

陕西省武功县耕地地力评价研究

马廷刚, 常庆瑞, 赵业婷, 李慧燕, 申健

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 基于 GIS 技术和武功县耕地第二次土壤普查资料以及“测土配方施肥”采样调查分析结果, 利用县域耕地资源管理信息系统, 对陕西省武功县耕地地力进行了定量评价分级。结果表明, 武功县总耕地面积为 32 923.77 hm², 占总土地面积的 83.74%; 其中 1 级地 4 869.23 hm², 占耕地面积的 14.79%; 2 级地 11 969.56 hm², 占耕地面积的 36.36%; 3 级地 9 338.52 hm², 占耕地面积的 28.36%; 4 级地 4 700.82 hm², 占耕地面积的 14.28%; 5 级地 1 725.81 hm², 占耕地面积的 5.24%; 6 级地 319.82 hm², 占耕地面积的 0.97%。并根据评价结果, 对各等级耕地提出了利用建议。

关键词: 耕地地力; 定量评价; GIS; 武功县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)02-0186-04

中图分类号: F301.24

Evaluating Productivity of Farmlands in Wugong County, Shaanxi Province

MA Ting-gang, CHANG Qing-rui, ZHAO Ye-ting, LI Hui-yan, SHEN Jian

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The productivity of farmlands in Wugong County was assessed and classified based on “county arable land management information system”, information collected in the second national soil survey, and analysis results from the balanced fertilization on soil testing. The results show that the total cultivated area of Wugong County is 32 923.77 hm², accounting for 83.74% of the total land area. The areas of the 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th and 6th grade cultivated land were 4 869.23, 11 969.56, 9 338.52, 4 700.82, 1 725.81 and 319.82 hm², respectively; which constitute of 14.7%, 36.36%, 28.36%, 14.28%, 5.24% and 0.97% of the total area of the cultivated land, respectively. Based on evaluation results, recommendations were proposed specifically for arable lands with various grades.

Keywords: cultivated land capacity; quantitative assessment; GIS; Wugong County

耕地地力的概念是指耕地的基础地力, 是由耕地土壤所处的地形、地貌条件、成土母质的特征、农田基础设施以及培肥水平、土壤理化性状等综合构成的耕地生产力^[1]。耕地地力调查与质量评价是对县境内的耕地的土壤属性和养分状况等的调查, 应用 GIS 和 GPS 等现代科学手段, 建立耕地资源基础数据库和质量信息管理系统, 对全区耕地地力予以划等定级。耕地地力等级的划分为有效地保护耕地, 耕地合理开发与利用和耕地的流转补偿等提供科学依据^[2]。

国内外在耕地地力评价方面进行了大量的研究^[3-10]。在评价过程中, 已将系统方法、定性与定量的方法、静态和动态方法、线性与非线性方法结合起来, 应用遥感、地理信息系统、专家系统等新的技术方法和手段, 在不同的时空尺度上进行综合评价。本研

究以陕西省武功县为研究区域, 采用特尔斐法选取了 12 个地力评价因子, 利用县域耕地资源管理信息系统对该县的耕地进行了评价, 并针对影响武功耕地质量的障碍因子提出了土壤改良对策。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

武功县地处陕西省关中平原西部, 渭水以北, 属咸阳市辖区, 东迄兴平, 西邻杨凌、扶风, 北接乾县, 南隔渭河与周至县相望。武功县地势上西北高、东南低, 总体上从北到南成一、二、三阶梯状跌落, 向渭河倾斜, 地理位置在东经 108° 01′—108° 19′, 北纬 34° 12′—34° 26′ 之间, 东西长约 28 km, 南北宽约 23 km, 总面积 463.3 km²。

收稿日期: 2010-08-10

修回日期: 2010-09-17

资助项目: 农业部、财政部测土配方施肥项目“陕西省耕地地力评价”

作者简介: 马廷刚(1983—), 男(汉族), 山东省章丘市人, 硕士研究生, 主要从事土地资源与空间信息技术方面的研究。E-mail: mtg@nwsuaf.edu.cn.

