

董莉莉,吴克宁,魏洪斌,等. 我国中部粮食主产区耕地质量等别限制因素及提升对策[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):419-424.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.127

我国中部粮食主产区耕地质量等别限制因素及提升对策

董莉莉¹, 吴克宁^{1,2}, 魏洪斌¹, 赵华甫^{1,2}

[1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院,北京 100083; 2. 国土资源部土地整治重点实验室,北京 100035]

摘要:以我国中部典型县域为例,探讨耕地质量等别分布特征,系统分析区域耕地质量等别限制因素,提出不同区域耕地质量的提升对策。以县域农用地分等更新成果为研究对象,通过 ArcGIS 叠加分析与数据统计,综合对比分析耕地质量等别与不同分等因素的关系与规律。研究表明,5 个典型县域耕地质量等别总体较高,以中、高等地为主,有少量优等地分布,各区域耕地质量存在共性的自然和利用限制因素,也存在特有的限制因素,土地整治应因地制宜提升耕地质量。这说明开展耕地质量保护与提升工程建设,既要改良耕地质量共性限制因素,更要着眼于不同区域的特有限制因素,制定区域差别化的耕地质量提升对策。

关键词:农用地分等;耕地质量;限制因素;提升策略;典型县域

中图分类号: F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0419-06

我国实行最严格的耕地保护制度,耕地作为农业生产的基本资料,其数量与质量状况影响粮食生产能力,对保障经济发展、维持社会稳定具有决定性作用。当前我国的耕地保护工作已从单一的数量管理向数量、质量、生态三位一体的管护转变,而我国耕地质量总体偏低,中低产田面积比重大,耕地质量日益引起重视。2009 年完成的农用地分等定级工作,第一次实现耕地质量全国可比,为推进耕地资源保护利用、保障农业生产与粮食安全发挥了重要作用。

我国耕地资源保护和国家粮食安全保障已上升为一个紧迫的重大战略问题^[1-3]。近年来,我国耕地质量问题引起众多学者关注,为科学量化耕地资源的数量、质量和分布,充分认识耕地资源特点,相关学者依据农用地分等成果及其应用,开展了大量相关研究工作。如从大区和省域层面研究耕地资源分布特征,司振中等研究了中国耕地资源的区域差异及保

护问题^[4],关兴良等研究了中国耕地变化的空间格局与重心曲线动态分析^[5],王洪波等研究了中国耕地等别异特性及其对耕地保护的影响^[6],孔祥斌等研究了中国西部区耕地等别空间分布特征^[7];在省域尺度,相关学者对河北、江苏、重庆耕地等别分布规律进行了研究^[8-10],国内学者开展了耕地质量等别的研究工作,在耕地产能分异^[11-13]、耕地质量变化^[14-16]、耕地质量评价^[17-18]、耕地质量监测^[19-23]、产能核算与提升潜力研究^[24-27]及耕地质量“占补平衡”^[28-29]等方面开展了大量工作,并取得了一定的研究成果,为全面认识耕地质量等别分布特征提供了理论依据。我国中东部地区承担着社会经济发展与粮食安全保障的双重任务,作为人口密集分布区,人地矛盾突出,是我国经济发展与粮食生产的主要集中区。中部地区由于受不同的自然气候因素与社会经济条件影响,耕地质量等别分布特征不同,其主要限制因素也具有区域差异性,系统研究中东部典型县域耕地质量等别主导限制因素及提升策略具有重要现实意义。

基于我国中部粮食主产区典型县域耕地分等成果,选取黑龙江海伦市、吉林省农安县、河南省禹州市、湖北省公安县、江西省吉安县,分别代表东北区、黄淮海区、长江中下游区、江南区,通过 ArcGIS 进行数据处理与统计分析,对比 5 个典型县域的耕地质量等别特征,分布状况以及耕地质量等别限制因素的

收稿日期:2015-10-20

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项(编号:201511082-2)。

作者简介:董莉莉(1979—),女,河南信阳人,博士研究生,主要从事土地评价与规划研究。E-mail:dlluegh@126.com。

通信作者:吴克宁,教授,博士生导师,主要从事土地评价与规划研究。E-mail:knwu@sohu.com.cn。

[10]李旭文,牛志春,姜 晟,等. Landsat 8 卫星 OLI 遥感影像在生态环境监测中的应用研究[J]. 环境监控与预警,2013,5(6):1-5.

