

陈影,张利,杨江燕,等. 基于土地功能评价的环渤海盐碱地宜耕性确定——以河北省黄骅市为例[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):249–253.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2018.10.062

# 基于土地功能评价的环渤海盐碱地宜耕性确定 ——以河北省黄骅市为例

陈影,张利,杨江燕,门明新

(河北农业大学国土资源学院,河北保定 071000)

**摘要:**为解决用地矛盾,合理开发土地,评定环渤海盐碱土地的宜耕性,首先筛选土地生产功能的主要影响指标,建立生产功能评价指标并基于层次分析法确定其权重,构建土地生产功能加权指数和法评价模型,进而在辨析土地生产功能与盐碱地宜耕性逻辑关系基础上,利用盐碱地生产功能评价结果确定土地宜耕性,结果表明:黄骅市盐碱地中较适宜作为耕地的面积最大,达到 12 862.42 hm<sup>2</sup>,高度适宜作为耕地的盐碱地也达到了 9 455.74 hm<sup>2</sup>,说明黄骅市盐碱地开发为耕地的潜力很大。本研究为环渤海盐碱地适宜性评价提供了新方法,为河北省近滨海盐碱土区的高效开发、合理使用提供了实践依据,对构建社会、经济及生态相协调的盐碱地利用格局具有重要借鉴意义。

**关键词:**盐碱地;土地功能;宜耕性评价;环渤海

**中图分类号:** F301.24

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002–1302(2018)10–0249–05

随着人口数量的增加以及人们用地空间的扩大,一些地区的人地矛盾逐步凸显出来,合理开发利用盐碱地等未利用地是解决这一矛盾的有效方法之一。进入新世纪以来,随着人们生活水平提高及用地需求增大,耕地面积逐渐不能满足人们的需求,资源、人口、环境等问题进一步加剧。社会发展和经济持续进步的重要前提是确保耕地的数量、质量。习近平总书记曾说“手中有粮,心中不慌”,粮食问题关乎国家的稳定和长治久安。进行盐碱地等土地开发,确保耕地的数量和质量,其开发合理性至关重要,合理开发未利用地的前提是进行科学的宜耕性评价。土地具有多功能性,不同区域的土地功能可能存在极大差异,土地功能的种类及高低直接影响土地利用适宜性的高低。土地所具有的生产功能可以为人们提供各种农产品,相对于其他功能来说是最核心也是最基础的功能,事关国家的长治久安。

土地具有的为人们提供农产品的能力是一种稳定属性,它是在长期的自然环境影响和人为作用下逐渐构成的。许隼等认为土地生产力属于土地的基本功能,是提供农产品和生产效益的能力<sup>[1]</sup>。20 世纪 30 年代,我国开始进行土地生产力的量化研究,但前期以土地的潜力评价为主<sup>[2]</sup>,随着计算机、GIS 等技术方法的发展与进步,前人从土地退化的原因入手分析了土地生产功能的影响指标<sup>[3–4]</sup>,竺可桢分别从气候、作物生理等角度探讨了土地生产功能<sup>[5]</sup>;黄秉维等结合太阳辐射原理,通过对比不同的有效光合利用系数,统计了我国不同地区的光温潜力<sup>[6–7]</sup>。我国学者从 20 世纪 80 年代初也开始对土地生产力进行系统研究,周兆德等针对我国作物

类型的不同、区域的不同开展了相关问题的探讨<sup>[8–10]</sup>。张凤荣等根据土地的自然属性调查了土地后备资源<sup>[11]</sup>。从以上专家学者的研究可以看出,前期土地生产力评价多集中于农用地<sup>[12–13]</sup>。环渤海盐碱地由于受人类经济、社会活动的干扰比较少,生产力方面的评价研究也相对较少<sup>[14]</sup>。盐碱地宜耕性是土地生产功能的外在体现,基于土地功能评价的盐碱地宜耕性评价具有可操作性和科学性<sup>[15]</sup>,依据其结果确定盐碱地的开发利用方向可以在遵循土地自然属性、内在规律的基础上实现。

