

引用格式: 辛芸娜, 范树印, 孔祥斌, 等. 四重质量维度下的县域耕地质量评价方法研究[J]. 资源科学, 2018, 40(4): 737-747.
[Xin Y N, Fan S Y, Kong X B, et al. Evaluation of cultivated land quality based on four quality dimensions[J]. Resources Science, 2018, 40(4): 737-747.] DOI: 10.18402/resci.2018.04.08

四重质量维度下的县域耕地质量评价方法研究

辛芸娜^{1,2}, 范树印^{2,3}, 孔祥斌^{1,2}, 张蚌蚌⁴, 温良友^{1,2}, 张青璞^{1,2}

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193;

2. 国土资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100193;

3. 国土资源部土地整治中心, 北京 100035; 4. 西北农林科技大学经济管理学院, 杨凌 712100)

摘要: 耕地利用与保护需要对耕地质量进行多维管理, 多维耕地质量评价是耕地资源管理的重要依据, 而县级尺度耕地质量评价是中国耕地质量管理的基础。根据耕地质量内涵, 构建反映不同质量维度耕地质量的方法, 是客观评价耕地多重质量的必然要求。本文以“需求-质量维度-指标-限制系数-耕地质量”理论框架为基础, 构建了基于土壤、生态、环境和管理四个质量维度的县域耕地质量指标体系。利用多源多尺度数据, 采用限制系数逐级修正的方法, 以北京市大兴区为例进行了耕地质量评价方法的研究, 并将评价结果与相关方法进行了对比分析。研究结果表明: ①大兴区耕地质量处于中等偏上水平, 环境质量是制约耕地质量提升的主要因素; ②本研究考虑了耕地的环境质量, 因此评价结果与基础地力评价和农用地质量分等成果有一定差异; ③构建的耕地质量评价指标体系融合了现有的农用地质量分等指标、耕地地力指标、土壤环境指标等, 具有较强的包容性和开放性; ④根据非加和及限制因子原理, 采用限制系数逐级修正的方法, 客观反映了县域耕地质量差异。该评价方法不仅可以评价耕地质量, 还可定量评价分维度质量, 是对已有成果评价方法的有效补充, 可以为中国耕地资源“数量、质量、生态”三位一体的管理需求提供有效支撑。

关键词: 耕地质量; 质量维度; 限制系数; 指标体系; 北京大兴区

DOI: 10.18402/resci.2018.04.08

1 引言

中国人多地少, 耕地资源紧缺, 耕地资源安全对国家粮食安全具有重要影响。为保障国家粮食安全, 中国提出耕地占补平衡、耕地保护、永久基本农田划定等一系列保护耕地资源数量、质量的政策。科学、准确、全面认识耕地资源质量状况是进行耕地资源管理的核心和关键。近三十年来中国相关部门开展了系列工作, 如, 国土资源部从20世纪90年代起就耕地生产能力方面进行了长期耕地质量的评价研究与实践工作, 并发布《农用地质量分等规程》(GB/T 28407-2012)^[1]; 农业部就土壤改良

与耕地培肥方面先后发布了《耕地地力调查与质量评价技术规程》(NY/T 1634-2008)^[2]和《耕地质量等级》(GB/T 33469-2016)^[3]; 环保部就土壤环境状况问题, 早在1995年便发布《土壤环境质量标准》(GB 15618-1995)^[4]。但是以上成果大都从部门职责出发, 对耕地质量的某一侧面进行评价, 难以全面支撑耕地质量评价工作。

目前, 研究学者对耕地综合质量评价的认识日益深化, 如奉婷等从耕地自然质量、利用条件、空间形态与生态安全四个方面利用指数法对耕地综合质量进行了评价^[5]; 吴克宁等针对农用地分等和土

收稿日期: 2017-06-02; 修订日期: 2017-12-12

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41771561); 北京市自然科学基金重点项目(8151001); 北京市大兴区耕地质量和耕地产能评价研究与试点项目。

作者简介: 辛芸娜, 女, 河北石家庄人, 硕士生, 主要研究方向为耕地质量监测。E-mail: 962937356@qq.com

通讯作者: 孔祥斌, E-mail: kxb@cau.edu.cn

地质量地球化学评估提出叠加法和因素法两种整合思路^[6];路婕等在农用地分等成果基础上,利用叠加法,将土壤环境质量因素融入耕地综合质量评价^[7];刘需珈等选用因素整合分析法对农用地分等和土地质量地球化学评估两项成果进行了整合^[8]。已有研究成果对耕地质量的评价已逐渐从单一维度向多维度转变,在评价指标的选取中考虑了耕地的土壤物理、化学特性指标,耕地利用条件指标和土壤污染指标,但对反映耕地生态状况的指标考虑较少。在新的时代背景下,耕地资源的生态安全越来越受到人们的关注和重视,已有研究评价方法和成果较难满足国家对耕地数量、质量、生态“三位一体”精准管理的需求。

本研究在充分考虑“需求-质量维度-指标-限制系数-耕地质量”关系基础上,从耕地的土壤、管理、生态和环境四个质量维度,构建耕地质量评价指标体系。以北京市大兴区为例,利用限制系数逐级修正的方法进行实证研究,以期为中国耕地“质量-分质量维度-限制质量维度”的精确评价提供科学依据,为提出针对性的耕地质量提升对策提供支撑。

2 理论框架及指标体系构建

2.1 内涵界定

耕地质量是多重质量的集合,是耕地的内在要素及其组合特征综合作用的结果^[9-12]。本文界定耕地质量包括耕地土壤质量、生态质量、环境质量以及管理质量四个维度,是它们的综合与集成反映。其中,土壤质量主要由土壤本身状态决定,是耕地质量的基础;生态质量反映耕地生态系统的稳定性,由耕地土壤中非生物成分和生物成分决定^[13];环境质量主要反映耕地土壤污染状况;管理质量由人类的利用水平和田间管理水平决定。

