

基于 GIS 的生态补偿分配模型及其应用研究

——以安徽省会经济圈六安市为例

孙贤斌, 黄润

(皖西学院 资源环境与旅游管理学院, 安徽 六安 237012)

摘要: 生态补偿已经成为当前全社会所广泛关注的热点问题, 补偿额合理分配是区域协调发展研究的重要内容。利用影响生态补偿分配因素的统计数据, 综合运用层次分析法和 GIS 技术确定了影响分配的指标系统, 明确了影响分配因素的权重, 且通过 GIS 技术构建分配框架模型, 对生态补偿分配结果进行了区域运算和空间表达。结果表明, 在六安市生态补偿分配中生态环境与资源、经济发展因素权重较大, 而社会公平、科技水平与环境治理权重较小。以六安市碳排放和水资源的生态补偿总量 73.38 亿元为目标总量, 以六安市各行政单元为分配主体, 进行了初始分配模型的应用。经计算, 六安市区、寿县、霍邱县、舒城县、金寨县和霍山县的获得生态补偿额分别为 4.969, 7.705, 9.172, 9.539, 28.325 和 13.942 亿元。

关键词: 生态补偿; 分配模型; 六安市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0195-05

中图分类号: F323.2

GIS-based Allocation Model of Ecological Compensation and Its Application

—A Case Study of Lu'an City in Capital Economic Circle of Anhui Province

SUN Xian-bin, HUANG Run

(College of Resources, Environment and Tourism, Wanxi University, Lu'an, Anhui 237012, China)

Abstract: The ecological compensation has been a widely concerned hot issue in recent years, and reasonable allocation of the compensation is an important content as for the regional coordinated development. By using AHP(analytic hierarchy process) and GIS with the statistical information which related to the ecological compensation, the paper established a system of compensation index with each given weight, set up the allocation framework with GIS, calculated and expressed the regional compensation value. The study showed that when allocating the ecological compensation in Lu'an City, the ecological environment, resources and economic development accounted for more weight than social equality, technical level and environmental management. Based on the total sum of ecological compensation of RMB 7.338 billion yuan from the actual situation of water and carbon emission in Lu'an City, the value of ecological compensation for every administration allocated by applying the allocation model was 0.4969 billion yuan in Lu'an City, 0.7705 billion yuan in Shouxian Conuty, 0.9172 billion yuan in Huqiu Conuty, 0.9539 billion yuan in Shucheng Conuty, 2.8325 billion yuan in Jinzai Conuty and 1.3942 billion yuan in Huoshan Conuty.

Keywords: ecological compensation; allocation model; Lu'an City

当前国内对生态补偿的研究主要集中在生态补偿理论内涵、模式、标准、主客体关系和补偿机制等方面, 对区域生态补偿分配模型构建方面的相关研究还比较欠缺^[1]。生态补偿标准和补偿额如何分配是生态补偿机制研究的重点和难点^[2]。国外有关生态补偿研究侧重补偿意愿和补偿时空配置的研究。如 Moran, McVittie, Bienabe, Hearne 等人^[3-4]建立了多

项式逻辑斯谛回归模型或通过 AHP 和 CE 法, 研究生态补偿参与支付意愿程度。Johst^[5]通过生态经济模型程序研究生态补偿时空定量研究, 为补偿政策实施提供了技术支持。

国内学者也对生态补偿标准和模型系数进行探讨。如吕志贤、傅晓华等人^[6-7]应用主成分分析法对湘江流域生态补偿系数和计量模型定量分析, 对统一

收稿日期: 2012-11-05

修回日期: 2012-12-01

资助项目: 教育部人文社会科学规划基金项目“基于 GIS 的生态补偿及分配模型研究: 以安徽省会经济圈为例”(11YJA790134); 安徽省人文地理学重点学科建设项目

作者简介: 孙贤斌(1970—), 男(汉族), 安徽省含山县人, 博士, 副教授, 主要从事资源生态与 GIS 应用研究。E-mail: sunxb98@126.com。

的补偿标准进行了修正。刘强等人^[8]对广东省东江流域城市饮用水水源地生态补偿资金分配研究进行了估算;白景锋等人^[2]对南水北调中线河南水源区的跨流域调水水源地生态补偿进行测算与分配研究。但目前没有对生态补偿资金的分配模型开展研究,生态补偿如何合理分配也是生态补偿的现实和关键问题。安徽省会经济圈生态补偿主要体现在提供的生态服务和资源价值,尤其是极为丰富的森林资源成为区域水源涵养重点地区,将对维护区域生态安全和生态服务起到关键作用^[9-10],为了量化确定经济圈生态补偿的标准,所以本研究重点考虑碳排放和水资源。