通信作者: 常庆瑞(1959—), 男(汉族), 陕西省子洲县人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源环境与 3S 技术研究。E-mail: chqr@nwsuaf.edu.cn.

1.2 基础工作条件

(1) 图件资料。根据调查工作需要,收集了地形图(1:5万),1980年武功县土壤图(1:5万)以及2006年武功县土地利用现状图(1:5万)。

(2) 数据及文本资料。收集了第二次土壤普查的有关文字和养分数据资料,2006年的农业统计资料,历年来的土壤肥力监测点田间记载资料和化验结果资料,农业部门的农业资源调查和区划建设、农业综合开发,土地管理部门的土地资源调查等方面的资料。

(3) 野外调查内容。根据技术规程要求,结合武功县实际情况,设计了《大田采样点基本情况调查表》、《大田采样点农户调查表》、《农户收入支出情况调查表》。主要内容包括土壤类型,土壤性状,农田基础设施,生产性能与管理,产量水平,农民种植业等方面的情况。

数据处理和管理软件包括 Access 数据库软件, Excel 数据统计软件, SPSS 统计软件, ArcGIS 地理信息系统软件和县域耕地资源管理信息系统软件。

1.3 技术流程

地力评价的整个过程主要包括 3 个方面的内容。首先是相关资料的收集,计算机软硬件的准备及建立相关的数据库;其次是耕地地力评价,包括划分评价单元,选择评价因素并确定单因素评价评语和权重,计算耕地地力综合指数,确定耕地地力等级;最后是评价结果分析,即依据评价结果,量算各等级的面积,编制耕地地力等级分布图,分析不同等级耕地使用中存在的问题,提出耕地资源可持续利用的措施建议。

2 耕地地力评价的关键步骤

2.1 基础数据处理

属性数据库的建立:历史数据主要来自武功县测土配方施肥中得出的属性数据,利用 Excel 提取其中有效数据,并进行分类、整理;测土配方施肥数据主要包括田间试验数据、田间调查数据以及土壤化验数据等,通过统一的测土配方施肥数据录入软件,建立测土配方施肥数据库;其它数据包括灌溉渠道,农田水利,湖泊,河流,公路等资料;经过筛选、分类、整理后建库。

空间矢量数据包括土地利用现状图、土壤图和行政区划图等图件,经过完整性检验后扫描得到图像文件,在 ArcGIS 中经过几何校正、矢量化、建立拓扑关系以及投影转换后,以 shape 格式存入矢量数据库。空间栅格数据(测土配方采样点)经过完整性检查后数字化,得到采样点位图并作投影转换,将点位图通

过关键字段连接外部数据库,通过克吕格插值得到栅格数据,存入栅格数据库^[11]。

2.2 参评因子选择及其权重确定方法

耕地地力评价的实质是评价地形和土壤理化性状等自然要素对农作物生长限制程度的强弱。在综合考虑了参评因子对耕地地力评价有较大的影响,在评价区域内的变异较大,便于等级划分,具有相对的稳定性和与生产的密切相关性等原则的前提下^[12-14],通过讨论确定立地条件、土壤性质、肥力状况、土壤管理等 4 个项目 12 个因素作为武功县耕地地力的评价指标。

2.2.1 专家评估值 此项评价邀请了西北农林科技大学,及省、市、县土壤肥料等方面的专家 10 余人,组成专家组。由专家组对各评价指标与耕地地力的隶属度进行评估,给出相应的评估值。通过对专家们的评估值进行统计,作为拟合函数的原始数据。数量型评价因素专家评估结果见表 1。

表 1 数量型评价因素专家评估值

评价因素	项目	专家评估值						
有机质/ (g·kg ⁻¹)	指标	20	18	16	13	10	8	6
	评估值	1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2
有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	指标	50	40	30	22	15	10	5
	评估值	1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2
速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	指标	200	180	160	130	100	80	50
	评估值	1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2
水解氮/ (mg·kg ⁻¹)	指标	120	110	100	80	60	50	40
	评估值	1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2
海拔高度/ 100 m	指标	400	450	600				
	评估值	1	0.9	0.8				

