



济宁市耕地质量评价与保护对策研究

刘良,张祖陆,于成,张光凤

(山东师范大学人口·资源与环境学院,山东 济南 250014)

摘要:耕地资源作为一种非常重要的土地资源,对其质量的研究评价越来越受到人们的重视。该文综合选取了13个可能导致耕地质量发生变化的因素作为基础指标,运用基于AHP的模糊综合评价方法对山东省济宁市耕地资源的质量进行了综合评价。结果表明,济宁市耕地的质量等级为“一般”,评价结果符合实际。针对评价结果,对可能导致耕地质量变化的驱动力因子进行了分析,并提出优化建议和措施。

关键词:耕地质量;层次分析法;模糊综合评判法;济宁市

中图分类号:F301.21.X821

文献标识码:C

0 引言

随着优质、生态、安全农业生产的需要,特别是可持续农业发展观念的兴起,耕地质量逐渐成为人们关注的热点^[1]。目前对于耕地质量,国内外还没有一个具体、明确的概念。我国《全国耕地地力调查与质量评价技术规程》中认为,耕地质量是耕地满足作物生长和清洁生产程度,包括耕地地力和土壤环境质量两个方面^[2]。国际上更多的是对土地质量的讨论,如联合国粮农组织、世界银行、联合国开发计划署、联合国环境规划署共同建立的土地质量指标体系,认为土地质量是一个范围,是与农业生产、林业生产、环境保护、管理等各种土地利用的需求相关的土地条件,是维持生态系统和动植物健康而不发生土壤退化及其他生态环境问题的能力^[3]。耕地质量评价的主要目的是监测国家和区域尺度内耕地数量和质量的变化,以改进耕地管理政策,保障耕地资源可持续管理与利用^[4-5]。

该文综合考虑了耕地土壤条件、耕地气候条件、耕地地形条件、耕地管理条件等类指标,构建了济宁市耕地质量评价指标体系。采用AHP法对影响耕地质量指标的权重进行了确定,然后对济宁市的耕地质量进行了模糊综合评价研究,并对每个因子对耕地质量的影响程度和优化措施作出了全面的分析。

1 研究区概况与数据来源

济宁位于山东省中南部,地处黄淮海平原与鲁中南山地交接地带^[6]。东邻临沂地区,西与菏泽接壤,南面是枣庄市和江苏省徐州市,北面与泰安市交界,西北隅隔黄河与聊城市相望。南北长167 km,东西宽158 km。济宁市属鲁南泰沂低山丘陵与鲁西南黄淮海平原交接地带,全市低山丘陵面积约占23.8%,其余为周边的山前平原及滨湖洼地,总面积11 187 km²,其中耕地面积6 113.2 km²,占总面积的54.6%,2011年人均耕地面积约为0.072 hm²/人。近几年随着经济社会的快速发展和人类对耕地的不合理开发利用,济宁市的耕地质量近十多年来有明显的下降,如何控制和提高耕地质量已经成为一个亟需解决的问题。文中数据来自济宁市土地利用总体规划(2006—2020年),济宁统计年鉴(2005—2011年),山东省环境状况公报(2005—2010年)。

2 济宁市耕地质量评价研究

2.1 评价指标体系的构建

耕地质量是耕地自然属性和社会经济属性的综合效应。因此只有综合选取能反映耕地质量的自然

* 收稿日期:2012-10-31;修订日期:2013-02-25;编辑:王秀元

作者简介:刘良(1988—),男,山东日照人,硕士研究生,主要从事环境变化与可持续发展研究;E-mail:chinaliuliang@126.com。

和社会指标,合理确定各项指标的权重,才能科学的评定耕地的质量等级^[7]。通过实地调研,并多次征求专家的意见,利用统计方法,综合选取了 13 个因子,构建了济宁市耕地质量定量评价指标体系。

土壤是耕地的重要组成部分之一。土壤侵蚀容易造成区域内土壤水土流失,引起耕作层变浅,表土沙化,土壤肥力减退。耕地的生产力主要取决于土壤的肥力水平,即土壤能够供应和协调植物生长发育所必需的水分、养分、空气和热量以及其他生长条件的能力,它直接影响作物的生命活动,决定作物的产量和质量,形成耕地质量的差异,它是耕地评价的最基本因素^[8]。土壤厚度对土壤中的微生物群落和植物根系有很大的关系,从而对耕地质量产生影响。土壤质地与土壤通气、保肥、保水状况及耕作的难易有密切关系,土壤质地状况是拟定土壤利用、管理和改良措施的重要依据。

