

基于高效生态农业布局导向性的 资源环境承载力评价

——以黄河三角洲高效生态经济区为例

李念春¹, 张伟峰², 罗振江¹

(1.山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2.山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:该文在对研究区资源环境本底基本了解的基础上,建立了包括耕地资源、水资源、社会经济资源、土壤环境、极端气候发生率和地质环境6个二级指标的资源环境承载力评价指标体系,采用定性和定量相结合的方法,利用层次分析法确定相关指标权重,分别对6个要素进行承载力评价。在各单元要素评价基础上,结合黄河三角洲高效生态经济区农业发展要求,划分出了沿海湿地生态系统保护带、北部盐渍化土质特色种植区、南部优质粮食生产区和果蔬集中种植区4个生态农业布局适宜区,并提出发展建议。

关键词:层次分析法;资源环境承载力;农业布局建议;黄河三角洲高效生态经济区

中图分类号:X22;X820

文献标识码:B

引文格式:李念春,张伟峰,罗振江.基于高效生态农业布局导向性的资源环境承载力评价——以黄河三角洲高效生态经济区为例[J].山东国土资源,2016,32(8):37-46.LI Nianchun,ZHANG Weifeng,LUO Zhenjiang. Resource and Environment Carrying Capacity Assessment of Efficient Ecological Agriculture Oriented Layout——Settingcase Efficient Ecological Economic Zone in Yellow River Delta as an Example[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(8):37-46.

资源环境承载力,是指在一定时期和一定区域范围内,资源环境承受人类各种社会经济活动的的能力,它是一个国家和地区可持续发展的基础^[1]。对资源环境承载力的评价与预测,也是一个国家和地区在一定时段实施可持续发展战略、谋划经济发展规模、人口总量及布局、资源供需和环境保护的科学依据^[2]。开展资源环境承载力研究由来已久,国外资源环境承载力的早期研究可追溯到20世纪60年代末到70年代初^[3],我国学术界对资源环境承载力的研究较晚,“资源环境承载力”概念最早出现在1991年北京大学主持的《福建省湄洲湾开发区环境规划综合研究总报告》中^[4]。资源环境承载力研究多以水土资源、水土环境、矿产资源、生态环境、地质环境等相关要素评价为主,虽然开展的工作较多,也较广,但特定指向性研究相对较少。该文以服务高效生态农业布局为研究出发点,对其进行资源环境承载力研究,具有一定的实用性。

1 研究区概况

黄河三角洲以黄河历史冲积平原和鲁北沿海地区为基础,位于环渤海经济圈的南翼,地理位置优越,在我国区域经济补偿中具有重要的战略位置。其范围包括东营市、滨州市,潍坊北部寿光市、寒亭区、昌邑市,德州市乐陵市、庆云县,淄博市高青县,以及烟台市莱州市等19个县市区(图1)^[5]。根据2009年土地利用变更调查,土地总面积为2.65万km²,土地利用率为79.94%。

黄河三角洲高效生态农业,是在确保粮食总产量稳步增长的前提下,不断提高农业的高科技含量和农林牧渔总产值的快速增长,推动农业由传统型向现代型、粗放型向集约型、数量型向效益型、产品型向商品型转变。如:寿光地区的无公害蔬菜、沾化地区的冬枣,已销往全国200多个大中城市,并远销

收稿日期:2016-01-04;修订日期:2016-02-16;编辑:曹丽丽

地调项目:中国地质调查局全国资源环境调查综合研究项目(1212011120080)

作者简介:李念春(1981—),男,山西汾阳人,工程师,主要从事土地利用、水工环等方面研究;E-mail:532201305@qq.com

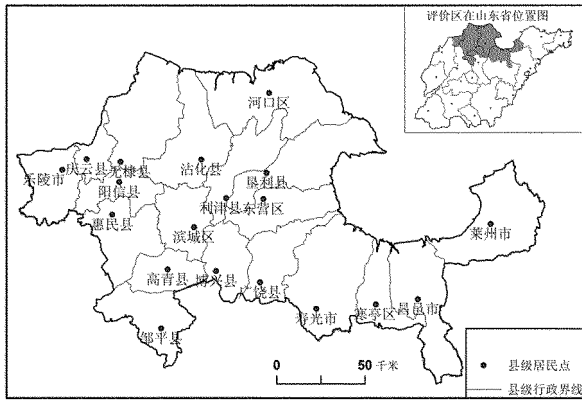


图 1 黄河三角洲高效生态经济区范围示意图

日本、韩国、俄罗斯等国,成为当地的主要经济来源;东营、滨州等地将百万亩盐碱地开发成为“以渔改碱,上农下渔”的新型养殖模式,将对虾、文蛤、毛蟹、甲鱼养殖与棉花及果园种植、畜牧养殖相结合,逐步形成各具特色的高效生态农林牧渔业生产新格局。随着《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》的公布,高效生态农业的发展被提上日程,亟需开展高效生态农业布局相关研究。

2 研究思路

在分析影响高效生态农业因素的基础上,建立了评价指标体系,共分为耕地资源、水资源、社会经济资源、土壤环境、水环境、极端气候发生率、地质环境 7 个一级指标和若干二级指标(二级指标见单项评价中相关论述)。为防止出现综合评价之后无法体现单个因子的承载特征,此次评价只对相关单要素进行评价。评价采用定性分析与定量计算相结合的方法进行,根据各要素的数据特征选取不同的评价方法。在单要素评价结果的基础上,集合地区发展规划需要,最后划定高效生态农业布局类型区,并提出发展建议。

3 耕地资源承载力

农业对土地资源的需求主要表现在对耕地资源的需求,耕地是农业发展的载体,一定数量的耕地是保证农业发展、粮食生产以及农业人员就业的最重要因素。该次评价从耕地粮食保障和农业从业人员就业保障 2 个角度来进行研究。