2.2.2 隶属函数模型的确定 根据武功县评价指标的类型,选定的表达评价指标与耕地生产关系的函数模型分为戒上型、直线型和概念型 3 种,其表达式分别为:

(1) 戒上型函数(如有机质、有效磷等)

$$Y_i = \begin{cases} 0 & (u_i \leq u_i; i=1, \dots, n) \\ 1/[1+a_i(u_i+c_i)^2] & (u_i < u_i < c_i; i=1, \dots, n) \\ 1 & (c_i \leq u_i; i=1, \dots, n) \end{cases}$$

式中: Y_i ——第 i 个因素评语; u_i ——样品观测; c_i ——标准指标; a_i ——系数; u_i ——指标下限值。

(2) 直线型(如海拔高度等)

这类指标其性状是定量的,与耕地的生产能力之间是一种近似线性的关系。

(3) 概念型指标(如土体构型、土壤质地等)。这类指标其性状是定性的、综合的,与耕地的生产能力之间是一种非线性的关系。

2.2.3 隶属函数的拟合 根据专家给出的评估值与对应评价因素的指标值(表 1),分别应用戒上型函数模型和直线型函数模型进行回归拟合,建立回归函数模型(表 2),并经拟合检验达显著水平者用以进行隶属度的计算。12 项评价因素中 5 项为数量型指标,可以应用模型进行模拟计算,有 7 项指标为概念型指标,由专家根据各评价指标与耕地地力的相关性,通过经验直接给出隶属度。

表 2 评价因素类型及其隶属函数

函数类型	项目	隶属函数	c	u_i
戒上型	有机质	$Y=1/[1+0.015\ 289(u-c)^2]$	20	12
戒上型	有效磷	$Y=1/[1+0.001\ 617(u-c)^2]$	44	14
戒上型	速效钾	$Y=1/[1+0.000\ 145(u-c)^2]$	202	128
戒上型	水解氮	$Y=1/[1+0.000\ 405(u-c)^2]$	124	56
直线型	海拔高度	$Y=1.346\ 154-0.000\ 923x$	$x=1\ 458$	$Y=0$

各评价因素的组合权重 $=B_jC_i$ 。 B_j 为 B 层中判断矩阵的特征向量, $j=1,2,3,4$; C_i 为 C 层判断矩阵的特征向量, $i=1,2,\dots,14$ 。得出各评价因素的组合权重结果。

层次总排序的一致性检验指标结果分别为:

$$CI=7.66E-03;$$

$$RI=0.67$$

$$CR=CI/RI=0.01<0.1$$

总排序一致性检验通过。

2.3 评价单元的划分及数据的获取

将土壤图、土地利用现状图、行政区划图 3 个图层进行叠加,合并最小单元格后形成评价单元图斑。该评价单元属于同一乡镇,具有相同的土壤类型、相同的土地利用类型,既满足了对耕地地力的评价,也便于耕地利用与管理。全县耕地共确定评价单元 2 464 个。

基本评价单元图的每个图斑都必须有参与评价指标的属性数据。根据不同类型数据的特点,评价单元获取数据的途径不同,主要有:(1)土壤有机质、水解氮、有效磷和速效钾,均由点位图利用空间插值法,

生成栅格图,通过空间分析下的区域统计功能使评价单元获取相应的属性数据。(2)海拔高度由地面高程模型生成栅格图,再与评价单元叠加后采用分区统计的方法为评价单元赋值。(3)地貌类型,由矢量化地貌类型图与评价单元图叠加,为每个评价单元赋值。(4)农田基础设施、灌溉能力、土体构型、土壤质地、土壤类型、土壤结构,经分区统计后给评价单元直接赋值^[1,11]。

2.4 耕地地力评价方法

利用加法模型计算耕地地力综合指数 (IFI),公式如下:

$$IFI=\sum F_i \times C_i \quad (i=1,2,3,\dots,n)$$

式中:IFI——耕地地力指数 (integrated fertility index); F_i ——第 i 个因素的评价评语; C_i ——第 i 个因素的组合权重。