气候条件也是影响耕地质量的重要因素之一。其中积温是研究温度与生物有机体发育速度之间关系的一种指标,从强度和作用时间两个方面表示温度对生物有机体生长发育的影响,济宁市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温累计年平均为 4 571.9 $^{\circ}\text{C}$ 。除了温度以外,降水也对耕地质量有明显的影响,济宁市年平均降水量为 707 mm。所以在气候条件中选择积温与降水量作为评价指标。

济宁市境内有低山丘陵、山前冲积扇平原、河流冲积平原、湖泊洼地等地貌类型。不同的地貌类型及其地貌部位对区内水热状况的再分配与物质的迁移起到重要作用,直接影响着土壤和土层的发育,同时影响到农田基本建设、土地改良、机械化与土地利用的难易和效果^[8]。所以选取地形坡度、坡向和海拔高度作为济宁市耕地地貌条件的评价指标。

随着济宁市的工业快速发展,工业废水和超标污染物的排放逐年加剧,造成土壤污染特别是耕地重金属污染日趋严重。耕作水平在耕地自然条件的基础上,对作物的生长有重要的影响。灌溉保证率和排涝能力两因素直接影响耕地的水分条件。随着人类农业生产过程的加剧和对耕地质量干预作用的加强,耕地的人为管理条件因素应该作为一种重要的影响因素考虑进来。这里选取灌溉保证率、耕作水平、排涝能力、土壤污染 4 个因素作为评价指标。

2.2 评价指标权重的确立

2.2.1 建立评价指标集

将济宁市耕地质量评价指标构建起的指标体系分为 3 个评价层,即评价目标层、评价准则层与评价因子层。设 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 是一个由 A 层评价指标构成的指标集,设 $B_i = \{B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im}\} (i = 1, 2, \dots, m)$ 是对应于 $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 的评价因子层构成的指标集^[9]。

2.2.2 构造判断矩阵

判断矩阵表示针对上一层次某元素 $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$,该层次与它有关元素 $B_i = \{B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im}\} (i = 1, 2, \dots, m)$ 之间的相对重要性的比较,一般取如下形式:

$$P(A_{ij}) = \begin{pmatrix} A_{11} & \wedge & A_{1m} \\ A_{21} & O & A_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{m1} & \wedge & A_{mm} \end{pmatrix}; P(B_{ij}) = \begin{pmatrix} B_{11} & \wedge & B_{1m} \\ B_{21} & O & B_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ B_{m1} & \wedge & B_{mm} \end{pmatrix}$$

其中, A_{ij} 表示 A_i 对于 A_j 的相对重要性数值; B_{ij} 表示 B_i 对于 B_j 的相对重要性数值。一般取 1, 3, 5, 7, 9 等 5 个等级标度,其意义如表 1 所示。

表 1 判断矩阵等级标度及其意义

等级标度	意义
1	i 因子与 j 因子比较, i 因子同等重要
3	i 因子与 j 因子比较, i 因子重要一点
5	i 因子与 j 因子比较, i 因子重要的多
7	i 因子与 j 因子比较, i 因子更重要
9	i 因子与 j 因子比较, i 因子极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值

2.2.3 层次单排序

将判断矩阵的每一列元素作归一化处理,其元素的一般项为:

$$\bar{A}_{ij} = A_{ij} / \sum_{k=1}^n A_{kj} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

将按列归一化处理后的判断矩阵按行相加为:

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{A}_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

对向量 $\bar{W} = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]^T$ 归一化处理得到 $W = [W_1, W_2, \dots, W_n]^T$ 即为所求的特征向量的近似值。计算判断矩阵最大特征根:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (3)$$

式中: $(AW)_i$ 表示 AW 向量的第 i 个向量。判断矩阵的一致性检验,依据公式:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

式中: CI 为判断矩阵的一般一致性指标; RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标; CR 为随机一致性比率。其中, 对于 1~15 阶矩阵的 RI 值见表 2。

表 2 1~15 阶矩阵的 RI 值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41
阶数	9	10	11	12	13	14	15	
RI	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59	

当 $CR < 0.10$ 时, 认为层次单排序的结果具有满意的一致性, 否则就需要对该层次的各判断矩阵进行调整, 使之具有满意的一致性。

依据上述计算, 得出济宁市耕地质量评价指标的权重值(表 3)。

表 3 济宁市耕地质量评价指标权重分配(层次单排序)