本研究首先辨析了环渤海盐碱地的土地结构,筛选环渤海盐碱地生产功能的主要影响指标,构建盐碱地生产功能等级划分的评价体系,进而利用层次分析法模型计算筛选的指标权重,并基于加权指数和法建立了环渤海盐碱地生产功能评价框架,挖掘盐碱地生产功能与耕地适宜性的内在逻辑关系,在功能评价结果基础上确定环渤海盐碱土地的宜耕性,并以黄骅市为案例区进行了方法检验。

## 1 研究区域概况

黄骅市是位于东北亚环渤海经济隆起带中心位置的县级市,位于 38°09′~38°39′N,117°05′~117°49′E 之间。2015 年市域总面积为 2 391.36 km<sup>2</sup>。该市东边与渤海相邻,其海岸线总长达到 65.8 km。全市共 327 个行政村。全市陆地总面积为 2 260.6 km<sup>2</sup>。

黄骅市在黑龙港流域,该区的主要地貌类型为海岸地貌。气候类型为海洋性气候。黄骅市土壤类型主要为沼泽土、潮土、盐土。黄骅市盐碱土地的总面积截至 2015 年达到 33 176 hm<sup>2</sup>。

根据黄骅市经济统计年鉴,自 20 世纪 80 年代以来黄骅市人口不断增加,2015 年全市总人口为 45.4 万。截至 2015 年,全市地区生产总值达到 237 亿元;近几年来,黄骅市经济发展很快,财政收入达到了 20.3 亿元。

收稿日期:2017–11–15

基金项目:河北省社会科学基金(编号:HB17GL054)。

作者简介:陈影(1981—),男,河北沧州人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事土地利用规划与信息管理研究。E-mail:30306850@qq.com。

## 2 数据来源

### 2.1 遥感影像数据来源

通过解译黄骅市 TM 遥感数据,得到了盐碱地及其他土地利用类型数据,在同一投影系统下,建立黄骅市遥感影像分类体系,利用 ArcGIS 软件中的空间分析工具,通过栅格重分类方法,将土地类型合并为耕地、建设用地、园地、水域、盐碱地等 6 类,形成独立的栅格文件,之后将这些独立栅格图通过 ArcToolbox 功能模块转换成 ASC II 格式。在这些数据基础上对遥感影像进行提取地类及数据检验工作。

### 2.2 外业调查数据来源

该研究以国土部环渤海野外科学观测研究基地为依托,整理收集并总结了土地利用现状数据、土壤类型分布图等数据。布设样点 300 多个,2014 年 7 月进行了样点数据的初步采集工作,并在 2016 年 4 月进行了补测。

收集研究区域调查样点数据后,在实验室对全部土样数据进行化验测定,测定土壤的 pH 值、有机质含量、含盐率等信息。对于其他信息,例如土体构型数据、地下水埋深数据、土地覆被等,均通过外业走访调查或处理遥感数据实现。本研究所用气象数据是在中国气象数据资源网获取的。根据河北省农业地质大调查数据,收集并化验了黄骅市域土壤的 Cd、Pb、As、Cu 等数值(mg/kg)作为盐碱地宜耕性评价的基础数据。

## 3 研究方法

### 3.1 土地生产功能指标选取及权重确定方法

**3.1.1 指标筛选及权重确定模型** 在进行盐碱地功能评价因素的选取时,指标的确定根据评价的尺度、研究区的实际情况、范围的不同来确定。选择土地生产功能评价的参评因素时,首先构架了土地的“结构—属性—功能—影响指标”框架,通过对黄骅市盐碱地进行深入分析可以看出,其主要受自然因素制约(图 1),所以黄骅市盐碱地结构由土壤、水等自然因素组成,通过分析,在黄骅市盐碱地结构中对其生产功能影响最大的因素为土壤中的含盐量,当土壤中的可溶性盐含量过高时,会导致土壤溶液的渗透压增高,从而极大阻碍农作物有效吸收水分,进而影响作物正常生长。同时,受一些可溶性碱性盐的影响,土壤 pH 值也会升高。对于环渤海盐碱地而言,要采取有效措施优化土地的组成结构,才能从根本上增加农作物的产量。针对研究区域特点,确定评价指标的相对重要程度可以使用层次分析法等方法。