[11]马 驰. 松嫩平原土地盐碱化研究[J]. 吉林农业大学学报,2014,36(3):333-337.

[12]栾福明,张小雷,熊黑钢,等. 基于 TM 影像的荒漠—绿洲交错带土壤有机质含量反演模型[J]. 中国沙漠,2014,34(4):1080-1086.

[13]Ben-Dor E. Quantitative remote sensing of soil properties[J]. Advances in Agronomy,2002,75:173-243.

[14]Karnieli A, Verchovsky I, Hall J K, et al. Geographic information sys-

tem for semi-detailed mapping of soil in semi-arid region[J]. Geocarto International,1998,13(3):29-42.

[15]李润林,姚艳敏. 基于 TM 影像和地形数据的土壤有机质空间分布[J]. 湖北农业科学,2014,53(2):312-316.

[16]曾远文,陈 浮,王雨辰,等. 采煤矿区表层土壤有机质含量遥感反演[J]. 水土保持通报,2013,33(2):169-172.

[17]刘 娇,李 毅,刘世宾. 光谱测定黑河上游土壤有机质的预测模型[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(2):3354-3358.

[18]李媛媛,李 微,刘 远,等. 基于高光谱遥感土壤有机质含量预测研究[J]. 土壤通报,2014,45(6):1313-1318.

差异,提出不同区域耕地质量等别提升的相应对策,以期为划定耕地质量保护与提升重点区域、开展土地整治与高标准农田建设、制定差别化的耕地利用保护政策提供理论依据。

1 数据来源与研究方法

采用的县域农用地分等数据来自各县的2012年农用地分等补充完善成果,以shape格式存储于ArcGIS格式数据库中。

利用ArcGIS软件对5个典型县域农用地分等成果进行处理,以5个典型县域耕地质量国家级等别作为基础数据,通过Arcgis空间统计分析、叠加分析以及综合分析等数据处理方法,对比分析典型县域耕地自然质量等别、利用等别、经济等别分布特征,及与各分等因素如土壤类型、标准耕作制度、灌排条件、坡度及区域本底条件的相关关系及规律。根据国家对于耕地质量等别的统一划分标准,将县域国家级耕地质量自然等别、利用等别、经济等别进行划分,按照1~4等、5~8等、9~12等、13~15等划分为优等、高等、中等、低等4个类型。

本研究在计算区域内耕地质量平均等别时采用面积加权平均法^[10],首先统计出各等别耕地的总面积,然后进行各个等别耕地面积加权:

$$Y = \frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i_{\max}} i \times F_i}{F_{\text{总}}}$$

式中:Y为耕地等别平均值;i为耕地等别; i_{\min} 为耕地等别最小值; i_{\max} 为耕地等别最大值; F_i 为i等耕地面积(hm^2); $F_{\text{总}}$ 为耕地总面积(hm^2)。

2 结果与分析

2.1 耕地质量等别特征综合分析

2.1.1 耕地自然质量等别分布特征 通过对比分析5个县域耕地自然质量等别,东北区的黑龙江海伦、吉林农安耕地自然质量等别范围为9~11等,8~12等,平均自然质量等别为10.1、9.4等,其中面积最大的为10、9等地,分别占耕地面积的65.6%、58.36%,耕地类型集中分布在中、高等地;黄淮海区的河南禹州耕地自然质量等别范围为6~10等,平均自然质量等别为7.6等,其中面积最大的为7等地,占耕地面积的58.54%,耕地类型集中分布在中、高等地;长江中下游区的湖北公安耕地自然质量等别范围为2~7等,平均自然质量等别为3.5等,其中面积最大的为3等,占耕地面积的47.54%,耕地类型集中分布在优、高等地;江南区的江西吉安耕地自然质量等别范围为8~12等,平均自然质量等别为9.1等,其中面积最大的为9等地,占耕地面积的59.98%,耕地类型集中分布在中、高等地(图1、图2)。