2.2 耕地质量评价理论框架

理论框架是评价指标体系构建的重要前提和基础^[14]。随着中国社会经济的发展,人类对耕地的需求,从最初的高产不断向稳产、高效、健康以及可持续利用等综合需求转变。人类的需求决定了耕地质量的综合属性。耕地的土壤质量、生态质量、环境质量和质量共同决定耕地质量的高低。虽然耕地的质量受各质量维度共同影响,但并不等于各质量维度的简单加和,某些处于极限的质量维

度对耕地质量的高低有着关键性制约作用。

耕地土壤质量中的物理特性指标相对稳定且不易改变;耕地生态质量反映了生态系统的稳定性,受土壤生物多样性影响,对耕地的可持续利用具有重要意义,土壤生物是土壤具有生命力的主要成分,与耕地生态系统的养分状况具有密切的关系。在土壤形成和发育过程中起主导作用^[13,15],其中,土壤动物可以通过取食或分泌直接或间接影响有机物质的分解过程,土壤微生物可以通过分解有机残体,合成和分泌有机物质。由于土壤微生物不易量测,已有研究多选用土壤有机碳间接表征^[16]。另外,影响耕地环境质量的重金属元素,一定程度内虽然不会使作物减产,但会显著降低农产品的品质^[7],对耕地质量综合水平的提高具有很强的限制性;耕地管理质量决定着耕地利用效率的高低,进而影响农户的耕作意愿,对耕地的可持续利用具有一定的限制性。通过以上分析,本文以土壤质量为基础质量,以生态质量、环境质量和质量作为限制性质量。

在以上分析的基础上,本研究依据非加和及限制因子原理^[17],构建了“需求-质量维度-指标-限制系数-耕地质量”理论框架(图1)。通过评价,找出并改善限制性指标,将能获得更好的耕地质量评价结果。

2.3 指标体系构建

基于以上分析,本文从人类对耕地的需求出发,以农用地质量分等、基础地力评价以及绿色食品产地环境要求为基础,以主导性、保护性、区域性、社会认可性为原则^[18,19],综合考虑耕地土壤质量、生态质量、环境质量和质量四个维度,选取对耕地各质量维度有影响的指标作为备选指标,综合运用频度分析法和专家咨询法对备选指标进行筛选(表1)。

2.4 评价方法

本研究以相对稳定的土壤质量基础,以生态质量、环境质量和质量作为限制性质量。在计算过程中以土壤质量指数为修正基础,以生态质量系数、环境质量系数、管理质量系数为修正系数,利用限制系数逐级修正的方法对耕地质量指数进行计算。

2.4.1 土壤质量、生态质量和质量指数计算

大兴区土壤质量、生态质量、管理质量指数采

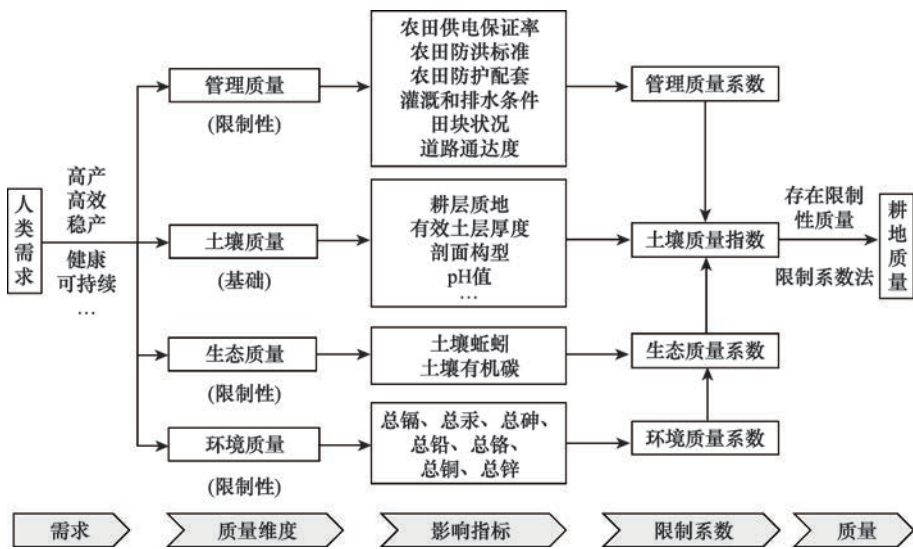


图1 耕地质量评价理论框架

Figure 1 A framework of cultivated land quality evaluation

表1 耕地质量评价指标体系

Table 1 Indicator system of cultivated land comprehensive quality

质量维度	指标
土壤质量	耕层质地、剖面构型、耕作层厚度、有效土层厚度、障碍层类型及距地表深度、电导率、pH值、土壤侵蚀模数、土壤有机质、砾石含量、容重、土壤养分元素、土壤有效态微量元素、土壤阳离子交换量(CEC)
生态质量	土壤蚯蚓、土壤有机碳
环境质量	总镉、总汞、总砷、总铅、总铬、总铜、总锌、总镍
管理质量	灌溉和排水条件、农田供电保证率、农田防护配套、农田防洪标准、田块状况、田间道路通达度

用指数和法确定,即对评价指数和权重进行指数综合,计算公式为:

$$C=\sum_{i=1}^nA_iB_i \quad (i=1,2,3\cdots) \quad (1)$$

式中 C 为评价单元的耕地质量维度指数; A_i 为评价指标对应分值; B_i 为评价指标权重; n 为评价指标个数。

2.4.2 生态质量和管理质量系数的确定

根据公式(1)计算得出的生态质量指数($N_{生}$)和管理质量指数($N_{管}$),确定生态质量和管理质量系数。计算公式为:

$$B_i=N_{生i}/100 \quad (2)$$

$$F_i=N_{管i}/100 \quad (3)$$

式中 B_i 为 i 单元的生态质量系数; F_i 为 i 单元的管理质量系数; $N_{生i}$ 为 i 单元的生态质量指数; $N_{管i}$ 为 i 单元的管理质量指数。