评价目标	评价准则层	权重	评价因子层	权重
(A)	(B)	(W)	(C)	(W)
济宁市耕地质量	耕地土壤条件 (B ₁)	0.317	C ₁ 土壤侵蚀	0.325
			C ₂ 土壤质地	0.283
			C ₃ 土壤厚度	0.078
			C ₄ 土壤肥力	0.215
			C ₅ 田间持水量	0.009
	耕地气候条件 (B ₂)	0.278	C ₆ ≥10° 积温	0.483
			C ₇ 年降水量	0.517
	耕地地形条件 (B ₃)	0.212	C ₈ 地形坡度、坡向	0.572
			C ₉ 海拔高度	0.428
	耕地管理条件 (B ₄)	0.193	C ₁₀ 灌溉保证率	0.208
			C ₁₁ 耕作水平	0.417
			C ₁₂ 排涝能力	0.109
			C ₁₃ 土壤污染	0.266

2.3 济宁市耕地质量综合评价

2.3.1 确定因素集和评判集

多层次模糊综合评判的因素集可描述为:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (6)$$

其中:

$$u_1 = (u_{11}, u_{12}, u_{13}, \dots, u_{1m}) \quad (7)$$

$$u_2 = (u_{21}, u_{22}, u_{23}, \dots, u_{2m}) \quad (8)$$

...

$$u_n = (u_{n1}, u_{n2}, u_{n3}, \dots, u_{nm}) \quad (9)$$

按照一定的方法对各因素进行定等分级, 将评价等级分为“好”、“较好”、“一般”、“差”、“较差”5 个等级, 记为: $V = \{V_1, V_2, \dots, V_5\}$ 。

2.3.2 评价要素权重及隶属度的确定

采用 AHP 法的专家征询法确定了评价要素各子集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 的权重(表 3)。评判指标的隶属度由评判专家小组的每一个成员根据已确定的评价等级标准依次对各个指标进行评价, 统计所得数据, 用人数的百分比来表示评价的结果, 从而得到评判指标的评判矩阵。

评判矩阵为:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & O & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

式中: r_{ij} 表示因素 u_i 的评价对等级 v_j 的隶属度, 因而矩阵 R 中第 i 行 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ 即为对第 i 个因素 u_i 的单因素评判结果。

2.3.3 评判结果集的求解

模糊综合评判是在评判集 V 的基础上进行的, 因此评判结果集应是 V 上的一个模糊集, 可记为 $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$, 评判结果集可由公式(10)求得:

$$F = U \circ R \quad (10)$$

即

$$(f_1, f_2, \dots, f_m) = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \circ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (11)$$

其中: $f_j = \bigvee (u_i \wedge r_{ij}), (j=1, 2, \dots, m)$ 。

2.3.4 评判结果与分析

通过统计各评价要素对于评价集的隶属度, 得到各子集中诸要素的评判矩阵:

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.7 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.35 & 0.5 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0.15 & 0.45 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.35 & 0.45 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.45 & 0.35 & 0.2 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.35 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0.40 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.35 & 0.5 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.35 & 0.45 & 0 & 0 \\ 0.35 & 0.35 & 0.3 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

通过模糊综合评价计算得到济宁市的耕地质量综合评价:

$$F = [0.278 \quad 0.283 \quad 0.317 \quad 0.3 \quad 0]$$

根据模糊综合评判的最大隶属原则, 可判断济宁的耕地质量为“一般”等级。

通过以上分析可以得出, 济宁市耕地质量主要受土壤侵蚀, 年降水量, 地形的坡度、坡向, 耕作水平等因素的影响, 单排序影响权重分别为 0.325, 0.517, 0.572, 0.417。

(1)分析评判结果 R_1 可得: 土壤质地、土壤厚度、土壤肥力、田间持水量评判结果较好, 最大隶属度均为 v_2 , 属于“较好”等级。而土壤侵蚀因素最大隶属度为 v_3 , 属于“一般”等级。这说明人类活动长期对自然生态环境的破坏和不合理的开发利用, 例

如济宁市的采煤塌陷、矿区煤矸石的大量堆积等引起的耕地沙化与水土流失,均会对耕地质量产生一定的不良影响。

(2)分析评判结果 R_2 可得:济宁市耕地气候条件指最大隶属度均属于 v_2 ,属于“较好”等级。这说明济宁市耕地气候条件较好,这主要与济宁市的地理位置与气候条件有关,同时,大范围的南四湖湖水面积极对耕地质量产生了积极的调节影响。