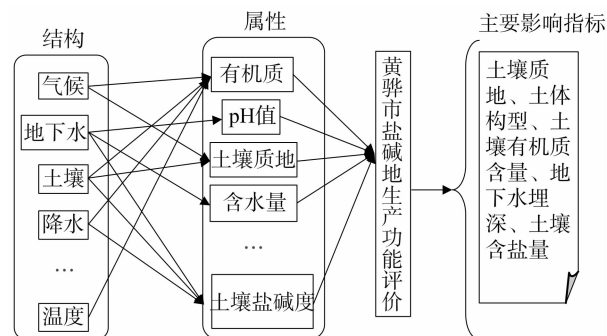


图1 黄骅市盐碱地“结构-属性-生产功能-影响指标”框架

层次分析法分析模型对评价指标之间相对重要程度的判断更科学,可信度也更大。在对评价指标重要程度进行排序后,还可以根据指标对结果的贡献程度进行取舍,因此该方法既可以确定评价指标权重,又可以用于确定指标的取舍,将定量分析与定性分析充分结合。本研究在指标选择及指标权重确定时使用了层次分析法。采用该方法时,是以土地生产功能的等级划分为主要目标,在该目标下选择若干参评因素,建立评价因素的层次结构,对所选取的指标通过比较两两的重要程度,先进行初步判断,再计算矩阵的特征向量,进而确定各评价指标对土地生产功能的贡献大小,贡献小的评价指标舍去,最终确定环渤海盐碱地生产功能的评价指标体系。

### 3.1.2 评价因素等级及评价单元的确定

**3.1.2.1 评价指标的分等及赋值** 评价指标分等、赋值采用级位指数法,先分别划分各生产功能评价指标的等级,再给每个指标等级进行量化、赋值即可,在赋值时一般采用等差数列的方法,该方法能有效反应各评价等级之间的差异。

**3.1.2.2 评价单元的确定** 基于地块法划分评价单元。该方法的优点在于,能够有效避免由于单元的划分而打破地块边界,对于得出的评价结果,在指导每个环渤海盐碱地的地块将来的开发方向时更具科学性,且更便于操作。本研究中宜耕性评价中评价单元选取时依据的是土地利用更新调查时确定的斑块作为土地生产功能的评价单元。

**3.1.2.3 评价结果等级划分方法** 在对盐碱地功能评价结果进行等级划分时,采用自然断点法。系统通过对分类间隔的识别,可以对评价结果进行最科学的分组,这种分级方法可以使各个类别之间的差异最大化。在进行等级划分时系统会在数值差异相对较大的地方设置边界,从而实现分级。

**3.1.3 系统评价模型的构建** 盐碱地生产功能评价模型采用加权指数和法。在对评价结果进行分级时,主要参考的是参评指标的实际条件以及评价单元的差异性,对选取的指标值进行赋值,以进一步得到评价单元不同参评指标的分值。加权指数和法的优点是充分考虑了各评价指标对结果的贡献,是目前我国土地评价中比较常用的方法。

加权指数和法计算公式为

$$R_i = \sum_{j=1}^n F_{ij} \cdot W_j \quad (1)$$

式中: $R_i$ 表示第*i*个单元的评价分值; $W_j$ 表示第*j*个因素的权重; $F_{ij}$ 表示第*i*个评价单元、第*j*个因素的分值; $n$ 为评价因素的总数。