表 1 为耕地资源承载力评价体系,根据层次分析法征求专家意见综合打分求出粮食保障能力和就

业保障能力的指标权重。

表 1 耕地资源承载力评价体系

一级指标	二级指标	三级指标
耕地资源 承载力	粮食保障 (0.6)	粮食总产量(kg)
		总人口(人)
		农业人口数量(人)
		耕地面积(hm ²)
就业保障 (0.4)		农民年人均收入(元)
		耕地平均亩产收入(元)
		人均粮食安全保障(kg/人)
		人均就业耕地面积(hm ² /人)
		人均粮食产量(kg/人)

3.1 耕地人口支撑能力评价

耕地人口支撑能力主要是指在一定生产条件和生活水平下,耕地资源的粮食生产能力与社会就业保障能力所承载的人口限度。

2009 年黄河三角洲地区人口总数达到 982.1 万人,耕地面积 1 126 643.1 hm²,占全部土地资源的 42%,人均耕地面积 1.7 亩,略高于全国人均耕地 1.43 的水平。耕地安全首先是要保证城市和农村人口的口粮,这是耕地保护的底线,其余工业和饲料用粮可以通过市场外调解决。因此,结合国际粮农组织和国家小康标准,将黄河三角洲地区人均粮食安全标准定为 400 kg^[6]。

对于黄河三角洲地区,耕地除本身的生产功能之外,更重要的是作为农业人口主要的生产资料与生存来源,具有吸纳农村人口就业、保障社会稳定的功能。根据地区农业生产力的发展状况确定每个农业劳动力能够耕种的土地面积,即农业劳动生产率。按照山东省年均农民收入 6 990 元,每亩产出 500 元计算,同时考虑山东省农民家庭收入中农业收入占总收入的比重,研究区每个农村劳动力应该占有耕地 3.41 hm²(6.2 亩)。根据这一指标可测算出研究区耕地资源能够承载的农业劳动力,这对于农村剩余劳动力的转移具有重要参考价值。耕地人口支撑能力评价公式:

$$U = F_i \times 0.6 + F_i' \times 0.4$$

$$F_i = A_1 / A$$

$$F_i' = (A_1' M') / (A' M)$$

式中: F_i —耕地粮食保障指数; F_i' —耕地就业保障指数; A —区域实际人口总数; A_1 —理想状态下粮食所能供给人口数; A_1' —区域农业人口数; M —山东省农民人均收入; M' —研究区耕地平均亩产收入^[7]。

参考有关耕地资源承载力学术文献,制定如下评分定级标准(表 2)。

表 2 耕地人口支撑能力评价标准

分值	$0 < X \leq 0.5$	$0.5 < X \leq 1.0$	$1.0 < X \leq 1.5$	$1.5 < X \leq 2.0$	大于 2.0
承载力等级	弱	较弱	一般	较强	强

3.2 耕地利用效益评价

耕地利用效益是指耕地在利用的过程中,单位耕地面积上所能提供的经济效益、生态效益和社会效益。耕地利用效益,主要用单位耕地面积所提供的产品或者价值来表示,它反映了人类利用耕地的目标实现程度。在保持良好生态环境的条件下,单位耕地面积上所得的产品或者收入越多越好^[8]。该文对耕地利用效益进行评价主要研究耕地单位面积的产出水平,选取耕地地均农业产值为评价指标,并将其与全国平均水平比较来分析利用效益水平。

3.3 耕地承载力综合评价

利用耕地人口支撑能力和耕地利用效益的评价结果,对研究区综合承载能力进行评价,总体来说,土地资源承载水平以一般为主,强区和较强区共计 4 个,只占到行政单元个数的 21%,弱区和较弱区共计 5 个占到行政单元个数的 26%(表 3)。

表 3 耕地承载能力综合评价结果

地区	耕地保障指数	耕地利用效益指数	综合指数	承载水平
东营区	0.40	0.41	0.41	弱
河口区	0.73	0.20	0.47	弱
垦利县	0.76	0.27	0.52	较弱
利津县	0.74	0.41	0.58	较弱
广饶县	1.68	0.53	1.11	一般
寒亭区	1.27	1.38	1.33	一般
寿光市	1.13	3.36	2.25	强
昌邑市	1.50	1.27	1.39	一般
高青县	1.59	2.21	1.90	较强
莱州市	1.25	0.48	0.87	较弱
庆云县	1.53	1.56	1.55	较强
乐陵市	1.81	1.53	1.67	较强
滨城区	1.02	1.04	1.03	一般
惠民县	1.41	1.30	1.36	一般
阳信县	1.74	1.24	1.49	一般
无棣县	1.29	1.21	1.25	一般
沾化县	0.71	1.73	1.22	一般
博兴县	1.55	1.27	1.41	一般
邹平县	1.65	1.33	1.49	一般

弱区和较弱区主要分布于东营地区,该地区尽管耕地资源比较丰富,人均耕地面积高于研究区平

均水平,但是受土壤盐渍化的影响,耕地质量较差,粮食单产水平低,导致粮食保障能力较差;同时,受土地质量的影响,其他类型农业产值效益也较差,地均农业总产值不仅低于全国平均水平,而且远低于山东省平均水平。

寿光市农业规模化经营较早,积极推广标准化生产,提高了生产效率,增加了农业收益,耕地利用效益达到了较高水平,是山东省农业产业化示范市,土地综合承载能力在研究区处于最高水平。高青县、乐陵市、庆云县三县市情况类似,都是农业基础较好的地区,耕地单产水平较高,耕地保障能力在全区处于中等偏上水平,同时,地区农业实行集聚化、多样化和品牌化发展,地均农业产值较高,综合承载指数在全区处于中等偏上水平。