安徽省正在实施合肥经济圈发展战略,资源利用、环境保护与可持续发展等方面的矛盾日益凸显,完善生态补偿机制是统筹区域协调持续发展的重要保障,其分配的合理性直接关系到生态补偿主体之间的利益关系,也关系到地区生态环境保护的目标能否有效实现。根据安徽省会经济圈的实际,模型构建综合考虑主要影响因素^[11-13]:(1)环境资源现状。目前经济圈生态补偿主要与林地资源量和水资源密切相关,所以生态补偿政策首先考虑的是区域环境资源状况。(2)经济发展水平。区域重要生态区为了保护区域生态环境,不得不关闭或者限制拒批一批污染较大的企业而影响了地区经济发展,区域人口和 GDP 总量、产业结构和经济发展水平可能存在一定的差异,对生态补偿贡献率也是不同的。因此,生态补偿分配必须考虑经济发展水平因素。(3)社会公平。生态补偿应该考虑向相对欠发达地区倾斜,体现社会公平的原则。(4)科技水平与环境治理。安徽省会经济圈各区域经济发展阶段与科技水平存在一定的关系,科技水平对生态补偿的区域环境质量存在很大影响,因此,生态补偿分配应根据区域科技水平的差异进行一定的调整,生态补偿应该考虑科技水平因素。根据以上因素选择相关的指标体系,利用层次分析法确定权重,构建分配模型和补偿额分配,促进区域的可持续发展。

1 研究区概况

安徽省会经济圈(又称合肥经济圈)地处省内中部区域,具有联系广泛、交通便捷等重要区位优势。本研究涉及省会经济圈范围包括合肥市(肥西县、庐江县、肥东县、长丰县、合肥市区)、六安市(霍山县、寿县、霍邱县、金寨县、舒城县、裕安和金安区)、巢湖市(居巢区)。省会经济圈区域面积 $3.32 \times 10^4 \text{ km}^2$,占安徽省总面积的 23.77%。2009 年总人口为 1 720 多万人,占该省的总人口比例为 25.3%;区域 GDP

为 1.01×10^{12} 元,约占该省比例为 34.81%。省会经济圈矿产、生物等自然资源丰富,六安市境内的大别山区域是我国重要的水源涵养地和保护区,是安徽省最主要的林业基地,生态环境优越,是重要的碳汇区域,合肥市为重要的碳源区,为合肥市提供良好的生态服务^[9]。安徽省会经济圈的六安市以水资源(六大水库)和森林资源丰富,是我国重要的水源涵养生态功能区,已经成为合肥市重要的水源地^[10]。经济圈生态补偿的主体为合肥市、巢湖市,补偿客体为六安市^[9]。

2 研究方法

2.1 分配模型构建

2.1.1 模型指标体系和权重确定 生态补偿分配影响因素指标的遴选参考前人研究^[12-13],结合安徽省会经济圈的实际,构建的影响经济圈生态补偿分配的指标体系及模型框架,是由 1 个目标层(生态补偿效果)、4 个准则层(生态环境与资源、经济发展、社会公平、科技水平与环境治理)、43 项指标组成。即,(1)生态环境与资源。包括耕地面积比重,人均耕地面积,土地复种指数,人均水资源量,人均森林面积,森林覆盖率,森林资源量,自然保护区占区域面积比重,有效灌溉面积,治涝地面积占耕地面积比重,治理水土流失面积占区域面积比重,人均生活用水量,水资源量和生态服务功能价值;(2)经济发展。包括人均 GDP,非农人口比例,人口密度,能源消费量,碳排放总量,人均农民纯收入,人口增长率占 GDP 增长率的比重,GDP 环比增长率,环保治理总投入,GDP,资源配置率(固定资产投资额/GDP)和工业固体废物生产量;(3)社会公平。包括工业增加值,人口总量,贫困区域倾斜指数,区域开发指数和贫困人口比例;(4)科技水平与环境治理。建设用地碳排放强度,科技经费数量,科研人员比重(大专以上人口比例),教育经费数量,科技人员数量,工业废水排放量,工业废水处理量,工业废水处理率,工业固废综合利用率,三废综合利用产品产值和研发经费支出占 GDP 比例。对所选指标进行极差标准变换对数据进行处理^[12]:

$$a_i' = \frac{a_i - a_{i\min}}{a_i - a_{i\max}} \quad (1)$$

$$a_i'' = a_i \times 100 \quad (2)$$

$$b_i'' = 100 - a_i'' \quad (3)$$

式中: i ——各参与分配的区域, $i=1,2,\dots,n$; a_i ——第 i 个分配区域某个指标的原始值; $a_{i\max}, a_{i\min}$ ——该指标的最大值和最小值,极差标准化后, a_i' 可满足