2.1.2 耕地利用等别分布特征 通过对比分析5个县域耕地利用等别,东北区的黑龙江海伦、吉林农安耕地利用等别范围为9~12等、8~12等,平均利用等别为10.3、9.4等,其中面积最大的为10、9等地,分别占耕地面积的67.97%、44.94%,耕地类型集中分布在中、高等地;黄淮海区的河南禹州耕地利用等别范围为7~11等,平均利用等别为8.0等,其中面积最大的为7等地,占耕地面积的47.77%,耕地类型集中分布在

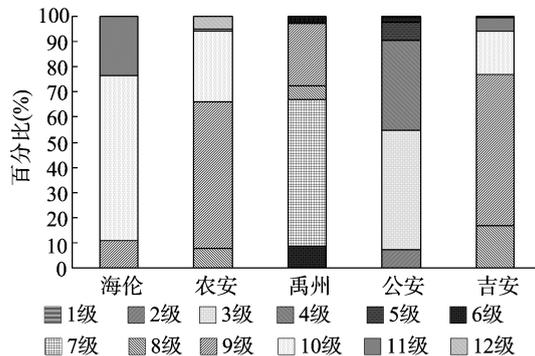


图1 县域耕地自然质量等别结构

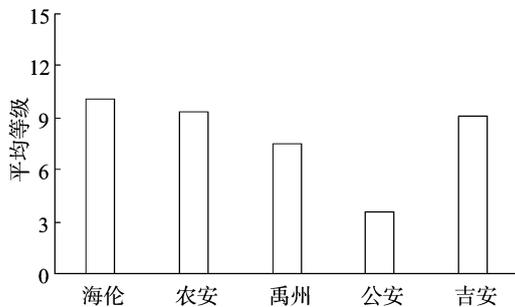


图2 县域耕地平均自然质量等别分布

中、高等地;长江中下游区的湖北公安耕地利用等别范围为1~8等,平均利用等别为4.2等,其中面积最大的为4等,占耕地面积的33.41%,耕地类型集中分布在优、高等地;江南区的江西吉安耕地利用等别范围为4~11等,平均利用等别为7.0等,其中面积最大的为7等地,占耕地面积的36.97%,耕地类型集中分布在中、高等地,仅有少量优等地分布(图3、图4)。

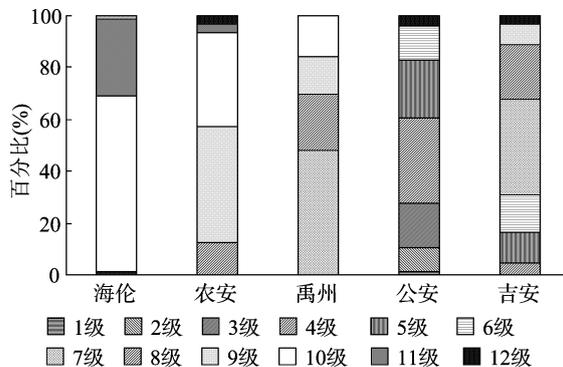


图3 县域耕地利用质量等别结构

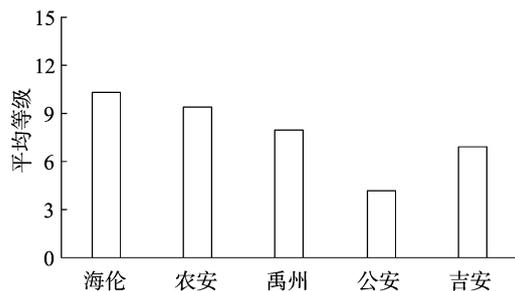


图4 县域耕地平均利用质量等别分布

2.1.3 耕地经济等别分布特征 通过对比分析5个县域耕地经济等别,东北区的黑龙江海伦、吉林农安耕地经济等别范围为9~12等,8~11等,平均经济等别为10.7、9.1等,其中面积最大的为11、9等地,分别占耕地面积的63.36%、46.94%,耕地类型集中分布在中、高等地;黄淮海区的河南禹州耕地经济等别范围为5~10等,平均经济等别为7.2等,其中面积最大的为7等地,占耕地面积的36.07%,耕地类型集中分布在中、高等地;长江中下游区的湖北公安耕地经济等别范围为2~5等,平均经济等别为3.0等,其中面积最大的为3等,占耕地面积的43.24%,耕地类型集中分布在优、高等地;江南区的江西吉安耕地经济等别范围为3~12等,平均经济等别为7.4等,其中面积最大的为7等地,占耕地面积的30.54%,耕地类型主要分布在中、高等地,优等地所占比例较小(图5、图6)。

