

DOI:10.11937/bfyy.201703047

自然资源约束条件下压砂地生产力评价

王 宾¹, 田 军 仓^{2,3,4}

(1. 银川能源学院 土木建筑学院, 宁夏 银川 750105; 2. 宁夏大学 土木与水利工程学院, 宁夏 银川 750021; 3. 宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心, 宁夏 银川 750021; 4. 旱区现代农业水资源高效利用工程研究中心, 宁夏 银川 750021)

摘 要:压砂地生产力评价的影响因素较多,此次评价在自然资源条件一定的情况下,以宁夏中部干旱地区为研究区域,研究不同地域社会经济条件差异化条件下的压砂地生产力评价指标体系。压砂地生产力评价的指标主要考虑压砂地年限、水利化水平、化学化水平、农业机械化水平和耕地现有人口承载量 5 个指标,采用 TI 指数模型进行压砂地生产力评价,并划分相应的评价等级。通过分析得出,压砂地西瓜的产量 Y 和评价指数 TI 之间存在线性相关关系 $Y = 1\,261.5TI + 566.18$,即 TI 指数模型建立的指标体系可以较好的对压砂地生产力进行评价。

关键词:压砂地生产力;社会经济条件;模型;评价

中图分类号:F 323.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)03-0202-06

压砂地主要是在原有土地上覆盖 10~15 cm 厚的砂粒后形成的一种新的种植方式,主要分布在我国西部地区。压砂地种植作物,可以起到保墒和保温的作用,研究表明覆砂后的田地可以很好的提高水分的利用效率和增加地表的温度^[1]。

生产力评价在国内研究较为广泛,大多数是研

究在自然资源条件下的生产力评价,应用较为广泛的有 PI 模型、修正后的 PI 模型等^[2]。但有关压砂地的生产力评价,国内尚鲜见报道。该研究的区域位于宁夏中部干旱地区,地质条件和自然资源情况差别不大,所以该研究的评价是基于在一定的自然资源约束条件下,从社会经济条件出发对压砂地生产力进行评价,评价主要考虑对压砂地生产力评价影响较大的 5 个社会经济条件指标,分别是压砂地年限、水利化水平、化学化水平、农业机械化水平和耕地现有人口承载量。现着重研究基于自然资源约束条件下的压砂地生产力评价指标体系和评价方法,最后根据所确立的压砂地生产力评价模型对宁夏压砂地生产力进行评价,得出各个行政区域的评价等级分布,从而为解决百万亩压砂地补灌水资源、压砂地可持续利用提供理论支持。同时对压砂地分类更

第一作者简介:王宾(1984-),男,硕士,讲师,现主要从事旱区节水灌溉理论及技术等研究工作。E-mail:ecabc@163.com.

责任作者:田军仓(1958-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事节水灌溉理论及技术等研究工作。E-mail:slxtjc@163.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2007BAQ0005501);银川能源学院科研资助项目(2014KYZ05)。

收稿日期:2016-09-26

Abstract:Based on China National Knowledge Infrastructure (CNKI) database, using bibliometric method, this study made statistical analysis on the published paper number, quotation number, download and cited quantity, and the core author groups of the Journal of *Northern Horticulture* in period of 2006—2015. The results showed that many indexes of *Northern Horticulture* such as the ratio of funded papers, total quotation number, average quotation number, foreign quotation number, total downloads number, average downloads number and total citation quantity were showed rapid upward trends in the past ten years, the core author group had begun to take shape, the quality of paper was gradually improving and the academic influence power was growing. Via the comparison of 14 kinds of horticulture journals, some suggestions were put forward for the further development of the publication.

Keywords: *Northern Horticulture*; literature metrology; core author; journal evaluation index

新改造和持续利用具有理论意义和实用价值。

1 评价区简介

1.1 研究区概况

宁夏中部干旱地区是压砂地的主要种植区域,截止到2010年年底,压砂地面积已达7.2万 hm^2 。宁夏中部干旱地区主要是指中卫辖区在内的沙坡头区、中宁县和海原县。中卫市位于宁夏中西部宁夏、内蒙古、甘肃交界地带,东与宁夏吴忠市接壤,南与宁夏固原市及甘肃省靖远县相连,西与甘肃省景泰县交界,北与内蒙古自治区阿拉善左旗毗邻,地跨东经 $104^{\circ}17' \sim 106^{\circ}10'$,北纬 $36^{\circ}09' \sim 37^{\circ}50'$,东西长约130 km,南北宽约180 km。截至2010年,中卫市总面积17 441.6 km^2 ,其中沙坡头区6 876.1 km^2 、中宁4 191.6 km^2 、海原6 373.9 km^2 [3]。