2.4.3 环境质量系数确定

环境质量系数根据评价单元土壤污染综合指

数进行确定。而目前土壤污染综合指数的确定主要采用内梅罗(Nemerow)指数法。其特点是反映各个重金属元素对土壤的不同作用,突出高浓度重金属对环境质量的影响^[20]。

$$P=\sqrt{\frac{(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^nP_i)^2+[\max(P_i)]^2}{2}} \quad (4)$$

$$P_i=\frac{C_i}{S_i} \quad (5)$$

式中 P 为土壤污染综合指数; P_i 为土壤中重金属元素 i 的环境质量指数; C_i 为重金属元素 i 的实测浓度(mg/kg); S_i 为重金属元素 i 的评价标准(mg/kg); $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^nP_i$ 为土壤中各污染指数平均值; $\max(P_i)$ 为土壤中各污染指数最大值。

依据《食用农产品产地环境质量评价标准》(HJ/332-2006)^[21]中农产品产地环境分级划定标准,即 $P\leq0.7$,安全; $0.7<P\leq1.0$,警戒线; $1<P\leq2.0$,轻污

染; $2 < P \leq 3.0$, 中污染; $P > 3$, 重污染, 确定环境质量系数。计算公式^[7]为:

$$\begin{cases} H_i = 1 & P_{\text{综}} \leq 0.7 \\ H_i = \frac{P_{\text{综}i} - 0.7}{1 - 0.7} & 0.7 < P_{\text{综}} \leq 1.0 \\ H_i = \frac{P_{\text{综}i} - 1}{P_{\text{综max}} - 1} & P_{\text{综}} > 1.0 \end{cases} \quad (6)$$

式中 H_i 为 i 单元的环境质量评价系数; $P_{\text{综}i}$ 为 i 单元的土壤综合污染指数; $P_{\text{综max}}$ 为各单元中最大的综合污染指数。

2.4.4 耕地质量指数计算

耕地质量指数以利用公式(1)得出的土壤质量指数(Q)为基础,与公式(2)、(3)、(6)得出的生态质量系数、管理质量系数以及环境质量系数相乘得到。计算公式为:

$$T = Q \times B \times F \times H \quad (7)$$

式中 T 为耕地质量指数; Q 为土壤质量指数; B 为生态质量系数; F 为管理质量系数; H 为环境质量系数。

3 研究区域概况、数据收集与处理

3.1 研究区域概况

北京市大兴区位于北京市南郊,是北京市的南大门,东临北京行政副中心通州区,南临河北省固安县、霸州市等。地处 $39^{\circ}26'N$ — $39^{\circ}50'N$, $116^{\circ}12'E$ — $116^{\circ}43'E$ 之间,位于北京湾小平原上。地势自西北向东南倾斜,海拔 $15 \sim 45m$,坡度 $0.8\% \sim 1.0\%$ 。属暖温带半湿润季风气候,年平均气温 $11.5^{\circ}C$,年平均降雨量 $568.9mm$ 。土壤发育在现代河流(主要是永定河)的冲积洪积母质上,在地下水位较低的地区,土壤经历粘化过程,发育为褐土;在靠近永定河河堤的地区,由于成土时间较短,仍然有少量风沙土和固定沙丘分布。全区辖16个乡镇,是首都重要的农副食品生产供应基地、高新技术产业基地。

3.2 数据收集与获取

本研究涉及多源多尺度的数据,在各指标数据收集时,以获取最新数据为主,根据指标的特点分别采用实地调查、已有成果数据库、遥感影像解译以及相关文献资料等四种方式。

(1)实地调查。农田防洪标准通过实地调查以及电话询问大兴区农委综合确定;农田供电保证率数据通过大兴区2007年农用地分等样点实地调查情况以及北京市大兴区供电公司2010年度报告综

合确定;灌溉和排水条件数据通过大兴区水务局提供的水利资料图件与实地调查情况综合确定。

(2)已有成果数据库。行政区划矢量数据来自大兴区2014年土地利用现状变更调查数据。有效土层厚度、剖面构型、土壤质地来自北京市第二次土壤普查数据(1:5万);田块状况来自大兴区2007年农用地分等样点调查数据;土壤pH值、土壤有机质(碳)、速效磷、速效钾来自2010年北京市测土配方施肥数据;阳离子交换量来自2010年土壤实际采样点数据。

(3)遥感影像解译。农田防护配套通过遥感影像解译,并结合实地调查综合确定。田间道路通达度利用Google Earth提供的北京市2014年路网数据裁剪后测算得到。

(4)相关文献资料。重金属含量数据来自《土壤重金属和养分的空间变异分析及其评价研究——以北京市大兴区为例》^[20]中提供的2008年实际采样测量的91个样点数据,根据土壤样品采用点分布图,确定污染样点坐标,利用ArcGIS将其与其他信息进行空间挂接,对点状数据建立500m缓冲带。

3.3 评价单元的确定

依据大兴区2014年土地利用现状变更调查数据,提取其中的耕地地类图斑作为评价单元,全区评价单元共计13 754个,总面积 $40\,816.57\text{hm}^2$,评价比例尺为1:1万。