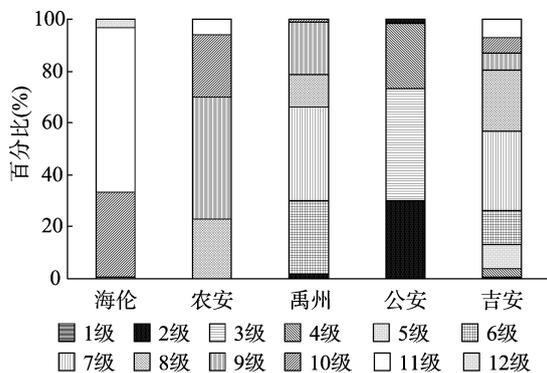


图5 县域耕地经济等别结构

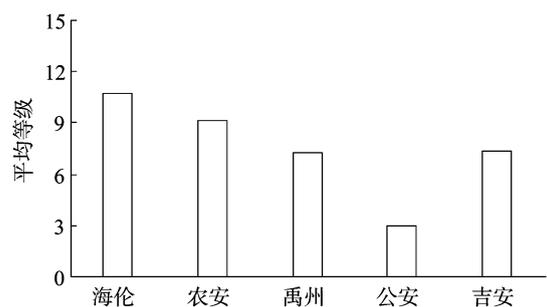


图6 县域耕地平均经济等别分布

通过对比分析可以看出,黑龙江海伦市、吉林农安县耕地质量等别偏低,江西吉安县、河南禹州市耕地质量等别处于中等水平,湖北公安县耕地质量等别较高。根据全国耕地质量等级调查与评定结果,全国农用地平均利用等别为9.8等,与全国农用地平均利用等别相比,除黑龙江海伦市耕地利用等别低于全国农用地平均利用等别外,其余4个县域耕地平均利用等别均高于全国农用地平均利用等别。从耕地等别类型来看,5个典型县域耕地以中、高等地为主,优等地分布较少,无低等地分布,5个典型县域耕地的自然质量等别、利用等别、经济等别在分布范围、各等别面积所占比例及平均等别方面均具有一定的差异性,5个典型县域耕地自然质量等别高低顺序为:湖北公安>河南禹州>江西吉安>吉林农安>黑龙江海伦;利用等别高低顺序为:湖北公安>江西吉安>河南禹州>吉林农安>黑龙江海伦;经济等别高低顺序为:湖北公安>河南禹州>江西吉安>吉林农安>黑龙江海伦。

2.2 耕地质量等别限制因素分析

依据《农用地质量分等规程》(GB/T 28407—2012)以及5个典型县域所在的标准耕地制度一级指标区,从耕地的自然本底条件和建设条件方面,分别选取有效土层厚度、土壤pH值、土壤有机质含量、障碍层距地表深度、岩石露头度、坡度、表层土壤质地、灌溉保证率、排水条件、土壤盐渍化程度、灌溉水源、农田林网化程度综合分析不同标准耕作制度指标区内5个典型县域耕地质量等别的关键限制因素。

2.2.1 不同因素对耕地质量的影响 通过对5个典型县域耕地监测样点调查分析,不同因素对耕地质量等别影响方式总体可分为2种:正相关因素和负相关因素。正相关因素是随着指标值的增大耕地质量也随之提高,负相关因素则随着指标值的增大耕地质量反而降低。不同影响因素对耕地质量等别的影响方式见表1。

表1 不同因素对耕地质量影响方式

影响因素	影响方式
有效土层厚度(cm)	+
有机质含量(g/kg)	+
土壤pH值	+
障碍层距地表深度(cm)	-
坡度(°)	-
地表岩石露头度(%)	-
表层土壤质地	+
灌溉保证率(%)	+
排水条件	+
灌溉水源	+
盐渍化程度	-
农田林网化程度	+