应用耕地资源管理信息系统中的模块计算,得出耕地地力综合指数 IFI,最大值为 0.87,最小值为 0.58。

3 结果与讨论

3.1 耕地地力质量

武功县耕地地力分为 6 级(表 3),武功县的耕地质量整体状况良好,主要表现为:(1)虽然地貌上差异明显,从南到北平行排列着渭河滩地、阶地平原、山前洪积扇前缘及洼地,海拔高度南北高差约 200 m,但分布在阶地平原上的耕地面积最多,面积达 29 325.81 hm^2 ,占武功县耕地总面积的 89.07%;(2)土壤养分含量较高;(3)土壤结构以团块状为主,土壤质地多为中壤,土体结构较好;(4)渭河、漆水河、漠峪河穿境,可使用水资源相对丰富。

在上述根据自然要素评价的各地力等级中,分别随机选取 100 块地块,调查了近年来的平均产量,并进行了统计分析,根据调查和统计结果,按农业部《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》标准,将本次评价结果归入农业部地力等级体系,详见表 3。

表 3 综合指数 IFI 分级标准及农业部地力等级结果统计

项目	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
IFI 值	>0.872	$0.84<IFI \leq 0.87$	$0.77<IFI \leq 0.84$	$0.67<IFI \leq 0.77$	$0.58<IFI \leq 0.67$	≤ 0.58
面积/ hm^2	4 869.23	11 969.57	9 338.52	4 700.82	1 725.81	319.82
农业部标准	2 等	3 等	4 等		5 等	
面积/ hm^2	4 869.23	11 969.57	14 039.00		2 045.63	
产量水平/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	$>12\ 000$	10 500~12 000	9 000~10 500		$<9\ 000$	

3.2 耕地地力的空间分布

利用 ArcGIS 软件检索评价单元属性库,统计耕地各等级的面积,得到武功县各耕地地力等级面积。从地力等级的分布地域特征可以看出,等级的高低与地形地貌、土壤类型、土壤质地均密切相关,呈现出明显的地域分布规律,随着地力等级的升高,地貌类型由较为平缓的3级阶地向海拔较高的山地和新冲积(或洪积)而成的滩地过渡。

1和2级地主要分布在渭河3级阶地,少部分分布在1和2级阶地上,地势平缓;2级地主要分布在渭河1,2,3级阶地上;3和4级地,主要分布在渭河3级阶地上,部分河谷川地和河漫滩。3和4级地土层较1和2级地薄,土壤养分含量相对较低。5级地主要分布在渭河、漆水河的河谷川地和周围的1级阶地上,6级地所占比例很小,主要分布在漆水河、渭河的河漫滩及周围的3级阶地,总体上呈条带状分布。

3.3 各等级耕地利用建议

1级地耕地地势平坦,土质较好,肥力水平高,无明显障碍因素,大部分又有灌溉条件,生产性能高,适合种植多种作物,生产潜力大;但复种指数迅速提高,土壤有机质、氮素、磷素含量常显不足。因此,培肥土壤,科学用肥,已成为提高作物产量的重要途径。

2级地地生产性能较高,土壤类型全为瘠土,土壤质地为中壤,土壤结构为团块状或团粒状。土壤侵蚀程度为1级,无明显侵蚀,无明显障碍因素。土地质量较好,适种性广,适合农业利用,但对农业使用有限制,其限制强度一般为1级,如地面微有起伏,灌溉质量不高,有轻度侵蚀等,这些限制因素采用简单的改良措施,可建成高产稳产田。

3级地的理化性状较好,但总体生产性能不高,原因有两个方面:(1)有效土层厚度,腐殖质层厚度和土壤养分含量比1和2级有所降低;(2)有部分耕地无灌溉能力,降低了耕地生产力。在改良利用上,应采用平整土地,增施有机肥,秸秆还田,增建灌溉设施等措施逐步培肥土壤,提高土壤的蓄水保墒能力,进而提高土壤地力。