3.4 评价指标分级及权重的确定

根据耕地质量评价指标的选取原则,结合大兴区实际情况,考虑评价指标的可获取性和经济性对评价指标进行选取。由于在短时间内较难获取土壤蚯蚓数量,且近些年缺少关于大兴区蚯蚓数量方面的研究,因此在以大兴区为例的实证研究中,仅考虑了耕地生态质量中的土壤有机碳指标。各质量维度指标的分级及赋分规则分别依据《农用地质量分等规程》(GB/T28407-2012)^[22]、《食用农产品产地环境质量评价标准》(HJ/T332-2006)^[21]及相关研究成果确定。采用定性和定量相结合的方法对评价指标的权重进行确定。首先利用层次分析法初步确定各指标权重;然后采用专家打分法再次确定各指标权重,在此期间收集了3所全国重点高校,6名相关研究领域专家提供的匿名指标权重表。最后,结合两种方法综合确定各评价指标权重。土壤

质量维度指标分级、赋分规则及权重分别见表2—表4,管理质量和生态质量维度指标分级、赋分规则及权重见表5、表6(表6见第743页)。

地质量指数,并采用自然断点法将其分为五等。利用ArcGIS的图件分析功能,形成耕地质量评价的等级分布(图2,见第743页)。

4 评价结果及分析

4.1 评价结果分析

依据2.4章节中确定的评价方法确定大兴区耕

评价结果显示,一等地和五等地数量相对较少,三等地较多,其中一等地占总耕地面积的0.52%,二等地占总耕地面积的25.54%,三等地占总

表2 大兴区土壤质量评价指标(不含土壤养分和微量元素)赋分规则及权重

Table 2 Score standard and weights of indicators of soil quality (except soil nutrient elements and trace elements) in Daxing District								
指标	分值	类型	权重	指标	分值	类型	权重	
耕层质地	100	壤土	0.10	障碍层深度/cm	100	60~90	0.10	
	90	黏土			80	30~60		
	70	砂土			60	≤30		
	40	砾质土		pH 值	100	6.0~7.9	0.10	
剖面构型	100	通体壤、壤/砂/壤	0.04		90	5.5~6.0, 7.9~8.5		
	90	壤/黏/壤			80	5.0~5.5, 8.5~9.0		
	70	砂/黏/砂、壤/粘/黏、壤/砂/砂			60	4.5~5.0		
	60	砂/黏/黏		40	≤4.5, 9.0~9.5			
	50	黏/砂/黏、通体黏、黏/砂/砂		10	>9.5			
40	通体砂、通体砾	土壤有机质	100	>40	0.10			
耕作层厚度	100		>20	0.10		/(g/kg)	90	40~30
	90		15~20				80	30~20
	70		10~15				70	20~10
	40	≤10	60		10~6			
有效土层厚度	100	>150	0.14	容重	50	≤6	0.10	
	90	100~150			100	1~1.25		
	70	60~100			90	≤1, 1.25~1.35		
	50	30~60			70	1.35~1.45		
电导率	30	≤30	0.04	土壤阳离子交换量	50	1.45~1.55	0.04	
	100	≤1 000			100	>20		
	90	1 000~2 000			90	15.4~20		
	70	2 000~5 000			70	10.5~15.4		
40	>5 000	50	6.2~10.5					
-	-	-	-	30	≤6.2			

表3 大兴区土壤养分元素指标赋分规则及权重

Table 3 Score standard and weights of soil nutrient elements in Daxing District							
分值	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	有效硅/(mg/kg)	有效硫/(mg/kg)	有效钙/(mg/kg)	有效镁/(mg/kg)	权重
100	>20	>200	>230	>30	>1 000	>300	0.10
90	15~20	150~200	115~230	16~30	700~1 000	200~300	
70	10~15	100~150	70~115	≤16	500~700	100~200	
50	5~10	50~100	25~70		300~500	50~100	
30	4~5	30~50	≤25		≤300	≤50	
10	≤4	≤30.0					

表4 大兴区土壤有效态微量元素指标赋分规则及权重

Table 4 Score standard and weights of soil trace elements in Daxing District

分值	有效铁 /(mg/kg)	有效硼 /(mg/kg)	有效铜 /(mg/kg)	有效锌 /(mg/kg)	有效锰 /(mg/kg)	有效铝 /(mg/kg)	权重
100	>20.0	>2.0	>1.8	>3.0	>30.0	>0.30	0.04
90	10.0~20.0	1.0~2.0	1.0~1.8	1.0~3.0	15.0~30.0	0.20~0.30	
70	4.5~10.0	0.5~1.0	0.2~1.0	0.5~1.0	5.0~15.0	0.15~0.20	
50	2.5~4.5	0.2~0.5	0.1~0.2	0.3~0.5	1.0~5.0	0.10~0.15	
30	≤2.5	≤0.2	≤0.1	≤0.3	≤1.0	≤0.10	

表5 大兴区耕地管理质量评价指标赋分规则及权重

Table 5 Score standard and weights of indicators of cultivated land management quality in Daxing District