$0 \leq a_i' \leq 1$, 为便于计算将其扩大 100 倍(公式 2)。此外,由主成分分析中的相关系数,将指标与生态生态补偿呈负相关(如工业增加值、人均 GDP),由公式 3 将其转化为正相关指标。

为了确定选择指标对分析主题的相关性和科学性,运用 SPSS 15.0 统计软件进行主成分分析,根据成分相关系数大小,确定影响生态补偿分配因素指标 18 项(表 1)。

表 1 生态补偿分配影响指标

准则层	准则层权重 A_k	指标层	指标层权重	最终权重 $\alpha_k/\%$
生态环境与资源	0.385	森林覆盖率	0.294	11.32
		水资源量	0.236	9.09
		生态服务功能价值	0.289	11.13
		人均耕地面积	0.181	6.97
经济发展	0.257	人均 GDP	0.272	6.99
		非农人口比例	0.142	3.65
		人均农民纯收入	0.297	7.63
		能源消费量	0.133	3.42
		资源配置率	0.156	4.01
社会公平	0.194	工业增加值	0.182	3.53
		贫困区域倾斜指数	0.275	5.34
		人口总量	0.134	2.60
		区域开发指数	0.225	4.37
		贫困人口比例	0.184	3.57
科技水平与环境治理	0.164	建设用地碳排放强度	0.291	4.77
		工业废水处理率	0.421	6.90
		科研人员比重	0.167	2.74
		研发经费占 GDP 比例	1.121	1.98

本研究以六安市获得的生态补偿资金为例探讨分配模型构建。选取与主成分因素的得分高的相关指标,由采用层次分析法(AHP)确定各指标的权重^[12,14]。首先以专家咨询的方式进行调查,然后建立判断矩阵(表 2),再进行层次单要素排序和一致性判断与验证,最后进行层次总排序和指标权重计算,具体过程参考文献^[13]。具体权重计算由 Yaahp 6.0 软件来确定。

表 2 各指标的判断矩阵

项目	B_1	B_2	...	B_n
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
...
B_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nn}

注: b_{ij} 表示对于 A_k 而言,元素 B_i 对 B_j 的相对重要性的判断值。 b_{ij} 一般取 1,3,5,7,9 等 5 个等级,其意义为:1 表示 B_i 与 B_j 同等重要,3 表示 B_i 较 B_j 稍微重要,5 表示 B_i 较 B_j 明显重要,7 表示 B_i 较 B_j 强烈重要,9 表示 B_i 较 B_j 极端重要;1/3 表示 B_j 较 B_i 稍微重要,其它类推。

2.1.2 分配模型 在具体确定的时间因素条件下,首先统计和计算各区域单元的具体指标值,通过对相关指标值的归一化处理,获得各区域单元占区域该指标的具体比例,具体计算式为:

$$P_{ik} = \frac{U_{ik}}{\sum_{i=1}^m U_{ik}}, \text{ 且 } \sum_{i=1}^m P_{ik} = 1。$$

区域生态补偿分配比例公式为:

$$P_i = \sum_{k=1}^n \alpha_k P_{ik}, \text{ 且 } \sum_{k=1}^n \alpha_k = 1, \quad Q_i = P_i Q_0。$$

式中: Q_i ——第 i 个地区的生态补偿分配量(万元); Q_0 ——生态补偿总量(万元); P_i ——第 i 个地区生态补偿分配比例($i=1,2,\dots,m$); P_{ik} ——第 k 个时间条件下第 i 个地区单元的指标数值占整个区域的比例; α_k ——第 k 时间条件下的权重($k=1,2,\dots,n$); U_{ik} ——第 k 个时间条件下第 i 个地区单元的指标数值。

2.1.3 分配模型实现框架 在确定生态补偿分配指标体系和权重的基础上,借助 GIS 技术,将整个分配区域划分为独立的评价单元,对不同的评价单元应用层次分析法进行评价,建立各评价单元生态补偿分配的属性数据库,通过各区域的 ID 号,将属性数据库和空间显示单元特性相关联,生成基于各评价单元生态补偿的专题地图,揭示整个区域生态补偿的空间格局。决策者可以从不同指标层次的补偿贡献和区域空间补偿水平两个方面获得区域生态补偿分配状况,实现分配过程和结果可视化,具体过程如图 1 所示。