4 水资源承载力

农业的发展离不开充足的水资源作为保障,水是农业发展的必要条件之一。水资源利用是此消彼长的分配模式,在水资源供需处于平衡状态的地区,某一个部门用水量的增加必然会引起其他部门用水的减少,反之亦然。固单项评价不单独做农业用水供需的研究,从全局来分析水资源供需,以此来对地区农业发展水资源的承载力情况做出评价。

黄河三角洲现状供水总量为 37.8 亿 m^3 ,其中地表水供水量为 5.7 亿 m^3 ,地下水供水量为 10.3 亿 m^3 ,客水资源供水量为 21.7 亿 m^3 ,分别占供水总量的 15.0%、27.1% 和 53.4%。由此可见,客水资源(黄河水)在该区域供水中占据重要地位,其中,东营市、滨州市、乐陵市、庆云县、高青县主要依赖于黄河客水资源,而莱州市、昌邑市、寒亭区和寿光市,主要依赖地下水资源供水。该区域现状用水总量为 37.9 亿 m^3 ,其中,农业、工业、生活、生态环境用水量分别为 30.5 亿 m^3 、4.3 亿 m^3 、2.6 亿 m^3 和 0.6 亿 m^3 ,分别占用水总量的 80.4%、11.3%、6.8% 和 1.5%,说明农业用水是黄河三角洲区域的主要用水大户,而生态环境用水量极少,几乎微乎其微^①。

现状条件下,黄河三角洲供水量与需水量基本相等,二者相差 0.05 亿 m^3 ,说明该区域水资源供需基本达到平衡,供水能力基本能够满足国民经济发

① 山东省水利厅,黄河三角洲高效生态经济区水利发展规划,2009 年。

展的需水要求。从不同县(市、区)的现状供需水电分析情况来看,莱州市、昌邑市、寒亭区、广饶市、利津县、滨州市的所有县区、高青县等地区的现状供水量与需水量相等,达到平衡;东营市和乐陵市的现状供水量大于需水量,而寿光市和庆云县则表现为缺水状态。利用水资源供给需求比值来评价水资源承载力水平,根据专家意见,制定水资源承载力评分见表 4。

表 4 水资源承载力评价标准

评分	$1.4 < X$	$1.2 < X \leq 1.4$	$1.0 < X \leq 1.2$	$0.8 < X \leq 1.0$	$X \leq 0.8$
承载力水平	强	较强	一般	较弱	弱

经计算,对研究区水资源承载力水平进行定级(表 5)。2010 年各行政区水资源供需平衡,水资源基本能够满足地区发展需要,庆云县承载力水平最差,属于较差区,主要原因是当地地表水资源比较匮乏,主要靠开采地下水和客水资源维持发展需要。

表 5 水资源承载力评价结果

地区	承载力水平	地区	承载力水平
莱州市	一般	阳信县	一般
昌邑市	一般	无棣县	一般
寒亭区	一般	沾化县	一般
寿光市	一般	博兴县	一般
东营市	一般	邹平县	一般
滨州市	一般	乐陵市	一般
滨城区	一般	庆云县	较弱
惠民县	一般	高青县	一般

5 社会经济资源

高效生态农业和普通的农业发展模式有很大不同,高效生态农业是集约化经营与生态化生产有机耦合的现代农业^[9]。具有资源节约、环境友好、产品安全、经济高效、技术密集、人力资源得到充分发挥为本质的新的现代产业发展模式^[10]。高效生态农业的发展是建立在坚实的社会经济基础之上的,地区农业发展水平、农业地位、农业从业人员素质、农业灌溉水平、农业机械化水平等要素都会对地区高效生态农业的发展产生重要影响。

针对高效生态农业发展特点和条件,选取基本农田占耕地面积比例、有效灌溉面积比例、耕播收机械化比重、每百人高中及以上文化程度人数、固定资产投资中第一产业投资比重、农业产值年均增长率、地均 GDP、第一产业比重等 8 个指标进行评价。

利用层次分析法,将 8 个评价指标两两比较,构造判断矩阵,计算得到该矩阵的特征向量,向量 $(0.07, 0.14, 0.2, 0.17, 0.21, 0.11, 0.06, 0.04)^T$ 分别对应 8 个评价指标的权重。对研究区指标数据使用线性变换法统一量纲,进行标准化处理,标准化值乘以权重之后将其求和,可以得到综合评分值(表 6)。

表 6 社会经济资源承载力评价标准

承载力水平	强	较强	一般	较弱	弱
分值范围	$0.7 < X$	$0.6 < X \leq 0.7$	$0.5 < X \leq 0.6$	$0.4 < X \leq 0.5$	$X \leq 0.4$

根据研究区实际情况,并参考已有研究成果,制定评价标准,将评分结果分为 5 个等级(表 7)。

表 7 社会经济资源承载力评价结果

地区	综合分值	等级	地区	综合分值	等级
寒亭区	0.46	较弱	利津县	0.67	较强
寿光市	0.74	强	广饶市	0.58	一般
昌邑市	0.73	强	滨城区	0.46	较弱
莱州市	0.55	一般	惠民县	0.35	弱
高青县	0.47	较弱	阳信县	0.44	较弱
庆云县	0.32	弱	无棣县	0.50	一般
乐陵市	0.34	弱	沾化县	0.46	较弱
东营区	0.44	较弱	博兴县	0.62	较强
河口区	0.58	一般	邹平县	0.59	一般
垦利县	0.42	较弱	—	—	—