**3.1.4 生产功能与宜耕性的关系确定** 土地各种功能是土地的固有属性,而土地使用方式只是其外在体现,是人们出于自身需求,基于土地的固有属性而对土地的保护、改造、使用的过程。在土地开发的长期历程中,人类通过总结土壤肥力特征、探索自然规律逐步形成了稳定的土地利用结构。根据这个逻辑关系,本研究提出通过盐碱地生产功能的评价结果确定盐碱地的宜耕性(图 2)。

## 4 黄骅市盐碱地生产功能评价

### 4.1 指标筛选及权重的确定

在黄骅市盐碱地生产功能评价指标体系中,每个评价因素都会影响生产功能的高低,但各个评价因素影响程度不同,

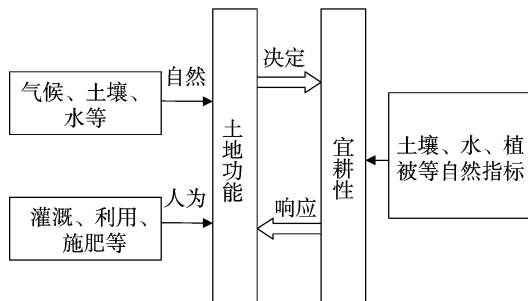


图2 土地功能与宜耕性评价相互关系

根据在生产功能评价过程中对综合评价结果的影响大小划分主次,采用层次分析法确定了评价指标及其权重。

黄骅市盐碱地较多,且大部分受人为因素干预少,处于待开发的状态。基于土地功能的“结构—属性—功能—影响指标”框架,结合黄骅市影响耕地质量的因素,筛选生产功能评价指标。利用层次分析法,结合对评价结果的贡献程度对各指标进行科学排序,去除非重要因素后,筛选得出如下环渤海盐碱区生产功能评价指标:土壤有机质的含量、土壤中的盐分含量、土壤的质地、土的构型、盐碱地地下水埋深。

用层次分析法对评价因素进行排序及确定权重时,首先应用层次分析法对选取的 5 个评价因素构建层析分析模型,在层次分析模型中,评价因子属于因素层。在确定权重时,利用其重要性进行两两对比分析,并赋以相应的数值。由此得出各指标的分级定量值,并建立指标判断矩阵。

通过向专家咨询和参考前人研究成果,对 Yaahp 软件建立的矩阵经过反复调整,使其 CR 值小于 0.1,并用式(2)计算了一致性指标。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

式中: $n$  表示反判断矩阵  $A$  的阶数, $\lambda_{\max}$  表示最大特征值,最后计算得出: $CR = CI/RI = 0.025\ 6 < 0.1$ 。

利用 Yaahp 软件,计算得出各个评价因素的权重见表 1。

表 1 各参评因子权重值

参评因子	权重
土壤质地	0.124 5
土壤有机质含量	0.106 4
地下水埋深	0.156 7
土壤的盐分含量	0.450 3
土地构型	0.162 1

4.2 评价因素的量化

确定土地生产功能各个参评因素的权重之后,进一步对各参评因子进行量化分级。对评价指标的分级量化,可以定量一些定性的因素指标,可以使评价结果的精度更高。在确定评价因素分级值行时,可以采用评价数据的平均值法、专家咨询法、行业标准法等方法。本次研究中,根据黄骅市盐碱地的实际情况,参考大量文献及前人做法,基于级位指数法将评价指标体系中各个因素划分为 4 个等级,并对评价因素进行分级及定量化,再对每个级别以 0~100 分进行打分,分值越高代表级别越高,并制定了黄骅市盐碱地生产功能评价因素量化分级表。结合 GIS 工具的空间分析功能,在前期制定

分级表的基础上对调查数据进行空间分析,获取每个评价指标的分级结果。评价因素的分级及赋值如下:

4.2.1 土壤质地 根据黄骅市盐碱地的实地调查及分析化验的土壤数据,参照土壤质地的分级表(表 2),将各个评价单元的土壤质地级别用 GIS 工具进行空间插值,得到黄骅市盐碱地的土壤质地分布图。通过 GIS 的空间分析功能可以看出黄骅市盐碱地的土壤质地中中壤和轻壤为主要质地类型,只有南排河镇有部分重壤土分布(图 3)。

表 2 黄骅市土壤评价指标分级量化

评价指标	特性描述	级别	分值
土壤质地	壤土	4	100
	黏土	3	70
	沙土	2	40
土壤有机质含量(g/kg)	$\geq 15$	4	100
	$10 \sim < 15$	3	80
	$5 \sim < 10$	2	60
	$< 5$	1	40
地下水埋深(m)	$\geq 2.6$	4	100
	$2.2 \sim < 2.6$	3	90
	$1.6 \sim < 2.2$	2	60
	$< 1.6$	1	10
土壤盐分含量(g/kg)	$< 2$	4	100
	$2 \sim < 4$	3	70
	$4 \sim < 6$	2	40
	$\geq 6$	1	10
土体构型	通体壤,壤/黏/壤	7	100
	壤/黏/黏,壤/沙/壤,沙/黏/黏	6	90
	黏/沙/黏,通体黏	5	80
	沙/黏/沙	4	70
	壤/沙/沙,浅位姜	3	60
	黏/沙/沙	2	50
	通体沙,通体砾	1	40

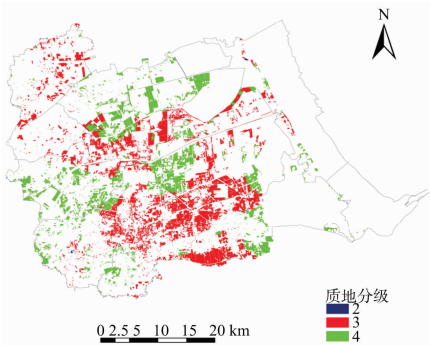


图3 黄骅市未利用地土壤质地分布

4.2.2 土壤有机质含量 对黄骅市盐碱地进行实地土壤采样,室内测定所得数据,根据土壤有机质含量的分级表(表 2),将各个评价单元的土壤质地级别用 GIS 空间插值得到相应图层,得出环渤海盐碱区土壤的有机质含量等级分区图。从图中可以看出,在黄骅市的盐碱地中,有机质含量范围在 3.2~27.5 g/kg 之间,其中有机质含量为  $\geq 15$  g/kg 的面积最少,而吕桥镇有机质含量  $\geq 15$  g/kg 的盐碱地面积最大;南排河镇和新村回族乡均没有有机质含量在  $10 \sim < 15$  g/kg 的盐碱地(图 4)。