(3)分析评判结果可得 R_3 :济宁市的耕地地形条件最大隶属度均为 v_1 ,属于“好”这一等级,说明济宁市有着较为优越的耕地地形条件。全市地形以山前平原和滨湖平原为主^[6],平原面积占土地总面积的 65.6%^[10]。范围包括京沪铁路以西,梁山县以东,南四湖以北、以西,另有东部河谷平原,主要集中在泗河两岸,在山间成树枝状分布。海拔一般在 50~100 m 以上。

(4)分析评判结果可得 R_4 :灌溉保证率、耕作水平、土壤污染最大隶属度均为 v_2 ,属于“较好”等级,排涝能力最大隶属度为 v_3 ,属于“一般”等级。说明济宁市耕地的人为管理条件例如土地灌溉、耕作水平和田间的排涝等方式较为合理,但随着济宁城市化的加速发展和作为煤矿生产基地的煤炭生产、煤化工与热电、医药等工业的发展,大量工业废水、废弃物的排放对耕地造成了一定的污染;同时,长期耕地的开发利用,例如农药化肥的使用,造成济宁市耕地的重金属污染和土壤肥力失衡,土壤板结等现象严重,对耕地产生不良的影响,应引起当地政府和相关部门的重视。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)该文选取了 13 个反映济宁市耕地质量的指标,构建了济宁市耕地质量综合评价指标体系。运用 AHP 法对每个指标的权重进行了确立,然后运用模糊综合评判方法对济宁市的耕地质量进行了综合评价。

(2)经评价分析得出济宁市耕地土壤条件基本属于“较好”等级,土壤侵蚀为“一般”;耕地气候条件也属于“较好”等级;耕地地形条件属“好”的等级;在耕地管理条件中灌溉保证率、耕作水平、土壤污染最大隶属度均为 v_2 ,属于“较好”等级,排涝能力最大隶属度为 v_3 ,属于“一般”等级。由此,最终经模糊综合评

价得出:济宁市耕地的总体评价为“一般”等级。

(3)济宁市耕地质量的保护重点在土壤侵蚀、土壤污染以及排涝等方面,保护措施不仅要自然条件方面入手,更重要的是科学地改善人为管理因素,这样才能从根本上提高济宁市耕地质量水平。

3.2 建议

近几年来,随着工业建设、城市化建设的加快,济宁市对优良耕地的占用率逐年上升,造成耕地总量呈下降趋势。加之不合理的开发利用所造成的水土流失、土壤污染等因素,耕地的质量也受到明显的影响。结合济宁市耕地现状,认为济宁市在以后的耕地管理开发利用中应该采取以下措施。

(1)建立健全耕地保护的法律法规制度,制定耕地质量保护政策。为了保护济宁市的耕地质量和耕地生态环境,提高耕地地力,应该补充制定或细化、优化一系列的耕地质量保护制度、措施。例如建立耕地质量标准制度、耕地质量监测制度、耕地质量监督管理制度、对被破坏耕地的补救制度、保护耕地质量的资金投入制度、农业劳动者的能力培养和技术创新支持制度、法律责任制度等^[11]。在此基础上还要建立健全社会监督体系,将耕地质量保护建立在广泛的社会监督之下。对占用耕地进行严格审批,杜绝非农建设对耕地质量造成的不良影响。

(2)适度开发后备土地资源。随着济宁市城市化的加快和耕地数量的减少,耕地质量承受着越来越大的压力。因此在保护和改善生态环境的前提下,依据土地适应性条件,本着“因地制宜、适度开发”的原则,有步骤推进后备土地资源开发。济宁市山地丘陵面积占全市 23.8%,主要分布在泗水县、邹城市、曲阜市、嘉祥县、微山县、汶上县境内,因此后备土地资源开发主要以这些低山丘陵的未利用地为主。同时还应强化煤矿塌陷地的复垦力度与管理制度。严格控制非农建设占用耕地,实施非农建设用地的耕地补偿制度,以保证优良耕地的数量。

(3)因地制宜,有序开展耕地整理。根据济宁市耕地资源的区域差异,因地制宜地进行耕地整理来提高耕地的质量。耕地整理方式主要可以包括平坟、填沟、零星未利用土地开发,完善田间道路、林网配套、沟渠,改造中低产业园、林地和水面,以及科学调整耕地利用等。济宁市的耕地整理重点在东部低山丘陵区 and 南部沿湖稻麦轮作区。东部山区包括泗水县全部及邹城东部、南部和曲阜东部。通过零散小