根据地区统计数据,寿光市和昌邑市农业条件较好,固定资产投资中第一产业投资比例均远大于其余县市,此外农业从业人员中高中以上文化程度人员比重也较其余地区高,发展高效生态农业的社会经济基础很强;利津县和博兴县,发展高效生态农业社会经济条件较强;莱州市、河口区、广饶县、无棣县和邹平市发展高效生态农业社会经济基础条件一般;寒亭区、高青县、东营区、垦利县、滨城区、阳信县和沾化县社会经济基础条件较弱,主要是因为:寒亭区固定资产投资中农业投资比例过小;庆云县和乐陵市的有效灌溉面积比例、耕播收机械化率和每百人高中及以上文化程度人员较少;垦利县基本农田保护率处于全区最低水平;滨城区固定资产投资额中第一产业投资额在全区处于最低水平,这 5 个行政区社会经济基础条件对地区高效生态农业发展支持较小;庆云县、乐陵市和惠民县属于社会经济资源承载力弱区,2004—2009 年,惠民县农业产值为负增长,农业发展态势较差,农业发展条件较其他地区差,社会经济基础条件最弱,对高效生态农业发展支

持不足。

6 水环境

根据评价水环境承载力影响因素,确定地表水环境容量强度、地下水环境抗污性、地下水功能为一级因子;4 个一级因子又含有若干个二级因子,评价因子体系见图 2。

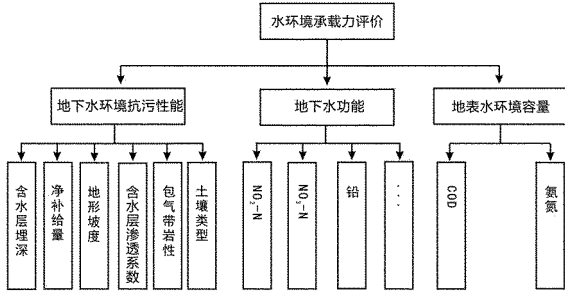


图 2 水环境承载力评价因子体系结构图

6.1 评价因子量化

对于通过测量可以直接得到具体数值的因子,直接选取该数值进行模糊评判给出等级定额,对于不能直接得到具体数值的因子进行专家打分法进行等级划分(10 分制)。地表水环境容量强度直接使用实测数值,地下水环境抗污性、地下水功能采用专家打分法,具体结果见表 8、表 9。

表 8 地下水环境防污性等级特征值

防污性能等级	强区	较强区	一般区	较差区	差区
评分	10	7~9	4~6.9	2~3.9	<2

表 9 地下水功能区等级特征值

功能等级	强	较强	一般	较弱	弱
评分	7.4~9	5.8~7.4	4.2~5.8	2.6~4.2	1~2.6

6.2 权重确定

根据构造的判断矩阵,采用 AHP 模型计算指标权重(即求解判断矩阵的最大特征向量),计算结果如表 10。

6.3 承载力分区标准

利用 ArcGIS 平台,将地表水环境容量强度、地下水环境抗污性、地下水功能 4 张矢量图转成栅格图,借用栅格功能,采用:

水环境承载力 = $RS \times WS + RC \times WC + RF \times WF$
 式中: R —等级特征值(实测值); W —权重。

表 10 水环境承载力评价因子及其权重

一级因子	权重	二级因子	权重
地表水环境容量强度	0.637	COD	0.4141
		氨氮	0.2230
地下水环境抗污性能	0.2583	土壤类型	0.0095
		包气带岩性	0.0819
		含水层渗透系数	0.0206
		净补给量	0.0384
		地形坡度	0.0049
		地下水埋深	0.0819
地下水功能	0.1047	NO ₂ -N	0.0105
		NO ₃ -N	0.0105
		铅	0.0105
		镉	0.0105
		砷	0.0105
		汞	0.0105
		六价铬	0.0105
		氰	0.0105
		酚	0.0105
		COD	0.0105
		氨氮	0.0105

注:判断矩阵一致比例为 0.037。

将综合评分结果按表 11 所示标准划分为水环境承载力强、水环境承载力较强、水环境承载力一般、水环境承载力较弱和水环境承载力弱。

表 11 水环境承载力评价分区标准

承载力分区	强	较强	一般	较弱	弱
评分	3.19~4.42	2.68~3.19	1.99~2.68	0.83~1.99	0~0.83

6.4 水环境承载力评价与区划

根据计算结果,对照承载力评价分区标准,将黄河三角洲水环境承载力分成 5 级,具体分析结果见图 3。

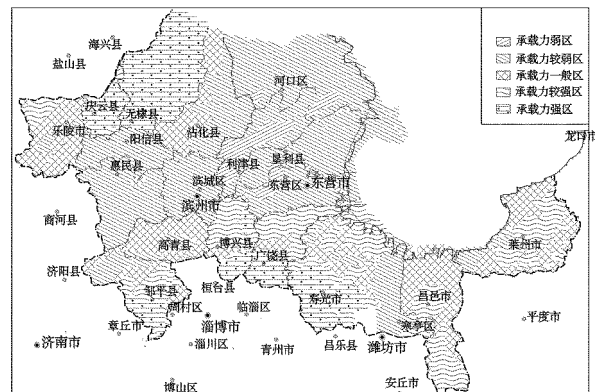


图 3 水环境承载力评价分区图

水环境承载力强区主要分布在庆云、无棣县等

水环境容量强度较高处,以及博兴、广饶、寿光南部平原亚区和邹平县丘陵区。

水环境承载力较强区主要分布在邹平县、昌邑市、莱州市等丘陵地区,以及博兴县、广饶县北部水环境容量强度比较高的地区。水环境承载力一般区主要分布在高青县、沾化县西北部、昌邑市北部、以及莱州市海积平原区。这些地区地下防污性能较弱差,地下水功能较差,水环境容量强度一般。水环境承载力较弱区及弱区主要分布鲁北平原中部阳信、惠民、滨城、沾化、利津、东营、垦利、河口县以及寒亭区等地。这些地区地下水功能一般,抗污性能较差,且水环境容量强度也普遍较低。