2.2.2 耕地自然条件限制因素 通过对5个典型县域耕地质量限制因素进行对比分析,不同典型县域耕地质量既有共性限制因素,也有特有限制因素,以典型县域为代表的标准耕作制度区耕地质量等别限制因素存在一定的差异性(表2)。

以黑龙江海伦市、吉林农安县为代表的东北区,属于松嫩平原区二级指标区,有效土层厚度、土壤有机质含量、土壤pH值、障碍层距地表深度、表层土壤质地是影响耕地质量等别的主要自然条件因素。东北区有效土层相对较厚,有机质含量高,表层土壤质地以壤土为主,土壤pH值适中,地形坡度较小,部分区域障碍层距地表较浅。

以河南禹州市为代表的黄淮海区,属于豫西山地丘陵区二级指标区,有效土层厚度、土壤有机质含量、土壤pH值、地形坡度、障碍层距地表深度是影响耕地质量等别的主要自然条件因素,黄淮海区部分地区有效土层厚度较小,土壤有机质含量偏低,表层土壤质地以壤土和沙土为主,存在部分黏土。

以湖北公安县为代表的长江中下游区,属于沿江平原区二级指标区,有效土层厚度、土壤有机质含量、土壤pH值、障碍层距地表深度及表层土壤质地是影响耕地质量等别的主要自然条件因素,长江中下游区自然本底条件较好,部分地区土壤有机质含量偏低、土壤pH值偏酸性,不利于作物生长。

以江西吉安县为代表的江南区,属于西部山地丘陵区,有效土层厚度、土壤有机质含量、土壤pH值、地形坡度、障碍层距地表深度、表层土壤质地是影响耕地质量等别的主要自然

表2 典型县域耕地质量自然条件影响因素分析

评价指标	指标分级	黑龙江海伦 (一年一熟)	吉林农安 (一年一熟)	河南禹州 (一年两熟)	湖北公安 [一年三(两)熟]	江西吉安 (一年两熟)
有效土层厚度(cm)	≥100					●
	60 ~ <100					●
	30 ~ <60	●				●
	<30	●				●
土壤有机质含量(g/kg)	≥40			●	●	●
	30 ~ <40			●	●	●
	20 ~ <30	●	●	●	●	●
	10 ~ <20	●	●	●	●	●
	6 ~ <10	●	●	●		●
	<6	●	●			
土壤 pH 值	6.0 ~ <7.9	●	●	●	●	●
	5.5 ~ <6.0					
	7.9 ~ <8.5		●	●	●	●
	5.0 ~ <5.5					
	8.5 ~ <9.0		●		●	●
	4.5 ~ <5.0				●	●
	<4.5, 9.0 ~ <9.5				●	
地形坡度(°)	≥9.5					
	<2	●		●		●
	2 ~ <5			●		●
	5 ~ <8			●		●
	8 ~ <15			●		●
	15 ~ <25			●		●
	≥25			●		●
障碍层距地表深度(cm)	60 ~ 90	●	●	●	●	
	30 ~ <60	●	●	●	●	
	<30	●				
表层土壤质地		壤 沙	壤 沙 黏	壤 黏	壤 黏	壤 黏
自然质量等别		10.12	9.37	7.55	3.51	9.13
利用质量等别		10.31	9.40	7.98	4.21	6.95
经济质量等别		10.70	9.13	7.24	2.99	7.39

条件因素,部分地区有效土层厚度较薄,土壤有机质含量较低、土壤 pH 值偏酸性,地形坡度较大,表层土壤质地中沙土、黏土、砾质土占有一定比例,影响作物生长。

总体来看,各区域耕地质量等别限制因素不一,存在有效土层厚度限制因素的是东北区、江南区,存在土壤有机质含量限制因素的是东北区、黄淮海区、长江中下游区、江南区,存在土壤 pH 值限制因素的是东北区、黄淮海区、长江中下游区、江南区,以地形坡度为限制因素的是黄淮海区、江南区,存在障碍层距地表深度限制因素的是东北区、黄淮海区、长江中下游区,存在表层土壤质地限制因素的是黄淮海区、江南区。