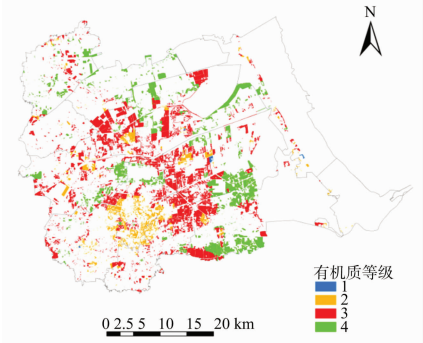


图4 黄骅市盐碱土土壤的有机质含量分布

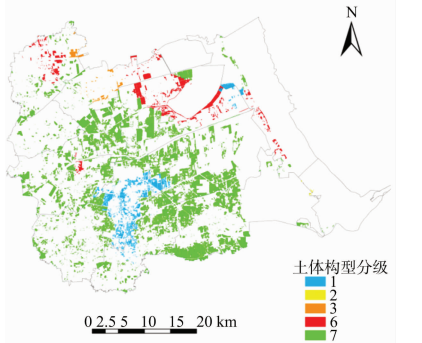


图7 黄骅市未利用地土地体构型空间分布

4.2.3 黄骅市盐碱地地下水埋深分级 将各个评价单元的地下水埋深级别用 GIS 空间插值得到相应图层,得出区域盐碱地地下水埋深等级分布图(表 2、图 5)。

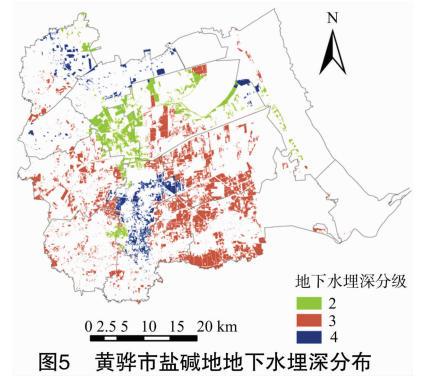


图5 黄骅市盐碱地地下水埋深分布

4.2.4 黄骅市土壤盐分分级 将各个评价单元的土壤盐分含量级别用 GIS 空间插值得到相应图层,得出区域盐碱地土壤盐分含量等级分布图(表 2、图 6)。

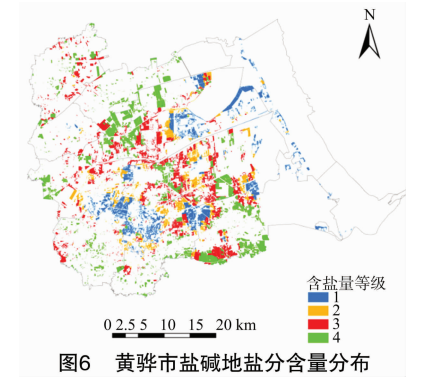


图6 黄骅市盐碱地盐分含量分布

4.2.5 黄骅市土地构型分级 将黄骅市各个评价单元的土地构型级别用 GIS 空间插值得到相应图层,得出区域盐碱地土地构型分级量化表及等级分布图(表 2、图 7)。

4.3 黄骅市盐碱地土地生产功能评价

利用加权指数和法,对黄骅市盐碱地每个评价单元的生产功能进行评价,基于自然断点法将评价结果划分 4 个等级,来表达生产功能的高低。依据综合指数值确定了划分界限,运算得到的各个土地功能评价单元的指数值,最终得到相应生产功能等级,并用数字 1、2、3、4 来表示,数字越大生产功能越高。最终的评价结果如图 8 所示。

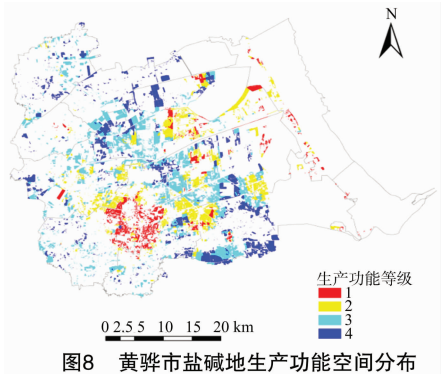


图8 黄骅市盐碱地生产功能空间分布

5 结果分析

5.1 基于生产功能评价的宜耕性确定

土地功能与适宜性存在必然的逻辑关系,土地利用方式是土地功能的外在体现,盐碱地生产功能决定着其宜耕性。环渤海盐碱地生产功能的大小决定了盐碱地的宜耕性,而土地宜耕性表征土地生产功能大小。盐碱地生产功能和宜耕性具有等级对应关系(表 3)。

表 3 土地生产功能与宜耕性对应关系

生物性生产功能分级	等级说明	对应适宜性等级
4 级生产功能	很适合开发为耕地	高度适宜区(4 级)
3 级生产功能	选择性开发为耕地	较适宜区(3 级)
2 级生产功能	个别区域可开发为耕地	勉强适宜区(2 级)
1 级生产功能	一般不开发为耕地	不适宜区(1 级)