4级地的生产性能中等,土地质量中等,适种性较广,农业、林业均可利用。但对农业生产有较大的限制,强度达到2或3级。主要障碍因素:(1)坡耕地坡度增大,土壤质地偏砂,土层变薄,肥力下降;(2)部分耕地无灌溉能力或水源不足,灌溉保证率低。在改良利用上,平整土地,增施有机肥,培肥土壤,提高土壤的蓄水保墒能力,与此同时增建灌溉设施,引水防旱等。

5级地生产性能中等偏下,土地质量较差,适宜

性窄,宜于林业、牧业生产,对农业生产有很大限制,属临界适宜。主要障碍因素有水分条件差,灌溉保证率低或是无水源的旱坡地,土壤侵蚀严重,土层薄,土壤质地偏黏或偏砂,砾石含量较多,是武功县农业生产的低产地。加强农业基础设施建设,增建灌溉措施,采用综合性的农业措施,加强生土熟化,改良土壤质地等加以改善。

6级地多处于渭河河漫滩以及河谷川地,河流水位较高时,容易受到浸泡、冲刷,发生次生盐碱化,河流水位降低时,又容易造成土壤养分的流失,土壤侵蚀剧烈,多系石砾沙滩,沙性大,养分含量低,保肥性差,土壤瘠薄,受土壤质地和洪涝限制,土地质量差,生产性能偏下。应修筑防洪堤坝,确保滩地不受洪水威胁,种植绿肥和多施磷、钾肥等。

4 结论

(1) 将 GIS 技术引入到耕地地力评价中,利用 GIS 强大的空间数据分析功能,实现了数据、资料的统一管理,规范了数据标准,建立的数据库可以通过试验数据、图件资料及时更新,具有明显的优势,比传统的评价方法可以节约大量的人力,财力和物力。

(2) 参评因子选择及其权重确定方法是耕地地力评价的核心问题,参评因子的选择将直接关系到耕地地力评价的结果。如何更好地选择参评因子,应当根据当地的实际情况和专家经验给出。

(3) 耕地评价必须以可持续性利用为前提,对某块耕地做出评价时,耕地适宜性等级的确定应该以耕地用途的可持续性为前提的,有些耕地利用方式在短期内可能会有相当高的经济效益,但长期同种利用方式则会导致土壤侵蚀、退化以及环境污染等。不同地力等级的耕地限制因素也不一样,面临的问题也不同,实践中应该因地制宜,采取具有针对性的措施,使土地地力不断提高,保证耕地资源的可持续利用。

(4) 武功县耕地以2和3级地力为主,面积分别为11 969.56和9 338.52 hm²,分别占耕地总面积的36.36%和28.36%,合计占耕地总面积的64.72%。

[参 考 文 献]

- [1] 李贤胜,叶军华,杨平,等. 基于 GIS 的广德县耕地地力定量评价[J]. 土壤, 2009, 41(3):490-494.
- [2] 许幸频,姜爱林,刘赢洲. 耕地概念的界定与耕地质量评价的新方法初探[J]. 华中农业大学学报:社会科学版, 1999(1):67-70.
- [3] 曹爱民,张忠. 3S 技术在城镇土地调查与潜力评价中的应用[J]. 地理空间信息, 2010(1): 17-20.

(下转第 192 页)

果中 Cu 含量较高。高水低肥的情况下,苹果中 Cu 含量较低。表明氮肥施用量与 Cu 含量正相关。Zn 的含量在 1.32~3.69 $\mu\text{g}/\text{g}$ 之间,最高值出现在灌水和氮肥都丰富的处理 1,最低值出现在灌水量适中而氮肥缺乏的处理 8。说明在灌水量适中的条件下,增加土壤施氮量能改善苹果果实中矿质 Zn 的含量。