2.2.3 耕地利用条件限制因素 通过对 5 个典型县域耕地利用条件进行统计与对比分析,典型县域耕地利用条件限制因素也各不相同,不同标准耕作制度区的利用条件限制因素也具有差异性(表 3)。

以黑龙江海伦市、吉林农安县为代表的东北区,耕地利用条件的主要限制因素是排水条件和盐渍化程度,存在排水条件不健全或无排水条件的耕地,及轻度盐渍化耕地。

以河南禹州市为代表的黄淮海区,耕地利用条件的主要

限制因素是排水条件、灌溉保证率、盐渍化程度及土壤侵蚀。部分区域灌溉保证率不足,达到充分满足条件的耕地面积比重较小,甚至有的耕地无灌溉设施,排水体系也不健全,有轻度盐渍化的耕地,成为县域耕地质量等别的主要限制因素。

以湖北公安县为代表的长江中下游区,耕地利用质量的主要限制因素是排水条件和灌溉保证率。耕地排水体系不健全,灌溉保证率不能充分满足,甚至无灌溉设施,充分满足灌溉条件的耕地面积较少,灌排条件成为此区域耕地利用条件的主要限制因素。

以江西吉安县为代表的江南区,耕地利用质量的主要限制因素是排水条件、灌溉保证率及田间道路通达度。此区域多为山地丘陵区,排灌设施不完善,排水条件不足,部分区域耕地无排水条件,灌溉保证率不能充分满足,需进一步改善,田间道路通达度有待提高。

2.2.4 耕地质量等别限制因素 将上述县域耕地自然条件及利用条件的耕地质量等别限制因素进行汇总分析,将县域内存在的限制因素类型用“√”加以表示,以典型县域为代表的各标准耕作制度分区的耕地质量等别限制因素类型和数量

表3 典型县域耕地质量利用条件影响因素分析

指标	分级	黑龙江海伦	吉林农安	河南禹州	湖北公安	江西吉安
排水条件	健全	●	●	●	●	●
	基本健全		●	●	●	●
	一般		●	●	●	●
	无排水体系		●		●	●
灌溉保证率	充分满足	●	●	●	●	●
	基本满足	●	●	●	●	●
	一般满足	●	●	●	●	●
	无灌溉措施			●	●	●
盐渍化程度	无	●	●	●	●	●
	轻度		●			
	中度					
	重度					
道路通达度	优					
	良好	●	●	●	●	●
	一般			●	●	●
林网化程度	高	●				
	中				●	●
	低		●	●		
土壤侵蚀度	无		●	●		
	轻度	●			●	●
	中度					
	重度					

不尽相同。从数量上来看,黄淮海区和江南区耕地质量等别限制因素类型数量较多,数量可达6~7个,东北区及长江中下游区耕地质量等别限制因素类型数量相对较少,只有4~5个;从耕地质量等别限制类型上来看,土壤有机质含量、土壤pH值是所有区域的共同限制因素,有效土层厚度是东北区、黄淮海区、江南区的主要限制因素,地形坡度是黄淮海区、江南区的主要限制因素,障碍层距地表深度是东北区、黄淮海区、长江中下游区的主要限制因素,表层土壤质地是东北区、黄淮海区、江南区的主要限制因素,排水条件和灌溉保证率则是各区域的共同限制因素,盐渍化程度则存在于东北区和黄淮海区,土壤侵蚀主要分布在东北区、黄淮海区、长江中下游区及江南区,东北区、黄淮海区的农田林网化程度偏低(表4)。

2.3 区域耕地质量等别提升对策

土地整治作为当前耕地质量保护和建设的重要方式,可以提高耕地质量等别,优化耕地利用结构和布局。应结合当地的自然条件、资源禀赋、经济发展水平采取差异化的整治工程措施,明确土地整治的方向及建设重点,在保证生态安全的前提下,增加耕地数量,提升耕地质量,从数量、质量及生态3方面保护和建设耕地资源。针对不同区域耕地质量等别的限制因素,提出差异化的质量提升策略。