指标	分值	类型	权重
田块状况	100	田块整齐,平整程度好,完全满足农业机械化和规模化经营要求	0.15
	90	田块较整齐,平整程度好,满足农业机械化和规模化经营要求	
	70	田块较整齐,平整程度较好,基本满足农业机械化和规模化经营要求	
	40	田块整齐性差,平整程度差,不能满足农业机械化和规模化经营要求	
灌溉和排水条件	100	灌溉可充分满足,包括水田和可随时灌溉的水浇地;排水有健全的干支斗农排水沟道(包括抽排),无洪涝灾害	0.20
	90	灌溉能基本满足,有良好的灌溉系统,在关键需水生长季节有灌溉保证的水浇地;排水体系基本健全,丰水年暴雨后有短期洪涝发生(田面积水 1~2d)	
	70	灌溉一般能满足,有灌溉系统,但在大旱年不能保证灌溉的水浇地;排水体系一般,丰水年大雨后有洪涝发生(田面积水 2~3d)	
	40	无灌溉和排水条件,包括旱地和望天田,一般年份在大雨后发生洪涝(田面积水>3d)	
田间道路通达度	100	田间路、生产路布局合理,通达度高,农业运输机械能到达每个田块	0.15
	90	田间路、生产路布局合理,通达度较高,农业运输机械能达到大部分田块	
	70	田间路、生产路布局较合理,通达度一般,农业运输机械能达到项目区	
	40	田间路、生产路布局不合理,通达度差,不能满足机械化运输要求	
农田防洪标准/年	100	>10	0.15
	90	5~10	
	70	3~5	
	40	≤3	
农田供电保证率	100	农田电力基础设施完善,可完全满足农田用电需求	0.15
	90	农田电力基础设施一般,基本满足农田用电需求	
	70	农田电力基础设施较差,不能满足农田用电需求	
	40	无农田电力基础设施,完全不能满足农田供电需求	
农田防护配套	100	农田防护配套程度较高或水土保持措施健全,符合规划设计规范中的农田防护标准	0.20
	90	农田防护配套措施一般,不能对防护范围内的农田起到完全防护作用	
	70	农田防护配套措施较差,防护范围内的农田防护作用较差	
	40	农田防护配套设施缺损严重,农田受到风蚀沙化或水土流失威胁	

耕地面积的 39.10%,四等地占总耕地面积的 28.51%,五等地占总耕地面积的 6.34%。整体来看,大兴区位于北京市南部,地理位置优势明显,经济、交通及区位条件较好。其耕地的灌溉和排水条件、道路通达度以及农田防护水平等全区范围内均较

高,因此,管理质量差异较小;但是土壤质量和环境质量以及生态质量在全区范围内具有一定的差异。具体来看:

耕地质量等别较高的一等地和二等地,主要分布在瀛海、黄村地区、安定、青云店、长子营等镇,在

2018年4月

表6 大兴区耕地生态质量评价指标赋分规则^[23]

Table 6 Score standard of cultivated land ecological quality in Daxing District

指标	分值	土壤有机碳含量
土壤有机碳 /(g/kg)	100	>20
	90	10~20
	80	4~10
	70	2~4
	60	≤2

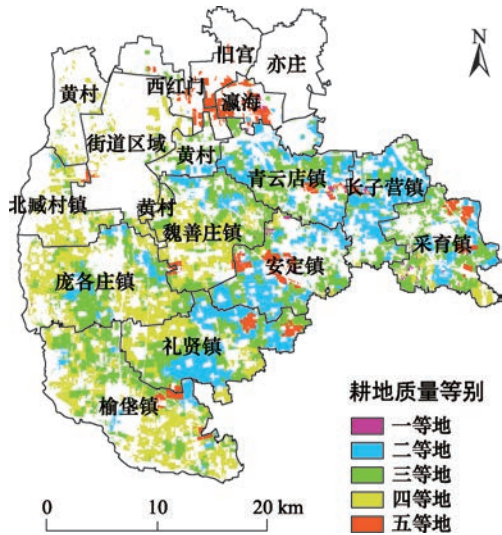


图2 大兴区耕地质量等别空间差异示意

Figure 2 Evaluation grade of cultivated land quality in Daxing District

榆堡、庞各庄、礼贤等镇也有零星分布。该区域土壤质地多为壤质,养分元素和有机质含量均高,蓄水保肥能力强,且没有受到重金属污染,加上灌溉和排水条件及道路通达度高,便于田间管理。因此,该地区耕地质量等别较高。

耕地质量等别一般的三等地和四等地主要分布在大兴区的东部、西南部和中部,这些区域土壤质地多为壤质,部分砂质或黏质,剖面构型多以夹层质地和体层质地为主,有机质含量相对较低,蓄水保肥能力相较等别较高的耕地差,土壤质量和生态质量相对较弱。因此,耕地质量等别一般。

耕地质量等别最低的五等地主要分布在西红门、榆堡、街道区域、礼贤和采育等镇的部分区域,土壤质地除瀛海部分区域存在黏土外,其他区域以壤质为主。土壤剖面构型中存在黏土层,部分地区有砂姜存在。另外,该地区养分元素和有机质含量相对较高,但是由于该区域受到重金属污染,不能

满足生产绿色食品的要求,因此,虽然该地区土壤质量和生态质量相对较好,但环境质量最差导致其耕地质量等别最低。

通过以上分析,大兴区耕地质量大体上处于中等偏上水平,其管理质量整体差异不大,通过分析影响耕地质量等别的各因素,虽然土壤质量和生态质量对整个区域的耕地质量有一定的限制,但是环境质量是制约大兴区耕地质量提高的主要质量维度。

4.2 与相关计算结果对比

将评价结果与耕地地力计算结果、农用地分等成果分别进行定性和定量对比。首先,由于各成果选取指标和计算方法不同,导致结果不能直接进行定量比较。因此在与相关成果定量对比前,需要对各成果数据进行无量纲化处理,即进行数据的标准化。本文采用Z-score模型,这种方法基于原始数据的均值和标准差进行数据的标准化,通过该模型将各成果指数转换成为均值为0,方差为1的无量纲数值,使其具有可比性;其次,使耕地质量指数与其他成果作减后取绝对值;再次,由于自然断点法考虑了数据的自然分组,可以更好地区分各成果指数值差距情况,因此利用自然断点法,将相减后的数据划分为三个区间。

4.2.1 与耕地地力计算结果对比

根据《耕地地力评价技术方法规程》^[24],选取土壤质地、有机质含量、有效土层厚度、质地构型、灌溉保证率、排涝能力、有效磷、速效钾、坡度、坡向等10项指标,按照层次分析法建立北京市大兴区耕地地力评价指标体系。结合大兴区实际情况,在专家组的指导下确定单项指标的合理阈值及对应评分;采用专家打分法和层次分析法相结合的方法确定各评价因子的权重;采用指数和法对评价单元综合地力指数进行计算;根据北京市耕地地力等级区间,划定大兴区耕地地力等级。