7 土壤环境

在遵循科学性、协调性、动态性、层次性和可行性原则的基础上,以土壤环境承载力为核心,根据 PSR 模型框架,从压力、状态、响应 3 个方面建立起黄河三角洲地区土壤环境承载力评价的指标体系。其中,准则层包括:人口经济、工业、农业、城市、交通、能源等 10 个方面,并最后扩展为 22 项指标。具体指标见表 12。

表 12 土壤环境承载力评价指标体系

项目层	准则层	指标层	单位	权重
压力	人口经济	人口密度	万人/km ²	0.0072
		人口自然增长率	%	0.0036
		人均 GDP	万元	0.0036
		第二产业产值比重	%	0.0018
	工业	工业烟尘排放强度	t/km ²	0.0160
		工业废水排放强度	万 t/km ²	0.0289
		工业固体废物排放强度	万 t/km ²	0.0525
	农业	化肥使用强度	万 t/km ²	0.0154
		农药使用强度	t/km ²	0.0154
	城市	生活污水排放量	万 m ³	0.0183
生活垃圾排放量		万 t	0.0366	
交通、能源	万元 GDP 能耗	吨标准煤	0.0205	
	公路客运强度	万人次/km ²	0.0102	
状态	污染现状	环境容量指数	无量纲	0.4322
	生产力状况	土壤肥力综合指数	无量纲	0.2158
响应	环境管理	环保投入占 GDP 比例	%	0.0658
	工业环境治理	重点污染源工业废水排放达标率	%	0.0121
		工业废物综合利用率	%	0.0242
	城市环境治理	城市生活污水处理率	%	0.0067
		城市生活垃圾无害化处理率	%	0.0133

为了将基础数据统一到一个数量级便于评价,采用极差标准化方法进行标准化预处理,使其无量

纲化。对于土壤环境有利型指标,其指标值越大越好,按公式进行标准化处理;对于不利型指标,即指标值越小越好,按式进行标准化处理。

$$X'_i = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

$$X'_i = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中: X_i —表示某一指标实测值; X_{\max} —表示某一指标统计范围中的最大值; X_{\min} —表示某一指标统计范围中的最小值; X'_i —是标准化后的值。

各指标的权重值如表 8 所示。其中准则层的随机一致性比例 $CR = 0.053 < 0.1$,具有较好的一致性。根据黄三角地区各县市土壤环境承载力综合得分情况,参考相关文献,该次研究制定 5 个承载力等级,见表 13。

表 13 研究区土壤环境承载力评判标准

土壤承载力区间值	承载力等级	表征状态
<0.4	I	弱承载力
0.4-0.5	II	较弱承载力
0.5-0.6	III	一般承载力
0.6-0.7	IV	较强承载力
>0.7	V	强承载力

通过对黄三角地区土壤环境承载力综合评价可知(表 14),在评价的 19 个县市中,邹平县、高青县、无棣县、庆云县土壤环境处于较弱承载力状态;利津县、寒亭区、河口区处于较强承载力状态;昌邑市处于强承载力状态;其他大部分县市处于一般承载力状态。

表 14 研究区土壤环境承载力综合评价结果

评价单元		分值	承载力状态
东营市	东营区	0.532	一般承载力
	河口区	0.675	较强承载力
	垦利县	0.579	一般承载力
	利津县	0.629	较强承载力
	广饶县	0.546	一般承载力
滨州市	滨城区	0.52	一般承载力
	惠民县	0.587	一般承载力
	阳信县	0.55	一般承载力
	无棣县	0.447	较弱承载力
	沾化县	0.575	一般承载力
	博兴县	0.538	一般承载力
德州市	邹平县	0.416	较弱承载力
	庆云县	0.453	较弱承载力
	乐陵市	0.578	一般承载力
潍坊市	寒亭区	0.641	较强承载力
	寿光市	0.577	一般承载力
	昌邑市	0.712	强承载力
烟台市	莱州市	0.568	一般承载力
淄博市	高青县	0.43	较弱承载力

8 地质环境

该文采用网格法进行地质环境承载力评价,利用 GIS 软件矢量图斑栅格化功能,将研究区划分为 100 m×100 m 大小的栅格单元,共计约 2 650 000 个栅格单元,每个栅格单元都有相应的属性字段。综合分析影响黄河三角洲地区地质环境的主要因子,参考相关的研究文献^[11-14],建立黄河三角洲地区地质环境承载力评价指标体系,同时采用层次分析法确定指标权重(表 15)。

表 15 地质环境承载力指标体系及其权重

目标层	指标层	指标权重
地质环境承载力	工程地质稳定性	0.07
	距离主要断裂距离	0.08
	地震烈度等级	0.07
	地下水水质等级	0.10
	地下水开采模数	0.08
	海岸带侵蚀	0.04
	坡度	0.04
	地方病	0.05
	海(咸)水入侵	0.13
	崩塌、滑坡、泥石流	0.05
	地裂缝	0.08
	地面塌陷	0.08
	地下水降落漏斗	0.14