5.2 黄骅市盐碱地宜耕性结果分析

根据盐碱地生产功能评价结果,将黄骅市盐碱地宜耕性划分为 4 个等级,评价结果如下(表 4、图 9)。

5.2.1 高度适宜区 根据评价结果,在黄骅市盐碱地中高度适宜作为耕地的面积为 9 455.74 hm<sup>2</sup>。主要分布在中捷管理区、羊二庄回族镇以及南大港管理区。这些地区地势平坦开阔,交通便利,土壤基质状况较好,农业基础设施相对来说比较完善,比较适合农业生产。

5.2.2 较适宜区 经过统计汇总分析可以看出,黄骅市较适宜作为耕地的盐碱地面积为 12 862.42 hm<sup>2</sup>。总体看分布范围较广,但主要集中在中捷管理区的南部,羊三木回族乡,黄骅镇的东北部,羊二庄回族镇的西北部,另外齐家务乡和滕庄子乡也有分布。

5.2.3 勉强适宜区 据表 8 可以看出,黄骅市勉强适宜作为耕地的盐碱地面积为 9 081.31 hm<sup>2</sup>。主要分布在中捷农场、



表 4 黄骅市各乡镇未利用地宜耕性分布

乡镇	各等级面积(hm <sup>2</sup> )			
	不适宜区	勉强适宜区	较适宜区	高度适宜区
常郭镇	177.26	181.55	764.23	322.15
官庄乡	40.56	61.69	260.36	88.20
国营中捷友谊农场	428.08	1 790.82	2 640.79	1 305.37
黄骅镇	2 005.01	1 003.49	946.46	407.42
旧城镇	257.92	957.63	876.97	707.94
吕桥镇	0.00	6.06	577.94	644.08
南大港管理区	596.25	2 050.68	1 640.52	1 153.10
南排河镇	495.13	329.47	13.80	0.00
齐家务乡	0.00	63.57	747.14	720.27
滕庄子乡	115.24	1 047.27	1 658.63	929.57
新村回族乡	58.01	68.70	0.00	0.00
羊二庄回族镇	237.65	1 336.16	1 734.34	2 469.03
羊三木回族乡	0.00	184.22	1 001.24	708.61
总计	4 411.11	9 081.31	12 862.42	9 455.74

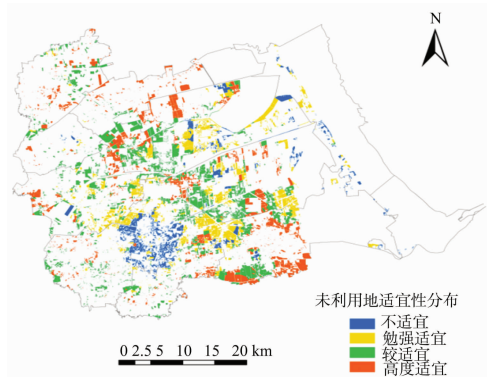


图9 黄骅市未利用地宜耕性分布

南大港管理区的交界地带,旧城镇的东北部以及羊二庄回族镇的西北及西南部,另外,官庄乡、黄骅镇的西部、常郭以及滕庄子乡等乡镇也有分布。

5.2.4 不适宜区 通过对黄骅市盐碱地宜耕性分析,该地区不适宜开发为耕地的盐碱地面积为 4 411.11 hm<sup>2</sup>。主要分布在黄骅镇的南部、南排河镇、羊二庄回族镇的西南及西北部,常郭镇、南大港管理区也有分布。这些地区的土壤盐分含量大,其他耕作条件也不太好,不利于农业生产项目的开展。

## 6 结论与讨论

在进行环渤海盐碱地生产功能评价过程中,根据研究区气候、土壤、人类活动等条件,因地制宜的选取评价因素。结合前人研究成果及黄骅市土地结构筛选了土地功能评价因素,并利用评价模型对黄骅市盐碱地生产功能进行了评价,进而对黄骅市盐碱地宜耕性进行分级,并确定了其空间区位。统计结果显示,黄骅市盐碱地中较适宜作为耕地的面积最大,达到 12 862.42 hm<sup>2</sup>,高度适宜作为耕地的盐碱地也达到了 9 455.74 hm<sup>2</sup>,说明黄骅市盐碱地开发为耕地的潜力很大。