地力等别结果显示(图3a),高地力水平的一等地和二等地分布在大兴区的大部分区域,占总耕地面积比例高达91.65%;中低地力水平的三等地和四等地主要分布在大兴区的西部、西南部和中部地区的榆堡、庞各庄、礼贤、魏善庄等镇,仅占总耕地面积的8.35%。从空间分布来看,两成果趋势较为一

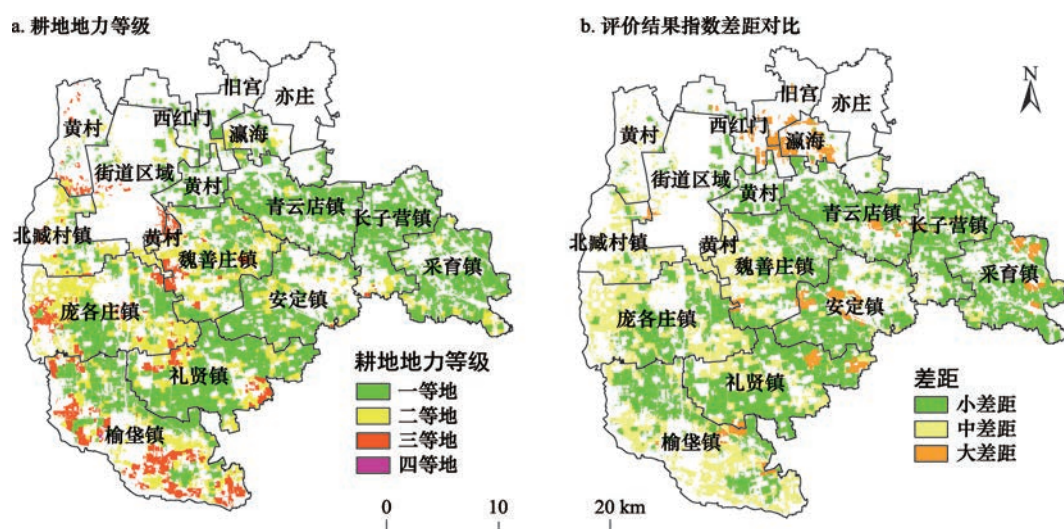


图3 大兴区耕地地力等级及评价结果指数差距对比示意

Figure 3 Cultivated land productivity grade and evaluation index comparison in Daxing District

致,即较高等级的耕地主要分布在土层深厚、灌溉条件较好的地区,中低等级的耕地主要分布在质地较粗或剖面构型不良等障碍因子存在的地区。定量对比结果显示(图3b),小差距的耕地占总面积的比例高达64.39%,中差距的占总面积的29.26%,而大差距仅占6.35%。两评价结果的差别除了指标的选择、权重以及分级方法不同外,最主要的原因是耕地地力评价重点考虑耕地土壤质量,仅考虑了灌溉保证率、排涝能力两项管理质量指标,并未考虑

田块状况、道路通达度等,且未考虑耕地环境质量。

4.2.2 与农用地分等成果对比

依据2014年土地利用现状变更调查成果,大兴区农用地利用等共划分七个等别。

利用等别结果显示(图4a),大兴区的农用地利用等别同样呈现从东北部到西南部逐渐降低的斜向条带状分布。利用等较低的农用地主要分布在该区西南部的庞各庄、榆垓、礼贤等镇,此外在安定镇、采育镇和长子营镇也有零星分布,这些农地的

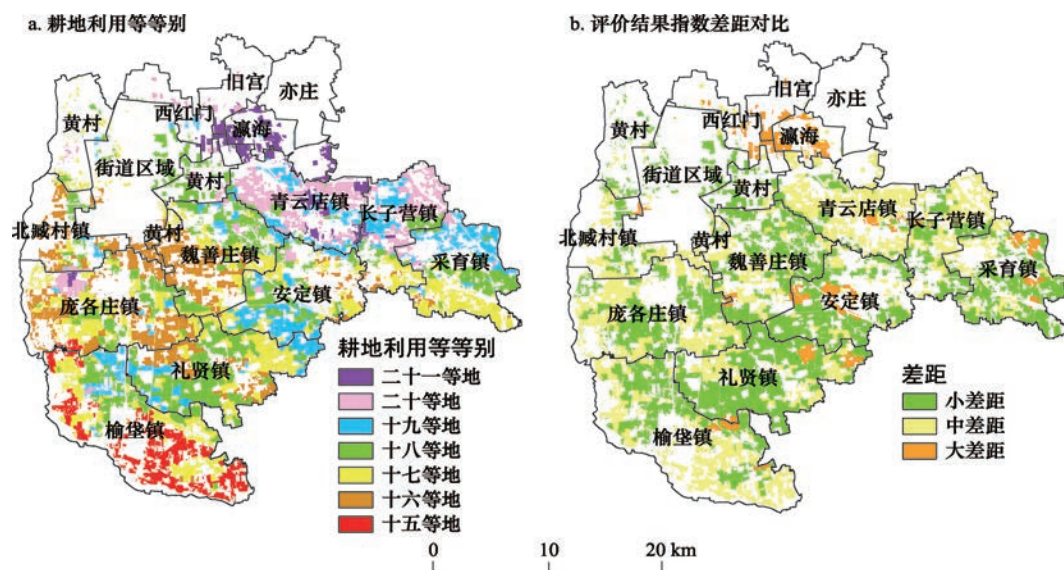


图4 大兴区农用地利用等及评价结果指数差距对比示意

Figure 4 Cultivated land utilizable grade and evaluation index comparison in Daxing District