地质环境承载力划分为 5 个等级,即强(4~5)、较强(3~4)、一般(2~3)、较弱(1~2)和弱(0~1)。综合评价模型为:

$$C_j = \sum (F_i \times W_i) (i = 1, 2, 3, 4)$$

式中: C_j —某准则层的承载力指数; F_i —各指标的承载力评价赋值; W_i —该子系统中某一单项指标的权重值。 F_i 的取值见下表 16。

表 16 地质环境承载力评价指标赋值

赋值	1	2	3	4	5
工程地质稳定性	不稳定	较不稳定	基本稳定	较稳定	稳定
主要断裂距离(km)	<2	2~4	4~8	8~12	>12
地震烈度等级		八度区	七度区	六度区	
地下水水质等级	极差	较差	较好	良好	优良
地下水开采模数(万 m ³ /a·km ²)	<5	5~20	20~30	30~50	>50
海岸带侵蚀	有			无	
坡度(°)	>25	15~25	8~15	3~8	0~3
地方病	严重	轻		无	
海(咸)水入侵	严重	轻		无	
崩塌、滑坡、泥石流	有		无		
地裂缝	有			无	
地面塌陷	有			无	
地下水降落漏斗	区内			区外	

地质环境承载力评价借助 GIS 软件叠加分析功能来实现。首先将各单要素进行底图配准数字化,并录入相关属性,同时根据赋值标准给不同自然单元进行赋值,然后对各要素图层进行加权叠加分析,最后根据等级划分标准对叠加结果进行再分类,获得最终的评价结果图(图 4)。

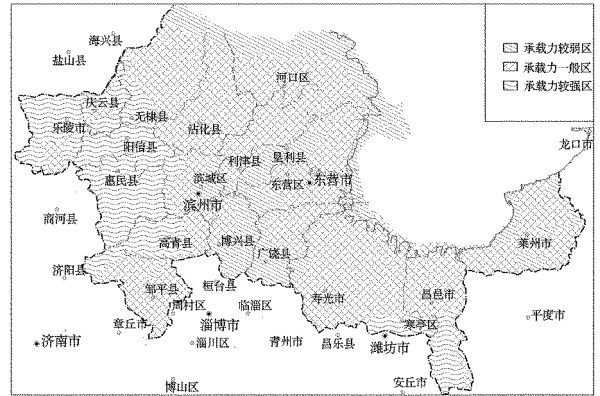


图 4 地质环境承载力评价图

根据评价结果,将研究区地质环境承载力分为 3 个等级:承载力较强区、一般区和较弱区。它们所占的比例分别为 21.11%、60.92%、19.97%。

承载力较强区主要分布在黄河三角洲西部地区 and 昌邑县南部地区,西部地区属于平原地带,地势平坦,地壳较为稳定,属于地震烈度六度区,该范围内地下水开采强度适中,未出现地下水降落漏斗,地质环境条件较好,只有少范围的土壤盐渍化和地下水污染分布;昌邑市南部地区地下水开采模数处于 10 万~20 万 m³/a·km²,在研究区处于中等偏上水平,未受到海水入侵,地下水水质未受到污染,地质环境条件较好,只有少量的地质环境问题。

承载力一般区广泛分布在滨州市、东营市、潍北地区和莱州地区,这些地区普遍存在土壤盐渍化现象,地壳稳定性一般,地震烈度六至七度,浅层地下水水质以轻度污染为主,区内大部分属于地下无淡水区,莱州市地下水开采模数较小只有 5 万~10 万 m³/a·km²,一般区地势以平原为主,莱州市东部属于低山丘陵地貌,地势较高。东营市范围内大范围存在地面沉降现象,同时在潍北地区存在地下水降落漏斗。

承载力较弱区主要分布在研究区北部沿海地带、中部垦利至广饶一线、小清河流域以及莱州市西部海岸等地区。北部沿海地带是海水入侵重灾区,

同时也是土壤盐渍化严重地区,部分海岸线出现侵蚀变迁;垦利至广饶一线沿黄地区分布有一定数量的地裂缝,该地区地下水超采严重,分布有滨州和博兴漏斗区,地面沉降比较突出,尤其是广饶地区部分地段地面沉降达到 150 mm/a,同时该区小清河段浅层地下水污染较为严重;莱州市分布有大量的金矿开采区,引发了许多地面塌陷灾害,同时低山丘陵地区分布有崩塌、滑坡、泥石流灾害,地质环境较不稳定。

9 极端气候环境

黄河三角洲地区极端气候主要是干旱、洪涝、风灾、雪灾、雾灾。旱灾一年四季均有发生,但主要发生在春季、初夏和晚秋,秋季干旱的几率最高为 47.6%,夏季几率最低,为 33.1%;涝灾年度发生几

率 24.7%,三角洲北部地区发生几率较大;大风时空分布为春冬两季的大风日数最多,秋季次之,夏季最少莱州湾西部明显多于其余地区;积雪对农作物的越冬保温可以起到积极的作用,但是雪量过大会对人们的正常生活带来诸多不便,各地积雪日出现在 11 月至翌年 4 月;大雾天气一年四季均有发生,大雾出现日夏季最多,春季次之,冬季较少,秋季最少,沿海地区多大雾天气,常导致严重的海区雾灾^[15-16]。

极端天气的发生对地区农业的发展将产生非常大的负面影响,对评价区极端气候进行评价有助于农业布局研究,同时对农业自然灾害预防也有重要作用。根据黄河三角洲地区历年发生极端气候种类的统计,建立极端气候发生率评价指标体系,按照极端气候发生概率分为 5 个等级并分别赋值(表 17)。