1.2 社会经济条件

中卫市是2003年12月31日经国务院批准,2004年4月28日挂牌成立的地级市。辖2县(中宁县、海原县)1区(沙坡头区)。全市共辖镇20个,乡20个,行政村443个,居民委员会33个。其中,沙坡头区辖10镇、2乡、159个行政村和18个居民委员会;中宁县辖5镇、6乡、118个行政村和7个居民委员会;海原县辖5镇、12乡、166个行政村和8个居民委员会。总面积17 441.6 km^2 ,总人口117万,全市人口密度为67人 $\cdot\text{km}^{-2}$,有汉族、回族、满族、蒙古族、东乡族等21个民族,其中回族人口占34%,其它少数民族人口占0.2%,农业人口占76%。目前,全市共有农业人口88.83万人,耕地面积225 707 hm^2 ,农作物播种面积304 000 hm^2 ,农业生产以种植业和养殖业为主 [3]。

2 基于TI模型的压砂地生产力评价指标体系

2.1 评价模型的建立

压砂地生产力的自然条件决定着土地的最低产出值,但是复杂的社会经济条件也同样影响着压砂地生产力的最终产值。特别是经济和农业科技的发展已成为提高土地生产力的主要动力。通过实地走访调研、发放调查问卷等形式,发现压砂地的覆砂年限、有效补灌措施、机械化设备的投入、农业化肥的使用以及人口密度在压砂地的生产力方面起着重要作用,因此根据评价指标选取原则,结合该评价区具体的社会经济状况,确定压砂地生产力评价的5个指标如下:压砂地年限(N)分别用压砂0~5年、5~10年、10~15年和15年以上4个层次在各乡镇所占

的比例确定 [4],水利化水平用有效补灌面积所占的比例确定,机械化水平用667 m^2 压砂地面积农业机械总动力(kW)来确定,化学化水平用667 m^2 压砂地面积的施肥量(kg)来确定,耕地现有人口承载量用人口密度(人 $\cdot\text{km}^{-2}$)来确定。

社会经济条件差异化条件下压砂地生产力评价的5个指标有的有量纲,有的无量纲,有量纲的单位又不一样,为了消除量纲数据对数值的变化影响,需要对生产力评价的各个指标进行标准化处理,采用“极差标准化”的方法,可求出的数值,且其变化范围都为0~1,有利于对数据进行数值比较。

“极差标准化”的计算公式如下:

$$A_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

式中: x_i 是指标数据系列中的任一变量, x_{\max} 、 x_{\min} 分别是数据中的最大值、最小值。

对标准化处理之后的数据进行加权求和,可采用压砂地生产力评价指数TI模型:

$$TI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot A_i$$

式中: n 为评价要素个数, W_i 为各要素权重, A_i 为各要素的贡献参数。

2.2 各评价指标所占权重的确定

压砂地生产力评价的5个指标:压砂地年限(N)、水利化水平(I)、化学化水平(C)、农业机械化水平(M)和耕地现有人口承载量(P)。所选的5个评价指标有的有量纲,有的没有量纲,很难用数值来衡量哪个更重要,所以应用层次分析法确定各个因素的重要性。具体的计算过程如下。

2.2.1 建立层次结构模型 将决策的目标、考虑的因素(决策准则)和决策对象按它们之间的相互关系分为最高层、中间层和最低层,该研究需要的是压砂地生产力评价指标的权重问题,所以只需建立单层次结构(图1)。

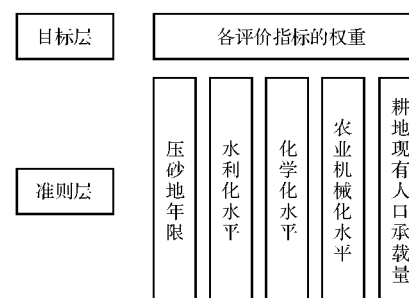


图1 评价指标层次分析结构

Fig. 1 Hierarchical analysis structure evaluating indicator

2.2.2 构造判断(成对比较)矩阵 判断矩阵是表示本层所有因素针对上一层某一个因素的相对重要性的比较。判断矩阵 a_{ij} 的元素用 1~9 标度方法给出(表 1)。判断矩阵的确定主要以影响生产力高低最原则,采用专家判断各指标之间的影响权重。根据判断矩阵所给出的标度说明,建立 5 个因素之间的判断矩阵,其中, $A=(a_{ij})_{n \times n}$, $a_{ij} > 0$, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ 。