2018年4月

实际产出水平较低;利用等较高的农用地主要分布在该区的东北部和东部的西红门、旧宫、亦庄、瀛海、青云店和长子营等镇,黄村镇等地区也有零星分布,这些农地的实际产出水平较高。定量对比结果显示(图4b),小差距的耕地占总面积54.16%,中差距占总面积的39.60%,而大差距占总面积的6.27%。两评价结果最主要的差异在于农用地利用等在计算时考虑了人类对耕地投入意愿、土地产出效益等因素,但未考虑农用地的环境质量。

5 结论与讨论

5.1 结论

(1)本研究在充分考虑“需求-质量维度-指标-限制系数-耕地质量”关系基础上,从耕地的土壤、管理、生态和环境四个质量维度,融合了现有农用地质量分等、耕地地力、土壤环境等相关指标构建了耕地质量评价指标体系。另外,依据所构建的指标体系,采用限制系数逐级修正的方法对大兴区耕地质量进行了评价。

(2)通过大兴区的应用研究,评价结果表明,大兴区一等地和五等地数量相对较少,三等地较多,耕地质量大体上处于中等偏上水平;质量等别相对较高的耕地主要分布在大兴区的东部和中部地区,质量等别最低的耕地在整个区域范围内零散分布;大兴区耕地管理质量在全区范围内差异较小,环境质量是制约耕地质量提高的主要质量维度;评价结果与耕地地力评价和农用地质量分等成果有一定的差异性,经对比分析,环境质量是出现差异最主要的质量维度。

(3)利用本研究提出的评价方法不仅可以对耕地质量进行评价,还可测算单维度耕地质量,这有利于识别限制质量维度,为区域耕地质量提升提出针对性的对策以及耕地质量的综合管理提供理论基础。

5.2 讨论

本研究综合考虑了耕地质量不同维度,并利用限制系数逐级修正的方法对大兴区耕地质量进行了评价,对目前耕地质量评价体系和评价方法均进行了丰富和完善。但由于所需数据源多,指标存在年份不同等问题,建议在后期的研究和应用过程中,对于年际间存在差异的养分元素、有益微量元素等指标,应尽量利用当年外业采集的数据进行耕

地质量的评价。另外,由于管理质量和生态质量限制系数的确定具有一定的主观性,如何更科学客观的确定仍有待进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国国土资源部. 农用地质量分等定级估价国标实施[EB/OL]. (2012-09-29)[2017-06-02]. http://www.mlr.gov.cn/xwdt/jrxw/201209/t20120929_1145170.htm. [Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Implementation of the Regulation for Gradation, Classification and Valuation on Agriculture Land [EB/OL]. (2012-09-29)[2017-06-02]. http://www.mlr.gov.cn/xwdt/jrxw/201209/t20120929_1145170.htm.]
- [2] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业部公告 第1033号[EB/OL]. (2008-05-30)[2017-06-02]. http://www.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/gg/200805/t20080530_1052239.htm. [Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Announcement of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China No. 1033 [EB/OL]. (2008-05-30)[2017-06-02]. http://www.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/gg/200805/t20080530_1052239.htm.]
- [3] 中华人民共和国农业部. 国家标准《耕地质量等级》发布[EB/OL]. (2017-01-06)[2017-06-02]. http://www.moa.gov.cn/zwllm/zwdt/201701/t20170105_5425379.htm. [Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Implementation of the National Standard "Cultivated Land Quality Grade" [EB/OL]. (2017-01-06)[2017-06-02]. http://www.moa.gov.cn/zwllm/zwdt/201701/t20170105_5425379.htm.]
- [4] 中华人民共和国环境保护部. 土壤环境质量标准[EB/OL]. (1996-03-01)[2017-06-02]. http://kjs.mep.gov.cn/hjbhzb/bzwb/trhj/trhjzlbz/199603/t19960301_82028.shtml. [Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Environmental Quality Standard for Soils[EB/OL]. (1996-03-01)[2017-06-02]. http://kjs.mep.gov.cn/hjbhzb/bzwb/trhj/trhjzlbz/199603/t19960301_82028.shtml.]
- [5] 奉婷, 张凤荣, 李灿, 等. 基于耕地质量综合评价的县域基本农田空间布局[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1):200-210. [Feng T, Zhang F R, Li C, et al. Spatial distribution of prime farmland based on cultivated land quality comprehensive evaluation at county scale[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(Transactions of the CSAE)*, 2014, 30(1):200-210.]
- [6] 吴克宁, 高硕, 汤怀志, 等. 农用地分等与土地质量地球化学评估整合方案的探讨[C]. 北京:2008年中国土地学会学术年会论文集, 2008. [Wu K N, Gao S, Tang H Z, et al. Discussions on Combination of Agricultural Land Classification and Land Quality Geochemical Assessment[C]. Beijing: Symposium of China Soil Society Annual Meeting in 2008, 2008.]
- [7] 路婕, 李玲, 吴克宁, 等. 基于农用地分等和土壤环境质量评价