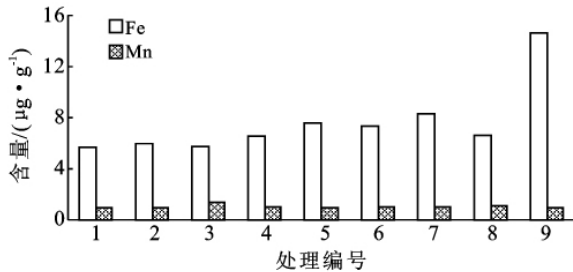


图 2 不同水氮处理苹果果实中 Fe, Mn 含量

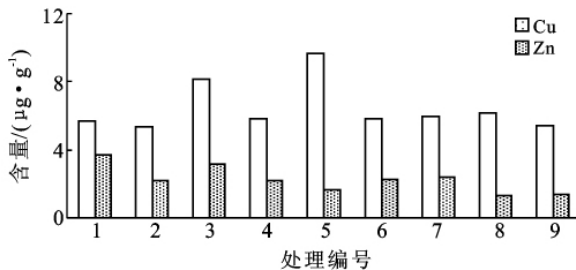


图 3 不同水氮处理苹果果实中 Cu, Zn 含量

4 结论

微量元素是人体必需的营养成分,食品中微量元素是当前食品营养研究的重点之一。苹果是人们日常生活中的重要食品,也是人体微量元素的主要来源^[6]。本研究对苹果微量元素分析得到的结果与芮玉奎^[6]、田自武^[7]等人的研究结果基本一致。

试验结果表明,不同水氮耦合处理对苹果果实矿质元素的含量产生了较大的影响, Ca 和 Mg 元素含量的最高值均出现在灌水量适中而氮肥极丰的处理,最低值也都出现在灌水量较丰富和氮肥缺乏的处理。说明在灌水量适中的条件下增施氮肥量可以提高苹果果实中矿质 Ca 和 Mg 元素的含量;

适度的灌水量和氮肥供应能维持苹果中 Fe 元素的含量保持较高的水平,增加灌水量和氮肥供应反而不利于 Fe 含量的积累。在一定灌水量条件下增施氮肥量可以提高苹果果实中矿质 Mn 的含量。高水分供应对增加苹果果实中 Cu 含量作用不明显,在一定的灌溉量条件下适度增加氮肥施用量可以提高苹果果实中矿质铜的含量。在高水高肥的情况下,苹果中 Zn 含量较高。中水低肥的情况下,苹果中 Zn 含量较低。

[参 考 文 献]

(上接第 189 页)

- [4] 赵庚星,李玉环. GIS 支持下的定量化,自动化农用地评价方法的探讨[J]. 农业工程学报, 1999,15(3):219-223.
- [5] 王效举,龚子同. 红壤丘陵小区域水平上不同时段土壤质量变化的评价和分析[J]. 地理科学, 1997,17(2):141-149.
- [6] 彭补拙,何天山. 荒漠绿洲农业区土地分等定级模式研究:以新疆石河[J]. 南京大学学报:自然科学版, 1994,30(4):679-689.
- [7] 李秀斌,黄荣金. 黄淮海平原土地农业适应性评价[J]. 自然资源, 1989(4):32-38.
- [8] 刘京,常庆瑞,陈涛,等. 黄土高原南缘土石山区耕地地力评价研究[J]. 中国生态农业学报, 2010,18(2):229-234.
- [9] 陈华,孙丹峰. 基于 GIS 技术的土地评价研究进展[J]. 国土资源遥感, 2008(3):10-14.
- [10] 王良杰,赵玉国,郭敏,等. 基于 GIS 与模糊数学的县级耕地地力质量评价研究[J]. 土壤, 2010,42(1):131-135.
- [11] Hopkins D L. Methods for generating land suitability maps: A comparative evaluation[J]. Journal of American Institute of Planners, 1977,43(4):386-400.
- [12] 鲁明星,贺立源,吴礼树. 我国耕地地力评价研究进展[J]. 生态环境, 2006,15(4):866-871.
- [13] 全国农业技术推广服务中心. 耕地地力评价指南[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2006:6-11.
- [14] 王静宇,袁希平,甘淑. 基于 GIS 技术的县域耕地地力评价:以云南省寻甸县为例[J]. 昆明理工大学学报:理工版, 2008,33(3):1-6.