表 1 判断矩阵 a_{ij} 的 1~9 标度说明

Table 1 Illustration of judgment matrix 1-9 scale

标度	含义
1	表示 2 个因素相比,具有同样重要性
3	表示 2 个因素相比,1 个因素比另 1 个因素稍微重要
5	表示 2 个因素相比,1 个因素比另 1 个因素明显重要
7	表示 2 个因素相比,1 个因素比另 1 个因素强烈重要
9	表示 2 个因素相比,1 个因素比另 1 个因素极端重要
2,4,6,8	上述 2 个相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较的判断 a_{ij} , 则因素 j 与 i 比较的判断 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

根据表 2 所示的 5 个因素之间的相互标度,可以得到如下的判断矩阵。

表 2 5 个因素之间的相判断矩阵

Table 2 Judgment matrix between the five factors

	N	I	P	M	C
N	1	1/2	4	3	3
I		1	7	5	5
P			1	1/2	1/3
M				1	1
C					1

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 4 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 7 & 5 & 5 \\ 1/4 & 1/7 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/3 & 1/5 & 2 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/5 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2.3 程序计算 利用相应的层次分析法(AHP)程序计算得出:最大特征根,权向量(特征向量) $W = (0.263, 0.475, 0.055, 0.090, 0.110)^T$;一致性指标 $CI = \frac{5.073 - 5}{5 - 1} = 0.018$;随机一致性指标 $RI_5 = 1.12$;一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.018}{1.120} = 0.016 < 0.1$ 。

所以,一致性比率为 $0.016 < 0.1$;表示 A 的不一致程度在容许范围之内,有满意的一致性,通过一致性检验。即表示计算出的权重值能够科学地反映压砂地社会经济条件各指标的客观事实。各指标权重值如下:压砂地年限(N):0.263;水利化水平(I):0.475;化学化水平(C):0.110;农业机械化水平(M):0.090;耕地现有人口承载量(P):0.055。

计算出各指标的权重数,可以利用 TI 模型,计

算出压砂地生产力指标 TI 的具体数值,以此来判断生产力水平的高低。

2.3 各评价指标体系的确定

2.3.1 压砂地年限 根据中卫市地籍图的信息以及历年的统计数据显示,2004 年的压砂地西瓜种植面积 1.1 万 hm^2 ,2005 年增加至 2 万 hm^2 ,2006 年增加至 3.3 万 hm^2 ,2008 年种植面积已增加至 6.7 万 hm^2 。2005—2008 年,由于中卫市政府尊重山区群众的首创精神和种植习惯,大力推进晒砂瓜种植,把晒砂瓜作为战略性产业顺势强推,压砂地的种植面积得以迅速发展。但随着政府对砂田可持续发展战略的考虑,2008 年至今,压砂地的种植面积发展缓慢。截至 2010 年,种植面积已达 7.2 万 hm^2 。

2.3.2 水利化水平 2005 年以前,中卫市压砂地的种植补灌方式基本是“靠天吃饭”,自然降水决定着砂田的生产效益。但是 2005 年以来,随着国家级科研项目在中卫市压砂地的开展,节水补灌技术得到大力推广,喷灌、滴管等节水灌溉技术开始在田间使用。由表 3 可知,到 2010 年年底,中卫市压砂地补灌面积已有 3.8 万 hm^2 ,具体各市区的补灌面积分别是沙坡头区 2.4 万 hm^2 、中宁县 1.3 万 hm^2 、海原县 0.1 万 hm^2 ,占总压砂地面积的 52.78%。压砂地的补灌面积中,沙坡头区所占比例较大,约为 58.06%,中宁县次之,约为 54.28%,海原县最低,约为 18.19%。这是因为沙坡头区地势平坦,靠近黄河,补水条件较为有利。中卫市的两大压砂瓜种植区兴仁镇和香山镇也都在沙坡头区。另外由于国家科技支撑计划项目《西北干旱地区压砂地可持续利用关键技术研究示范》多个课题的研究试验基地就设在香山乡红圈子村,对当地的节水补灌技术起到了很好的带动作用,尤其是宁夏大学研究与示范的滴灌或小管出流灌溉技术、移动式喷灌技术、平翼型车载喷洒补灌技术、车载塑料罐水肥一体机穴灌技术、车载软体胶囊水肥一体机技术、风力扬水自压管道穴灌技术和太阳能与风能互补扬水自压管道穴灌技术等 7 种节水补灌技术为当地的压砂地补灌起到了很好的技术支撑和示范,带动了沙坡头区补灌面积的快速增加。中宁一带的压砂地主要分布在鸣沙镇和白马乡,地势坡度不大,靠近管区,另外当地的玉米、小麦等经济作物的节水补灌技术也为砂田的补灌提供了一定的技术支持,补灌面积约占总压砂地的 54.28%。海原县的地势条件较差,坡地较多,当地的压砂地种植面值主要分布地势条件平坦些的乡镇,如西安乡、高崖乡等,种植面积仅有 0.7 万 hm^2 ,当地的补灌条件

