盾,徐竹,等. 北京市工业污染场地修复现状、问题及对策[J]. 环境工程,2017,35(10):120-124.
- [3] 张丽娜,姜林,贾琳. 污染地块修复效果评估问题的解读与建议[N]. 中国环境报,2020-09-22(003).
- [4] 中华人民共和国生态环境部. 生态环境部11月例行新闻发布会实录[EB/OL]. [2019-11-29]. http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/201911/t20191129_744897.html.
- [5] 广东省生态环境厅. 广东省建设用地土壤污染风险管控和修复名录(截至2019年11月5日)[EB/OL]. [2019-12-23]. http://gdee.gd.gov.cn/ggtz3126/content/post_2725830.html.
- [6] 广州市人民政府. 2019年广州市环境质量状况公报[EB/OL]. [2020-06-04]. http://www.gz.gov.cn/zwgk/sjfb/tjgb/content/post_5887818.html.
- [7] 赵勇胜. 地下水污染场地风险管理与修复技术筛选[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2012,42(5):1426-1433.
- [8] 赵述华,罗飞,郝秀平,等. 深圳市土壤砷的背景含量及其影响因素研究[J]. 中国环境科学,2020,40(7):3061-3069.
- [9] 柴世伟,温琰茂,张亚雷,等. 地积累指数法在土壤重金属污染评价中的应用[J]. 同济大学学报(自然科学版),2006,34(12):1657-1661.
- [10] 许炼烽,刘腾辉. 广东土壤环境背景值和临界含量的地带性分异[J]. 华南农业大学学报,1996,17(4):58-62.
- [11] 陈勇,孙冰,廖绍波,等. 广州市沿海防护林空间布局研究[J]. 世界林业研究,2009,22(特刊):67-70.
- [12] 尧一骏,陈樯,龙涛,等. 利用背景水平确定污染土壤修复目标的新思路[J]. 环境保护,2018,46(18):66-69.
- [13] 张山岭,杨国义,罗薇,等. 广东省土壤无机元素背景值的变化趋势研究[J]. 土壤,2012,44(6):1009-1014.
- [14] 广东省人民政府. 深圳发布全国首部《土壤环境背景值》地方标准[EB/OL]. [2020-07-02]. http://www.gd.gov.cn/gdywdt/dczl/content/post_3027838.html.
- [15] 黄沈发,杨洁,吴健,等. 城市再开发场地污染风险管控研究及实践[J]. 环境保护,2018,46(1):31-35.
- [16] 宋云,郝润琴. 重金属污染场地修复困境与破解之道[J]. 中华环境,2017(3):35-38.
- [17] 孙宁. 对“十四五”土壤污染防治的政策建议[N]. 中国环境报,2020-09-10(003).
- [18] 常春英,肖荣波,章生健,等. 城市工业企业搬迁遗留污染场地再开发环境管理问题与思考[J]. 生态经济,2016,32(8):191-195.
- [19] 宋昕,林娜,殷鹏华. 中国污染场地修复现状及产业前景分析[J]. 土壤,2015,47(1):1-7.
- [20] 王水,丁亮,李冰,等. 污染场地修复工程环境监理研究[J]. 生态经济,2015,31(10):146-149.
- [21] 许伟,沈桢,张建荣,等. 污染场地修复工程环境监理的实践与探索[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(2):61-64.