表 17 极端气候影响因素赋值

目标层	指标层	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
极端气候发生率 评价指标	旱灾发生概率%	30% < X	25% < X ≤ 30%	15% < X ≤ 20%	10% < X ≤ 15%	X ≤ 10%
	洪涝灾害发生概率%	30% < X	25% < X ≤ 30%	20% < X ≤ 25%	15% < X ≤ 20%	X ≤ 15%
	风灾发生概率(日/年)	25 < X	20 < X ≤ 25	15 < X ≤ 20	10 < X ≤ 15	X ≤ 10
	暴雨发生概率(日/年)	4 < X	3 < X ≤ 4	2 < X ≤ 3	1 < X ≤ 2	X ≤ 1
	冰雹(日/年)	0.8 < X	0.6 < X ≤ 0.8	0.4 < X ≤ 0.6	0.2 < X ≤ 0.4	X ≤ 0.2
	雾灾(日/年)	30 < X	25 < X ≤ 30	20 < X ≤ 25	15 < X ≤ 20	X ≤ 15

利用层次分析法,多位专家在充分考虑灾害性质、危害大小以及发生概率等因素基础上,对各要素综合打分,最后得出各要素权重值(表 18)。

表 18 极端气候影响因素权重

名称	旱灾	洪涝	风灾	暴雨	冰雹	雾灾
权重	0.24	0.27	0.08	0.19	0.17	0.05

根据各类型极端天气分值和权重,对它们进行叠加分析,并得到气候环境承载力分布图(图 5)。黄河三角洲地区受极端环境影响较弱的地区主要分布在无棣县南部至东营区一线范围、垦利县北部地区、莱州市北部地区以及潍坊北部地区,这些地区相对其他地区气候环境条件更好一些。

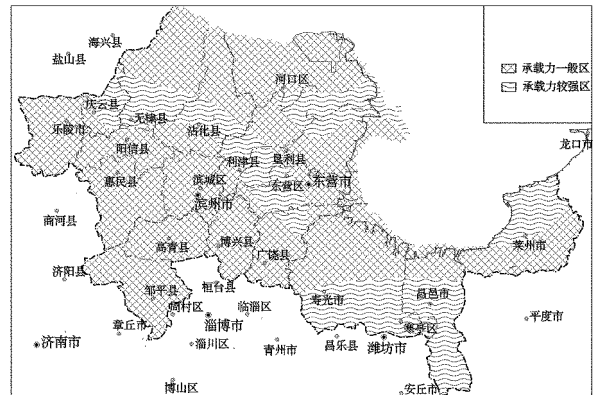


图 5 极端气候影响分布图

建议利用地区未利用地资源丰富的优势,因地制宜,合理开发利用土地,增加农用地面积,拓展特色农业经营范围,提高单位面积农业产值,同时合理安排农村人口就业,增加农业人员非种植业收入比重。对于北部地区,当地农业部门要引导农民开展耐盐渍化作物种植,开展生态农场和渔业养殖规模化经营,减少粮食作物种植面积。

(2)黄河三角洲地区水资源整体来说能够满足

10 评价结论

(1)黄河三角洲地区土地资源比较丰富,东北部地区受土壤盐渍化影响,土壤质地较差,粮食产出水平和农用地利用效益低于全省平均水平,土地资源承载能力较弱。

地区用水需求,仅有少量盈余,地区水资源分布不均衡,昌邑市供远大于求,东营市及寿光市、寒亭区供略大于求,其余地区供略小于求,供需差额不大,受地下水超采影响,滨州市及淮北地区水资源承载力较弱。

建议该地区控制地下水漏斗区域的地下水开采,同时,对区域漏斗群地区进行地下水资源调蓄,利用现有河流、沟渠和坑塘,以拦蓄引渗丰水期大气降水地表径流为主;在有条件的昌邑市等地段,通过引黄济青渠引黄河水入潍河、大型沟渠等现有渠系和坑塘设施拦蓄引渗。其余地区供需差额较小,可以通过农业节水灌溉、增加污水处理设施、沿海工业增加海水利用量、海水淡化等手段增加水资源供给,满足人们生产和生活用水需求。

(3)研究区部分地区水土环境较差,北部地区受土壤盐渍化和石油污染的影响,土壤环境较差,南部山区小清河流域和德惠新河流域水环境较差,部分城市驻地附近水环境受到不同程度的破坏,水土环境的不协调严重制约了地区农业发展环境,影响了地区可持续发展。

11 农业布局建议

建议从控制地下水位和改善土壤结构的角度,采取改善地表排水系统、推广节水灌溉技术、增施有机肥、秸秆还田等措施,改善受盐渍化影响地区土质;东营市范围内油田污染区要加强落地原油的回收,防止其对附近土壤和水体造成污染;加强地表受污染河流的治理,同时严查河流附近排污企业的污水排放超标问题。

根据单要素评价结果,结合地区发展特点,将研究区化为4个高效生态农业特征区(图6)。

(1)沿海湿地生态系统保护带,该区分布在研究区北部沿海地带,区内分布有大量成片的湿地,依次分布有贝壳堤岛与湿地系统自然保护区、黄河三角洲自然保护区、海岸线自然保护带、莱州湾湿地自然保护区和昌邑国家海洋生态特别保护区等5个控制开发的区域。