表 3

压砂地补灌面积情况统计

Table 3

Gravel-mulched field in irrigation area statistics

行政区	压砂地面积/万 hm ²	补灌面积/万 hm ²	补灌面积所占比例/%	补灌面积所占比例/万 hm ²
沙坡头区	4.1	2.4	58.06	
中宁县	2.3	1.3	54.28	52.78
海原县	0.7	0.1	18.19	

极其有限,补灌面积约占 18.19%。

2.3.3 化学化水平 化学化水平用 667 m² 压砂地面积的施肥量(kg)来确定。根据调查的 120 个自然行政村压砂地施肥数量来看,香山镇、兴仁镇等压砂瓜主产区,由于当地节水补灌技术的大力推广,砂田施肥的农户也会增大。但总的来说,由于压砂瓜生长特性的原因,总施肥量差异不大。但在一些补灌条件差一些的乡镇,农户基本没有施肥的习惯或是少量施肥。沙坡头区种植区 667 m² 施肥量为 71.15 kg,中宁县为 70.09 kg,海原县为 68.37 kg(表 4)。

2.3.4 机械化水平 压砂地的农业机械化水平的衡量,主要考虑砂田种植期间机械化的投入程度。例如种植前期的砂田翻耕、种植期的灌水机械的投

入、种植结束期后的砂田残膜回收机械、砂田沙土分离机的投入情况等。机械化水平的投入程度和农户的种植习惯有很大的关系,通过调查的 120 个自然行政村统计数据显示,机械化水平基本上差异不大,补灌条件好的压砂地种植区域,投入的农机设备多,机械化水平就大,补灌田间差的种植区域,农户积极性不高,机械化水平就低些。

2.3.5 耕地现有人口承载力 耕地现有人口承载力用人口密度来确定。由表 4 可知,截至 2010 年年底,沙坡头区人口密度约为 80 人·km⁻²,中宁县人口密度约为 98 人·km⁻²,海原县人口密度约为 57 人·km⁻²。

表 4

评价区社会经济条件平均值

Table 4

Average value of social and economic conditions in the evaluation area

	667 m ² 机械化水平/kg	667 m ² 化学化水平/kg	人口密度/(人·km ⁻²)	2010 年 667 m ² 压砂瓜产量/kg
沙坡头区	0.65	71.15	80	1 332
中宁县	0.63	70.09	98	1 278
海原县	0.62	68.37	57	1 010
平均值	0.63	69.87	68	1 207

3 评价结果与分析

3.1 绘制生产力评价 TI 分布图

宁夏压砂地生产力的评价主要是利用生产力评价指标 TI 模型,在 ArcGIS 中,对社会经济条件 5 个指标的图层数据进行加权求和,得到宁夏压砂地生产力评价的 TI 分布图(图 2)。根据计算得出的数据对 TI 指数进行统计分析(表 5)。

表 5 TI 指数分布等级

Table 5

TI index grade

TI 指数	等级	乡镇行政区
>0.8	极高	香山镇
0.7~0.8	高等	兴仁镇、鸣沙镇、恩和镇
0.6~0.7	较高	常乐镇、宣和镇、关桥乡
0.5~0.6	中等	喊叫水乡、徐套乡、蒿川乡
0.4~0.5	较差	高崖乡、西安镇
<0.4	极差	无