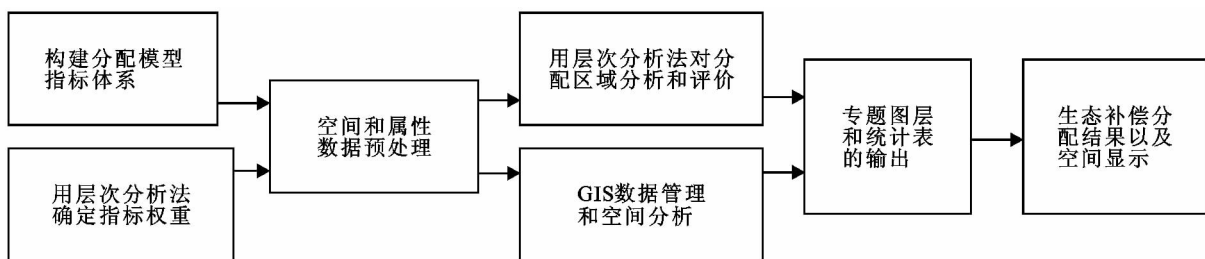


图 1 生态补偿分配模型构建流程

GIS 技术实现数据的预处理到空间和属性数据的综合管理^[15],在 ArcGIS 10.0 中,通过模型构建器窗口,将各个图层数据集成以构建模型,通过模型输入各县区单元的指标值,由图层的栅格运算,计算分配结果^[15],构建模型,最后选择模型运行即可完成数据的运算。

2.2 数据来源与处理

影响生态补偿效益和分配的指标中碳排放总量、生态服务功能价值、建设用地碳排放强度 3 项指标来自文献^[9,16]。贫困区域倾斜指数和区域开发指数通过下面指标计算获得^[13]。贫困区域倾斜指数是体现社会公平的重要指标,表示各区域单元的发展机会平等状况。依据 2005 年我国农村人口和城镇人口数量所占比例 58.24% 和 41.76%, 以此比值作为对比数量指标 x 。如果第 i 个区域单元的人均年收入为 x_i , 那么第 i 个区域单元的贫困区域倾斜指数计算公式为: $I = x/x_i$ 。

根据我国农村人口人均纯收入与城镇人口人均可支配收入的比例来确定区域单元的人均年收入为 x_i 。由上面计算式显示,如 $I > 1$ 时,说明需要向该区

域倾斜,指标值越大表明区域越需要倾斜;如 $I < 1$ 时,说明不需要向该区域倾斜。区域开发指数通常是指示一个区域工业产业发展水平定量化指标,是经济发展方面的主要衡量指标。其它指标来源于《安徽省统计年鉴(2008)》,《六安市统计年鉴(2008)》,部分指标经过整理计算得到。

3 分配结果

3.1 生态补偿分配影响指标权重

安徽省会经济圈生态补偿分配模型中各指标具体权重详见表 3。分配模型综合考虑了经济发展水平、社会公平、环境状况、环境治理与科技水平等相关因素。通过每个指标的权重值,从而获得生态补偿的具体分配模型。其中生态与环境资源权重最大,生态补偿应该倾斜于生态环境优良、资源丰富的区域,其次是经济发展水平,人均 GDP、人均农民纯收入等因素也是影响生态补偿的主要因素;社会公平因素和科技水平因素的权计算重值显示较小。指标权重值的大小可以反映不同因素对生态补偿分配影响的差异,是比较符合实际的补偿分配权重。