块梯田集中、梯田田面平整,减少田坎、坝堰面积,配套水利排灌设施,增加耕地面积,提高土地利用效率。南部滨湖稻麦轮作区,主要指南四湖两岸小麦—水稻轮作种植区域的大部分乡镇,包括鱼台县、任城区、微山县的沿湖乡镇和嘉祥县金屯镇的一部分,该地区主要通过调整农用水利用地的调整治理来增加耕地面积^[10]。

(4)对采煤塌陷地区进行综合治理。济宁市的煤炭资源丰富,主要分布在市域中部平原的优良耕地地区。煤炭资源的开采造成的地面塌陷和煤矸石的大量堆积,造成耕地大量损失和耕地质量受到严重的影响。这就需要一方面对采煤区域进行科学的综合整治,使用科学的开采方法,如煤矸石回填减少地面坍塌的面积,保护矿区内的生态环境,以此来提高矿区内的耕地质量。同时强化对塌陷地复垦治理的管理制度强度和加大治理的力度。

(5)科学种田,加强田间管理与耕种技术,减少不利人为因素对耕地质量的影响。不合理的施肥、施用农药是目前严重影响耕地质量的原因之一,造成土壤肥力失衡、微生物群落减少、土壤板结等现象。因此合理科学的人为管理因素对耕地质量有着重要的意义。农业主管部门可以通过各种渠道,加强宣传,推广科学技术手段,因地制宜,分类指导,及时调整指导大面积平衡施肥用药技术,进一步扩大平衡施肥用药技术^[11]。另外提高耕地的生态环境保护。而且还要加大宣传力度,加强人们的耕地保

护意识,从根本上保障耕地的质量水平。积极推行土地开发整理企业化运营模式,采取多种融资模式,促进开发整理的良性循环^[12]。

参考文献:

- [1] 李继明,范业宽.河南省耕地质量存在问题与对策[J].地域研究与开发,2005,24(2):88-91.
- [2] 赵春雨,朱永恒.耕地质量指标体系的构建[J].资源开发与市场,2006,22,(3):224-227.
- [3] 陈印军,肖碧林,方琳娜.中国耕地质量状况分析[J].中国农业科学2011,44(17):3557-3564.
- [4] 吴克宁,史原轲,吕巧灵,等.农用地征地区片综合地价测算与成果分析[J].资源与产业,2006,8(5):15-19.
- [5] 林霞,任学慧,张海静.统筹县域土地利用及其分区研究[J].资源与产业,2007,10(2):31-34.
- [6] 济宁年鉴委员会.济宁统计年鉴2011[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [7] 胡科,石培基.甘肃省耕地质量评价研究[J].中国土地科学,2008,22,(11):38-43.
- [8] 陈光荣.耕地资源安全评价指标体系的理论探讨[J].职业圈,2007,24,(76):15-33.
- [9] 黄勋,罗培,况明生,等.基于AHP—模糊综合法的地质遗迹空间区划定量评价研究[J].地质学刊,2010,34(4):436-443.
- [10] 济宁市土地利用总体规划编纂委员会.济宁市土地利用总体规划(2006—2020年)[M].济南:山东省地图出版社,2010.
- [11] 胡皓怡.湖南省永州市耕地保护研究[J].经济与管理科学,2011,S1:1-80.
- [12] 王君仁,许庆福,韩颖新.日照市土地利用功能分区及空间管制[J].山东国土资源,2008,24(Z1):7-9.

Study on Quality Evaluation and Protection Countermeasures of Cultivated Land in Jining City

LIU Liang, ZHANG Zulu, YU Cheng, ZHANG Guangfeng

(Population, Resources and Environment College of Shandong Normal University, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Being a kind of very important land resources, the cultivated land resource has been paid more and more attention. In this paper, choosing 13 factors synthetically as the basic index which will cause the change of the quality of cultivated land, using fuzzy comprehensive evaluation method based on AHP to evaluate the quality of cultivated land comprehensively in Jining city. As showed by the result, the quality grade of cultivated land in Jining city is “general” and the evaluation result is consistent with the actual condition. According to the analysis of the evaluation results, the driving force factors that could cause the change of the quality of cultivated land have been analyzed, and relative optimization countermeasures have been put forward as well.

Key words: Quality of cultivated land; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation method; Jining city