通过分析得出, TI>0.8 的为香山镇,该地压砂地种植面积大,地势条件有利,节水补灌技术也得到很好的推广,机械化水平和化学化水平都很好,这对

压砂地的生产力水平的提高有着重要的作用。TI 在 0.7~0.8 的有兴仁镇、鸣沙镇、恩和镇等,这些地方靠近灌区,水利化水平较好,随着当地政府的支持,农机化的投入增大,这些因素也导致当地的压砂地生产力水平较好。TI 在 0.6~0.7 的有常乐镇、宣和镇、关桥乡,这些乡镇补灌技术主要是以滴管为主,当地农户的种植积极性很好,农机化也有一定的投入,压砂地生产力水平较高。TI 在 0.5~0.6 的有喊叫水乡、徐套乡、蒿川乡,这些地区地势条件不利于补灌技术的开展,补灌技术限制了机械化水平和化学化水平的大小,导致当地的压砂地生产力水平不高。TI 在 0.4~0.5 的有高崖乡、西安镇等,这些乡镇处于山区,补灌措施极少,农业机械化设备的投入不大,当地农户种植压砂地积极性不高,导致压砂地的生产力水平很低。

3.2 对评价区 TI 指数与产量进行相关性分析

压砂地西瓜是目前宁夏地区压砂地的主要种植作物,因此该研究选择西瓜作为主要分析作物,探讨西瓜产量和 TI 模型之间的关系。该研究采取实地

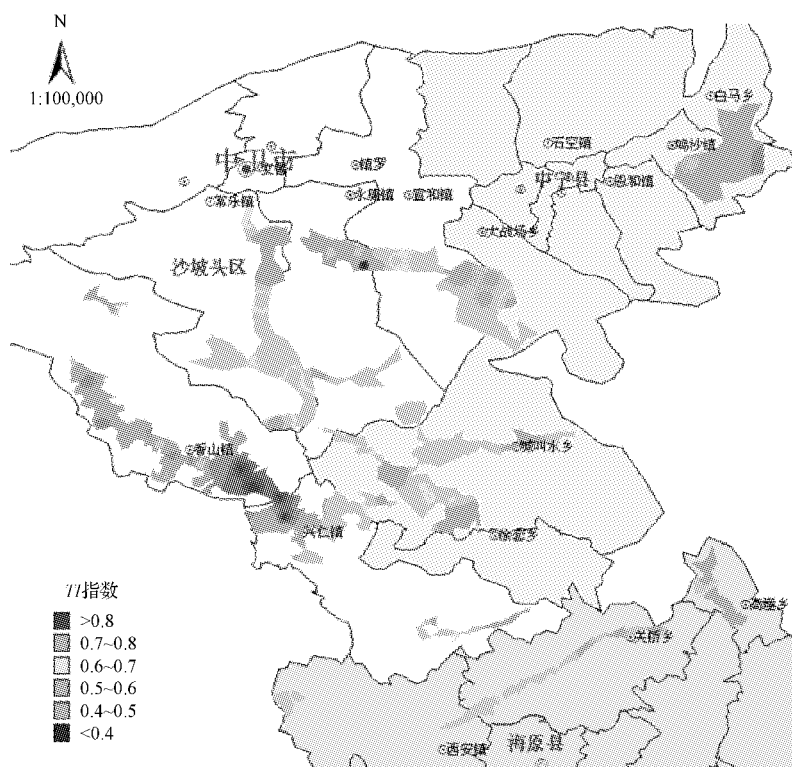


图2 压砂地 TI 指数分布等级

Fig.2 TI index grade distribution

调研中卫各地 120 多个行政村,统计出 2008—2010 年的西瓜产量平均值作为研究数据。对西瓜产量和 TI 指数进行分析,得到西瓜产量和 TI 指数的散点分布图(图 3)。

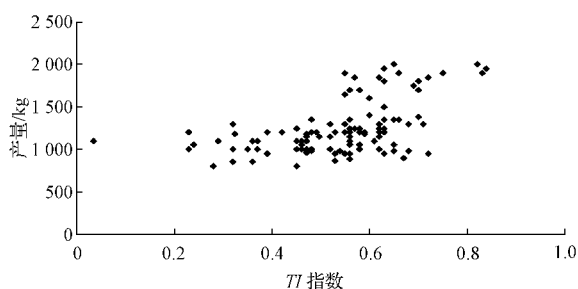


图3 TI 指数与产量的散点分布

Fig.3 Scatter distribution of TI index and yield

根据点的分布规律,对其进行一元线性回归分析,得到西瓜产量 Y 和 TI 指数的回归方程:

$$Y=1\,261.5TI+566.18。$$

对回归效果进行显著性检验,用相关软件对其进行回归统计分析和方差分析。

从表 6、7 可以看出,复相关系数 $R=0.543\,75$,表示 TI 指数和产量之间存在正相关关系。

方差分析表的主要作用是通过 F 检验来判断

回归模型的回归效果。在显著性水平 $\alpha=0.05$ 下, $F_{1-\alpha}(1,107)<44.916\,1=F$,计算出的 Significance $F=9.95E-10<0.05$,所以认为回归效果显著。