土地具有多重功能,这些功能又是由土地结构决定的。土地结构如果发生变化,必然导致土地功能的转变,人们在长期的土地利用过程中通过土地利用方式的变化来响应土地功能的变化,反之土地功能的高低也一一对应着土地利用适宜性的高低。环渤海盐碱地几乎不受人为因素干扰,其主要受

稳定、长期的自然因素影响,在这种作用下,盐碱地是具有生产功能的,所以基于土地功能评价的环渤海盐碱地宜耕性评价,是确定其最佳开发利用方向的科学手段。土地功能的确定及影响因素的筛选的核心目的是为了生产实践,例如预测土地利用行为、科学评价土地功能的大小,确定未利用地最佳开发利用方式等。土地适宜性评价是分析土地开发方式的前提,同时也是土地功能的外在表现,因此,依据盐碱地生产功能评价结果进行宜耕性评估具有科学性、可操作性。根据这个特点,本研究创新性地提出通过土地生产功能评价确定盐碱地宜耕性。研究方法和结果可以指导环渤海盐碱地的适宜性评价、开发利用等土地管理工作,对形成科学合理的土地利用格局及当地的社会、经济、环境的科学发展极具借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 许 隼,孙丹峰. 对可持续利用下耕地生产力评价的再认识[J]. 中国土地科学,1999,13(5):38-40,44.
- [2] 何 玲,贾启建,李 超,等. 基于生态系统服务价值和生态安全格局的土地利用格局模拟[J]. 农业工程学报,2016,32(3):275-284.
- [3] Murage E W, Karanja N K, Smithson P C, et al. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders fields of Kenya's Central Highlands[J]. Agriculture Ecosystems and Environment,2000,79(1):1-8.
- [4] Kirkby M J, Bissonais Y L, Coulthard T J, et al. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2000,81(2):125-135.
- [5] 竺可桢. 论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系[J]. 地理学报,1964,30(1):1-13.
- [6] 黄秉维. 自然条件与作物生产:光合潜力[M]//农业现代化概念. 北京:中国农林科学院,1985:5-20.
- [7] 龙斯玉. 我国的胜利辐射分布及其生产潜力[M]//农业现代化概念. 北京:中国农林科学院,1985:89-102.
- [8] 周兆德. 海南岛水稻气候生产潜力和人口承载量的估算[J]. 自然资源学报,1989,4(1):46-53.
- [9] 封志明. 农业生态区域法在土地承载力研究中的应用[M]//中国土地资源的人口承载能力研究. 北京:中国科学技术出版社,1992:120-156.
- [10] 张永柱. 甘肃省河西地区粮食生产潜力和人口承载量的研究[J]. 自然资源,1991,13(4):32-39.
- [11] 张凤荣,张 迪,安萍莉. 我国耕地后备资源供给量——从经济适宜性角度分析[J]. 中国土地,2002(10):14-17.
- [12] 陈 影,许 隼,陈亚恒,等. 基于遥感影像的县域土地功能分类及功能转换分析[J]. 农业工程学报,2016,30(13):263-272.
- [13] 刘晓娜,封志明,姜鲁光,等. 西双版纳土地利用/土地覆被变化时空格局分析[J]. 资源科学,2014,26(2):233-244.
- [14] 何建华,王宵君,杜 超,等. 武汉城市圈土地利用变化系统仿真模拟与驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(8):1270-1278.
- [15] 魏 海,秦 博,彭 建,等. 基于 GRNN 模型与邻域计算的低丘缓坡综合开发适宜性评价——以乌蒙山集中连片特殊困难片区为例[J]. 地理研究,2014,33(5):831-841.