表 3 六安市 2009 年影响生态补偿分配因素指标值

准则层	指标	六安市区	寿县	霍邱县	舒城县	金寨县	霍山县
生态环境 与资源	森林覆盖率 $\alpha_1/\%$	28.3	18.0	16.4	46.1	70.0	69.5
	水资源量 $\alpha_2/10^8 \text{ m}^3$	1.059	1.999	2.565	8.621	49.333	8.608
	生态服务功能价值 $\alpha_3/\text{亿元}$	33.19	24.11	34.68	28.12	53.73	30.84
	人均耕地面积 α_4/hm^2	0.124	0.174	0.161	0.089	0.089	0.063
经济发展	人均 GDP $\alpha_5/\text{元}$	8 536	6 843	6 993	8 006	7 637	18 051
	非农人口比例 $\alpha_6/\%$	18.2	12.2	12.1	13.1	12.7	14.6
	人均农民纯收入 $\alpha_7/\text{元}$	4 010	3 924	4 061	4 117	3 783	4 312
	能源消费量 $\alpha_8/10^4 \text{ t 标准煤}$	164.5	74.7	90.7	68.5	44.8	52.1
	资源配置率 $\alpha_9/\%$	85.64	71.35	68.27	75.65	51.26	87.15
社会公平	工业增加值 $\alpha_{10}/\text{亿元}$	15.7	9.8	12.6	7.3	4.8	11.0
	贫困区域倾斜指数 α_{11}	2.63	1.57	2.18	2.39	1.98	2.01
	人口总量 $\alpha_{12}/\text{万人}$	185.1	136.4	180.4	99.9	67.1	37.1
	区域开发指数 α_{13}	15.7	9.8	12.6	7.3	4.8	11.0
	贫困人口比例 $\alpha_{14}/\%$	10.15	7.00	7.82	7.74	10.13	10.38
科技水平与 环境治理	建设用地碳排放强度 $\alpha_{15}/(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$	52.54	21.68	22.74	105.68	345.08	654.97
	工业废水处理率 $\alpha_{16}/\%$	96.63	92.31	94.56	93.68	99.45	98.97
	科研人员比重 $\alpha_{17}/\%$	2.11	0.94	0.86	1.05	0.76	0.95
	研发经费支出占 GDP 比例 $\alpha_{18}/\%$	0.032	0.012	0.015	0.029	0.011	0.031

3.2 六安市生态补偿资金总额

据研究省会经济圈的生态系统服务价值为 356.84 亿元,六安市、巢湖市两区域发展损失是 144.85 亿元,这分别是安徽省会经济圈水源地区域应获得的生态补偿标准的上下限范围。真正较符合实际的生态补偿标准应该结合区域资源情况来估算,在

本研究的基础上,水资源和碳排放两个方面是生态补偿的主要依据^[9,16]。

六安市生态补偿分配资金总额是碳排放和水资源两项补偿额之和^[9],其中安徽省会经济圈碳排放补偿额以各市碳排放量和相关固碳价格进行估算生态补偿标准值。在 1997 和 2007 年,合肥市的区域为碳

源区,巢湖市(居巢区)和六安市区域都是碳汇区,从区域环境资源价值的角度,巢湖市和六安市应该获得合肥市提供的碳排放生态补偿,按照中国造林成本的平均价格估算(272.65 元/t 价格),2007 年六安市得到的生态补偿额为 71.4 亿元,这是比较接近实际的补偿标准。基于水资源处理费用补偿标准为 1.979 7 亿元,水资源处理费用补偿标准是补偿主客体都比较容易接受的实际价格。碳排放和水资源两者总共获得生态补偿 73.38 亿元,为六安市 6 个县单元区的初始总分配资金额。

3.3 生态补偿分配结果

将表 3 中的各指标值归一化,将六安市各县区指标转化为相应的图层($county_{\alpha_k}$),赋予各图层的权重再求和获得各区生态补偿分配比例图层($countyP_i$),六安市区、寿县、霍邱县、舒城县、金寨县和霍山县的 P_i 值分别为:0.064,0.105,0.125,0.130,0.386 和 0.190。通过 $county_{\alpha_k}$ 的 Q_0 (生态补偿总量)图层属性列转化为栅格数据,再将以上两个图层进行地图代数,通过执行模型运算得六安市各县区生态补偿资金分配量如图 2 所示。金寨县获得的生态补偿资金最多(28.325 亿元),区内是省会经济圈最大的碳汇区域,也有梅山和响洪甸两大水库,水资源丰富。其次是霍山县(13.942 亿元),是省会经济圈第二大碳汇地,区内有佛子岭、磨子潭、白莲岩三大水库,补偿最少的是六安市区(4.969 亿元)。