表 6 回归统计分析

Table 6 Results of regression statistical analysis

项目	值
复相关系数 R	0.543 750
R^2	0.295 664
调整后 R^2	0.289 081
标准误差	266.868 4
观测值	109

表 7 方差分析

Table 7 Results of variance analysis

	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	显著性检验 F	显著性 Significance F
回归分析	1	3 198 868	3 198 868	44.916 1	9.95E-10
残差	107	7 620 404	71 218.73		
总计	108	10 819 272			

4 结论与讨论

此次压砂地生产力评价主要考虑社会经济条件的影响,在一定自然资源条件下,压砂地生产力评价的指标主要考虑压砂地年限、水利化水平、化学化水平、农业机械化水平和耕地现有人口承载量 5 个指

标。压砂地生产力评价的社会经济指标中压砂年限(N)分别用压砂 0~5 年、5~10 年、10~15 年和 15 年以上 4 个层次在各乡镇所占的比例确定,水利化水平用有效补灌面积所占的比例确定,机械化水平用单位压砂地面积农业机械总动力来确定,化学化水平用单位压砂地面积的施肥量来确定,耕地现有人口承载量用人口密度来确定。最后采用 TI 指数模型进行压砂地生产力评价,并划分相应的评价等级。通过分析得出,压砂地西瓜的产量 Y 和评价指数 TI 之间存在线性相关关系 $Y=1\ 261.5TI+566.18$ 。

目前,评价区域的压砂地种植区域,自然资源条件变化不大,所以此次生产力的评价没有把自然条件评价作为考虑因素。但随着以后压砂地面积的逐渐增大,种植区域的自然资源条件也会有相应的变化,在以后的研究过程中,应考虑自然资源条件对压

砂地生产力的影响。另外此次评价由于资料数据的问题,压砂地的生产力水平主要是与压砂地西瓜的产量作对比,随着压砂地年限的增长,种植作物的变化,只把西瓜作为与生产力水平效果的对比还是有所欠缺,在今后的研究工作中应考虑压砂地其它作物的产量,综合衡量压砂地的生产力水平。

参考文献

- [1] 马国飞,张晓煜,张磊,等.宁夏压砂地土壤水分动态及消耗规律分析[J].宁夏农林科技,2011,52(1):4-7.
- [2] 王宾,田军仓.基于 GIS 的宁夏压砂地生产力评价研究[J].节水灌溉,2012(8):69-73.
- [3] 宁夏统计局.宁夏统计年鉴(2011)[M].银川:中国统计出版社,2011.
- [4] 许强,康建宏.压砂地可持续利用的理论与实践[M].银川:宁夏人民出版社,2011.

Gravel-mulched Field Productivity Evaluation Under Constraint of Natural Resources

WANG Bin¹, TIAN Juncang^{2,3,4}

(1. College of Civil Engineering, Yinchuan Energy Institute, Yinchuan, Ningxia 750105; 2. College of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 3. The Center of Hard Technology Research on Water-saving Irrigation and Water Resource Regulation in Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750021; 4. The Center of Engineering Research on Modern Agricultural Water Resources Efficient Utilization in Arid Region, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Many factors can influence gravel-mulched field productivity evaluation, the evaluation must be in the natural resources conditions, the middle arid zone of Ningxia as the study area, study on gravel-mulched field productivity evaluation index system. Index system considers five indexes of sand carrying capacity, water level years, chemical level, the level of agricultural mechanization and the cultivated land population pressure, with the TI index model for gravel-mulched field productivity evaluation index system about the society-economy conditions, the corresponding evaluation grade division. By the analysis of yield, between Y and evaluation index of TI gravel-mulched field watermelon there is a linear correlation between $Y=1\ 261.5TI+566.18$, the index system model can better evaluate gravel-mulched field productivity of social economic conditions.

Keywords: gravel-mulched field productivity; social economic conditions; model; evaluation