对自然保护区要实行严格的环境保护制度,引导人口有序转移,促进自然保护区生态环境良性发展,实现污染物零排放,重点发展生态旅游,适度开发绿色食品。

对海岸线自然保护带要实施集中集约用海,搞

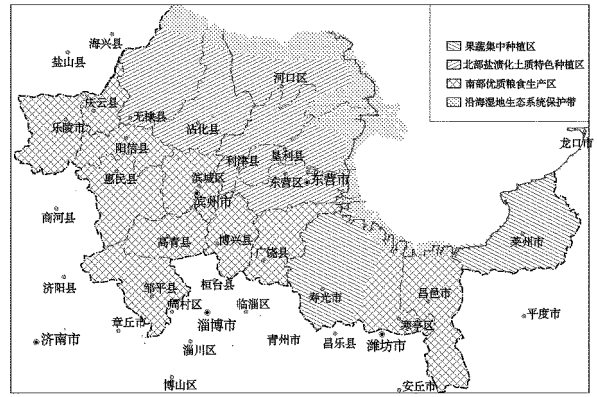


图6 黄河三角洲地区高效生态农业布局建议图
好浅海护养,加强人工造林,重点发展滨海旅游、绿色种植和养殖等产业。

对于非控制开发区域,利用近海有利条件,在保护湿地系统的基础上积极发展浅水养殖,合理布局生态渔业,打造渔业集中带。

(2)北部盐渍化土质特色种植区,该区土壤环境较差,普遍存在土壤盐渍化现象,土地后备资源潜力较大,水资源量基本能够满足当地需要。

基于该区特点,要合理分配水资源,合理开发未利用土地资源,因地制宜转换为不同用途农业用地,针对地区土壤盐渍化特点,通过控制地下水位、改善土壤结构等方面控制土壤盐渍化的趋势,同时区内布局能够适宜当地土壤条件的作物,研究改良和推广耐盐碱化作物品种(棉花、冬枣)。同时,加强东营市老油田地区的水土污染治理,改善农作物生长环境。

(3)南部优质粮食生产区,该区土壤环境较好,耕地粮食单产水平较高,但是土地开发潜力较小;该区水资源供需不平衡,而且地区存在地下水降落漏斗,不利于地下水开采;该区还存在地下水污染等问题。

基于该区特点,首先需要解决的问题是用水保障,适当增加引黄量,控制漏斗区地下水开采,并对漏斗群地区进行地下水资源调蓄,推广农业节水灌溉工程;小清河流域要注重地表河流的治污工作,改善地区农业用水环境;引导农村剩余劳动力向二、三产业转移,拓展农业规模化生产,建成具有一定规模的集约化粮食生产基地。

(4)果蔬集中种植区,该区是传统的果蔬种植集中区,区域集中发展果蔬种植时间较长,具有一定的技术积累,农业发展的社会经济基础较好;该区农

用地资源条件较好,土壤质量较好,但是寿光市北部有零散的盐渍化地块分布,需要加以防范和治理;同时,寿光市还处于漏斗区,要注意加强农业节水,减少地下水开采;莱州市发展果蔬种植业,要加强对采矿区的土地整理复垦,改善农业环境。

参考文献:

- [1] 樊杰.国家汶川地震灾后重建规划:资源环境承载能力评价[M].北京:科学出版社,2009:12-18.
- [2] 任建兰,常军,张晓青,等.黄河三角洲高效生态经济区资源环境综合承载力研究[J].山东社会科学,2013,209(1):140-145.
- [3] 刘晓丽,方创琳.我国城市群资源环境承载力研究进展和展望综述[J].地理科学进展,2008,27(5):35-42.
- [4] Tang J W, Ye WH. Study on Environmental Bearing Capacity and Its quantification[J]. China environment Sci, 1998, 18(3):227-230.
- [5] 顾朝林,杨焕彩.黄河三角洲发展规划研究[M].南京:东南大学出版社,2011.
- [6] 龙方,曾福生.中国粮食安全的战略目标与模式选择[J].农业经济问题,2008,(7):32-35.

- [7] 赵振华,荆浩森,李生清,等.黄河三角洲高效生态经济区土地资源承载力研究[J].国土资源科技管理,2013,30(1):13-18.
- [8] 陈世怀.耕地利用效益评价——以重庆为例[D].西南大学,2008:8-9.
- [9] 顾益康,黄冲平.浙江发展高效生态农业的战略与思路[J].浙江农业科学,2008,(2):125-128.
- [10] 黄国勤,赵其国,龚绍林,等.高效生态农业概述[J].农学通报,2011,(9):23-28.
- [11] 颜世强,孟庆峰,董三强,等.基于GIS的德州市地质环境质量综合评价[J].中国矿业,2004,(13):17-19.
- [12] 赵金平,焦述强.基于GIS的地质环境评价在国外的研究现状[J].南通工学院学报(自然科学版),2004,(6):46-50.
- [13] 杨乐,彭海游,周莫林,等.基于层次分析法的奉节县城地质环境承载力评价[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2014,(4):95-99.
- [14] 王立东,苏春利,谭志容,等.黄河三角洲地质资源环境承载力评价[J].山东国土资源,2015,31(3):39-42.
- [15] 田家怡,吕学军,闫永利,等.黄河三角洲生态环境灾害与减灾对策[M].北京:化学工业出版社,2008:83-89.
- [16] 山东省地图集编纂委员会.山东省地图集[M].济南:山东省地图出版社,2009:30-31.

Resource and Environment Carrying Capacity Assessment of Efficient Ecological Agriculture Oriented Layout ——Setting case Efficient Ecological Economic Zone in Yellow River Delta as an Example

LI Nianchun¹, ZHANG Weifeng², LUO Zhenjiang¹

(1. Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: In this paper, on the basis of studying resource and environment in the study area, resources and environment carrying capacity evaluation system which including six secondary indicators as land resources, water resources, social and economic resources, soil environment, the incidence of extreme weather and geological environment have been established. By using a combination of qualitative and quantitative methods, by using AHP, relevant index weight has been determined, and carrying capacity of six elements has been evaluated respectively. On the basis of evaluating single element, combining with development requirements of agriculture in efficient ecological economic zone in the Yellow River Delta, four ecological agriculture layout suitable areas have been divided, they are coastal wetland ecosystem protection zone, salinization of soil characteristics in northern growing areas, the southern high - quality grain production areas and concentrated fruit and vegetable growing areas, and relative development recommendations have been put forward.

Key words: AHP; resources and environment carrying capacity; agricultural layout recommendations; efficient ecological economic zone in Yellow River Delta