- 的耕地质量评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2):323-329.[Lu J, Li L, Wu K N, et al. Cultivated land comprehensive quality evaluation based on agricultural land classification and soil environmental quality evaluation[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(2):323-329.]
- [8] 刘需珈, 吴克宁, 赵华甫. 基于农用地分等与土地质量地球化学评估的耕地质量监测类型研究[J]. 资源科学, 2015, 37(1):37-44.[Liu P J, Wu K N, Zhao H F. Cultivated land quality monitoring types base on agricultural land classification and land quality geochemical assessment[J]. *Resources Science*, 2015, 37(1):37-44.]
- [9] Bouma J. A procedure to derive land quality indicators for sustainable agricultural production[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 1998, 85(1):103-110.
- [10] 孔祥斌, 刘灵伟, 秦静. 基于农户土地利用行为的北京大兴区耕地质量评价[J]. 地理学报, 2008, 63(8):856-868.[Kong X B, Liu L W, Qin J. Arable land evaluation based on the household land use behavior in Daxing District of Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(8):856-868.]
- [11] 张蚌蚌, 孔祥斌, 郇文聚, 等. 我国耕地质量与监控研究综述[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(2):216-222.[Zhang B B, Kong X B, Yun W J, et al. A review on quality and monitoring of arable land in China [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2015, 20(2): 216-222.]
- [12] 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.[Shen R F, Chen M J, Kong X B, et al. Conception and evaluation of quality of arable land and strategies for its management[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2012, 49(6):1210-1217.]
- [13] 朱永恒, 濮励杰, 赵春雨. 景观生态质量评价研究-以吴江市为例[J]. 地理科学, 2007, 27(2):182-187. [Zhu Y H, Pu L J, Zhao C Y. Evaluation of landscape ecological quality: a case study in Wujiang County[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(2):182-187.]
- [14] 傅伯杰, 于丹丹, 吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系[J]. 生态学报, 2016, 37(2):341-348.[Fu B J, Yu D D, Lv N. An indicator system for biodiversity and ecosystem services evaluation in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(2):341-348.]
- [15] 吕贻忠, 李保国. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社, 2006.[Lv Y Z, Li B G. Soil Science[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2006.]
- [16] 林卡, 李德成, 张甘霖. 土壤质量评价中文文献分析[J]. 土壤通报, 2017, 48(03): 736-744. [Lin K, Li D C, Zhang G L. Literature Analysis on Soil Quality Assessment in China based on CNKI Database[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2017, 48(03): 736-744.]
- [17] 段舜山, 骆世明. 生态系统原理与可持续农业[J]. 应用生态学报, 1997, 8(6):663-668.[Duan S S, Luo S M. Principles of ecosystem and sustainable agriculture[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(6):663-668.]
- [18] 张凤荣, 王印传, 齐伟. 耕地资源持续利用管理评价指标体系初探[J]. 地理与地理信息科学, 2002, 18(1):50-53.[Zhang F R, Wang C Y, Qi W. Research on the indicators for evaluating sustainable farmland use[J]. *Geography and Territorial Research*, 2002, 18(1):50-53.]
- [19] 陈百明. 区域土地可持续利用指标体系框架的构建与评价[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3):204-215.[Chen B M. Design and evaluation of indicator system of regional land for sustainable use [J]. *Progress in Geography*, 2002, 21(3):204-215.]
- [20] 王凤春. 土壤重金属和养分的空间变异分析及其评价研究[D]. 北京:首都师范大学, 2009.[Wang F C. The Research on the Evaluation and Spatial Variability of Soil Heavy Metals and Nutrients-A Case Study in Daxing District Of Beijing[D]. Beijing:Capital Normal University, 2009.]
- [21] 中华人民共和国环境保护部. HJ/T332-2006 食用农产品产地环境质量评价标准[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2006. [Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. HJ/T332-2006 Farmland Environmental Quality Evaluation Standards for Edible Agricultural Products[S]. Beijing:China Environmental Science Press, 2006.]
- [22] 中华人民共和国国土资源部. GB/T 28407-2012 农用地质量分等规程[S]. 北京:中国标准出版社, 2012. [Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. GB/T 28407-2012 Regulation for Gradation on Agriculture Land Quality [S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.]
- [23] 赵春江. 数字农业信息标准研究-作物卷[M]. 北京:中国农业出版社, 2004.[Zhao C J. Research on Information Standards for Digital Agriculture:Crops[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2004.]
- [24] 中华人民共和国农业部. NY/T1634-2008 耕地地力调查与质量评价技术规程[S]. 北京:中国农业出版社, 2008. [Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY/T1634-2008 Rules for Soil Quality Survey and Assessment [S]. Beijing:China Agriculture Press, 2008.]

Evaluation of cultivated land quality based on four quality dimensions

XIN Yunna^{1,2}, FAN Shuyin^{2,3}, KONG Xiangbin^{1,2}, ZHANG Bangbang⁴,
WEN Liangyou^{1,2}, ZHANG Qingpu^{1,2}

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Key Laboratory of Agricultural Land Quality and Monitoring of Land and Resource, Beijing 100193, China;

3. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China;

4. College of Economics and Management, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Cultivated land use and protection require multidimensional management of cultivated land quality. As the quality evaluation of cultivated land at the county level is the basis of quality management of cultivated land in China, we built a comprehensive quality indicator system at the county level under the multidimension of cultivated land quality including soil, ecology, environmental and management quality based on the theoretical framework of ‘demand - quality dimension - indicator - limiting coefficient - comprehensive quality of cultivated land’. This research was carried out in Daxing District of Beijing using multi-source and multi-scale data and step by step modification by limit coefficient. We found that the quality of cultivated land in Daxing District was in the middle level, while environmental quality was the main dimension restricting the promotion of cultivated land quality. The result is different from the achievement of cultivated land productivity evaluation and agricultural land utilization classification since the environmental quality of cultivated land was considered in our evaluation. The cultivated land quality evaluation index system integrated indicators of agricultural land quality, cultivated land productivity and soil environment which has strong inclusiveness and openness. The differences in county cultivated land quality were objectively reflected in the evaluation result via step by step modification through limit coefficients according to non-additive and limiting factors. Cultivated land quality evaluation in this study is an effective supplement to the existing evaluation achievement and could support China's trinity management strategy of cultivated land as it not only properly evaluates the comprehensive quality of cultivated land but also quantitatively evaluates sub-dimension quality.

Key words: cultivated land quality; quality dimension; limiting coefficient; indicator system; Daxing District of Beijing