以黑龙江海伦市、吉林农安县为代表的东北区:平整土地,提高耕作层厚度,保持黑土耕作层厚度;实施保护性耕作,深耕深松耕作层,改良盐碱土壤。提高土壤有机质含量,防止土壤酸化。适当增加有效灌溉面积,完善灌排工程体系,提高灌溉保证率,改善农田排水条件,改造平原低洼区排水设施;整修和新建田间道、生产路等附属设施;新建、修复防护林带,提高农田防护控制率。

表4 典型县域耕地质量等别限制因素对比

因素	东北区		黄淮海区	长江中下游区	江南区
	黑龙江 海伦	吉林 农安	河南 禹州	湖北 公安	江西 吉安
有效土层厚度	√				√
土壤有机质含量	√	√	√	√	√
土壤pH值		√		√	√
地形坡度			√		√
地表岩石露头度					
障碍层距地表深度	√		√	√	
表层土壤质地		√			
排水条件	√	√	√	√	√
灌溉保证率	√		√	√	√
盐渍化程度		√			
土壤侵蚀程度	√			√	√
田间道路通达度			√		
农田林网化程度		√	√		

以河南禹州市为代表的黄淮海区:客土改良质地过沙土壤。实现耕作田块集中连片,提高耕作层有效土层厚度。实施秸秆还田,治理盐碱、重金属污染土地。保持土壤有机质含量和土壤pH值。完善井渠结合灌溉体系,提高水资源利用率和灌溉保证率,改善田间排水条件。合理设计田间道路,提高田间道路通达度。新建、修复防护林带,保护和改善农田生态环境。

以湖北公安县为代表的长江中下游区:保持有效耕作层厚度,因地制宜改良土壤偏酸、潜育化障碍,提高土壤有机质含量,防止土壤酸化。完善农田灌排设施,提高水稻区灌溉保证率和洪涝灾害抵御能力。合理确定田间道路的密度和宽度,整修和新建田间道、生产路,新建、修复防护林带,防止或

减少污染,完善农田防护控制率。

以江西吉安县为代表的江南区:加大田块梯田化率,开展水土保持、水源涵养的护路护沟等植被生态工程建设。建设秸秆还田和农家肥积造设施,提高土壤有机质含量,保持土壤pH值,防止土壤酸化。新建、改造灌区内小型水库、塘(堰)和泵站,提高灌溉供水保障和防洪能力;提高稻区、糖料蔗等优势产区灌溉保证率。整修和新建田间道、生产路,新建、修复防护林带,提高农田防护控制率。

3 结论

通过对5个典型县域耕地质量等别进行综合对比分析,除海伦市和农安县之外,其余3个县域的平均等别均高于全国耕地平均等别,耕地等别类型以中、高等地为主,部分县域有优等地分布,所占耕地面积比重较小。从标准耕作制度分区来看,长江中下游区、江南区耕地质量等别高于黄淮海区和东北区。典型县域及所在的标准耕作制度分区耕地等别在集中范围、各等别面积比例及平均等别方面均表现出一定的差异性。

以5个典型县域所代表的标准耕作制度分区的耕地质量等别限制因素,各区域耕地质量等别限制因素具有一定的差异性,不同区域既有共性耕地质量等别限制因素,也存在区域特有的耕地质量等别限制因素,土壤有机质含量与土壤pH值是各区域共同存在的自然限制因素,排水条件和灌溉保证率是各区域共同存在的利用限制因素,各区域耕地质量等别同时存在特有的自然或利用限制因素。

针对5个典型县域耕地质量的分布特征与限制因素,应着眼于不同区域耕地质量等别的限制因素类型,采取相应的耕地质量保护与提升措施,在土地整治规划设计时,将土地整治工程与不同限制因素类型相结合,制定不同区域的耕地质量保护与整治提升策略。

参考文献:

- [1]张凤荣,鄯文聚,胡存志.《农用地分等规程》的几个理论问题及应用方向[J].资源科学,2005,27(2):33-38.
- [2]刘玉,刘彦随,薛剑,等.海河冲积平原区耕地综合产能核算及其分区利用[J].资源科学,2009,31(4):598-603.
- [3]王晓峰,曹建农,卫新东,等.基于农用地分等成果的耕地产能核算研究——以陕西省扶风县为例[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2010,386(6):89-93.
- [4]司振中,李貌,邱维理,等.中国耕地资源的区域差异与保护问题[J].自然资源学报,2010,25(5):713-721.
- [5]关兴良,方创琳,鲁莎莎.中国耕地变化的空间格局与重心曲线动态分析[J].自然资源学报,2010,25(12):1997-2006.
- [6]王洪波,程锋,张中帆,等.中国耕地等别分异特性及其对耕地保护的影响[J].农业工程学报,2011,27(11):1-8.
- [7]孔祥斌,张青璞.中国西部区耕地等别空间分布特征[J].农业工程学报,2012,28(22):1-7.
- [8]崔永清,门明新,许喙,等.河北省不同耕作区综合产能空间分

- 异规律[J].农业工程学报,2008,24(5):84-89.
- [9]任奎,周生路,张红富,等.江苏农用地资源质量空间格局及影响机制研究[J].农业工程学报,2008,24(4):127-134,封3.
- [10]张青璞,孔祥斌,鄯文聚,等.重庆市国家级农用地分等汇总前后等别分布规律[J].农业工程学报,2010,26(10):297-303.
- [11]张红富,周生路,吴绍华,等.省域尺度耕地产能空间分异规律及其影响因子[J].农业工程学报,2010,26(8):308-314.
- [12]王树涛,许策,李子良,等.县域尺度耕地生产能力的空间变异[J].农业工程学报,2013,29(17):230-239.
- [13]陈秧分,李先德.中国粮食产量变化的时空格局与影响因素[J].农业工程学报,2013,29(20):1-10.
- [14]姜广辉,赵婷婷,段增强,等.北京山区耕地质量变化及未来趋势模拟[J].农业工程学报,2010,26(10):304-311.
- [15]陈朝,吕昌河.基于综合指数的湖北省耕地质量变化分析[J].自然资源学报,2010,25(12):2018-2029.
- [16]王立为,安萍莉,潘志华,等.半干旱区气候变化背景下近20年内蒙古武川县耕地质量变化[J].农业工程学报,2013,29(11):224-231.
- [17]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综合质量评价[J].农业工程学报,2011,27(2):323-329.
- [18]钱凤魁,王秋兵,边振兴,等.凌源市耕地质量评价与立地条件分析[J].农业工程学报,2011,27(11):325-329.
- [19]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,封底.
- [20]王倩,尚月敏,冯锐,等.基于变异函数的耕地质量等别监测点布设分析——以四川省中江县和北京市大兴区为例[J].中国土地科学,2012,26(8):80-86.
- [21]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.
- [22]杨建宇,汤赛,鄯文聚,等.基于Kriging估计误差的县域耕地等级监测布样方法[J].农业工程学报,2013,29(9):223-230,297.
- [23]王洪波,鄯文聚,吴次芳,等.基于农用地分等的耕地产能监测体系研究[J].农业工程学报,2008,24(4):122-126.
- [24]许妍,吴克宁,程先军,等.东北地区耕地产能空间分异规律及产能提升主导因子分析[J].资源科学,2011,33(11):2030-2040.
- [25]肖丽群,陈伟,吴群,等.未来10a长江三角洲地区耕地数量变化对区域粮食产能的影响——基于耕地质量等别的视角[J].自然资源学报,2012,27(4):565-576.
- [26]伍育鹏,鄯文聚,邹如.基于耕地质量评价的耕地产能核算方法及分布[J].农业工程学报,2008,24(增刊1):85-89.
- [27]相慧,孔祥斌,武兆坤,等.中国粮食主产区耕地生产能力空间分布特征[J].农业工程学报,2012,28(24):235-244.
- [28]钱凤魁,王秋兵,董婷婷,等.农用地等级折算成果在耕地占补平衡中的应用[J].农业工程学报,2008,24(8):100-103.
- [29]王子洋,吴克宁,饶彩霞,等.农用地分等国家级成果在耕地占补平衡中的应用[J].农业工程学报,2008,24(增刊1):190-193.