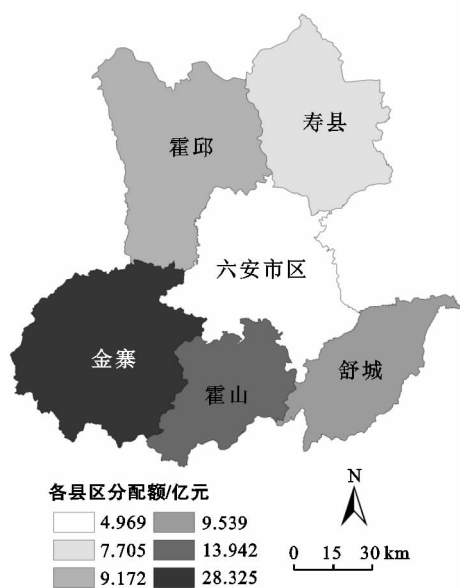


图 2 六安市生态补偿分配结果

4 结论

参考环境领域排污权分配理论及应用方法,本研

究选取影响生态补偿的环境资源现状、经济发展水平、社会公平和技术水平等方面指标体系,利用层次分析法和德尔菲法确定模型中的参数和各个指标的具体权重;采用多目标线性加权求和模型,根据经济圈碳排放和水源地生态补偿总额,构建补偿额的分配模型;利用 GIS 技术实现数据的预处理、空间和属性数据的综合管理,各个图层数据集成以构建模型,通过模型执行运算和生态补偿分配的可视化结果。此模型的分配结果综合考虑多种因素,并且由指标的具体定量权重来区别各影响因素的重要程度,构建的模型可以借助 GIS 软件多次操作,方便实用,是比较科学的区域生态补偿资金分配模型,对促进各区域单元之间利益合理分配、社会经济与生态环境保护的协调发展均具有一定科学指导作用,但相关指标可以进一步具体细化和补充。

生态补偿是一种利益再分配和调整的机制,不同区域获得生态补偿的再分配确定成为亟待解决的问题^[17]。针对目前我国生态补偿政策不健全,再分配研究不足等实际情况,需要确实可行的分配模型和方法,关系到各区域利益协调。有关生态补偿分配模型构建,将结合实际选择更广泛的指标加以筛选,使指标具有科学性和合理性;本研究生态补偿只重点考虑水资源和碳排放,后续研究将有待于深入;分配模型需要在实践中进一步验证和完善。

[参 考 文 献]

- [1] 赖力,黄贤金,刘伟良.生态补偿理论、方法研究进展[J].生态学报,2008,28(6):2870-2877.
- [2] 白景锋.跨流域调水水源地生态补偿测算与分配研究:以南水北调中线河南水源地为例[J].经济地理,2010,3(4):657-661,687.
- [3] Moran D, McVittie A, Allcroft D J, et al. Quantifying public preferences for agri-environmental policy in Scotland: A comparison of methods[J]. Ecological Economics, 2007, 63(1):42-53.
- [4] Bienabe E, Hearne R R. Public preferences for biodiversity conservation and scenic beauty with in a framework of environmental services payments[J]. Forest Policy and Economics, 2006,9(4):335-348.
- [5] Johst K, Drechsler M, Watzold F. An ecological-economic modeling procedure to design compensation payments for the efficient spatio-temporal allocation of species protection measures[J]. Ecological Economics, 2002,41(1):37-49.
- [6] 吕志贤,李元钊,李佳喜.湘江流域生态补偿系数定量分析[J].中国人口·资源与环境,2011,21(3):451-454.

(下转第 205 页)

干重呈线性正相关关系,处理间的差异显著性,经LSR检验达到显著和极显著水平。随着保水型专用肥施用量梯度的增加,玉米穗粒数、穗粒重、百粒重、产量在增加;但单位(1 kg)保水型专用肥的增产产量则随着保水型专用肥施肥量的增加而递减。随着保水型专用肥施用量的增加,玉米边际产量、边际利润在递减;保水型专用肥施用量在 10.00 t/hm^2 的基础上,再增加 2.50 t/hm^2 ,收益出现负值。经回归统计分析,得到保水型专用肥经济效益最佳施肥量(x_0)为 9.99 t/hm^2 ,玉米的理论产量(y)为 $6\ 715.33\text{ kg/hm}^2$,统计分析结果与田间试验处理5相吻合。

[参 考 资 料]

- [1] 佟屏亚. 河西地区玉米制种基地考察报告[J]. 种子世界, 2005(5):4-8.
- [2] 赵秉强,张福锁,廖宗文. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004,10(5):536-545.
- [3] 刘果,李绍才,杨志荣. 我国多功能肥料的发展概况[J]. 中国土壤与肥料,2006(5):7-9.
- [4] 秦嘉海,张春年. 糠醛渣的改土增产效应[J]. 土壤通报, 1994,25(5):237-238.
- [5] 秦嘉海,金自学,刘金荣. 含钾有机废弃物糠醛渣改土培肥效应研究[J]. 土壤通报,2007,38(4):705-708.
- [6] 黄占斌,万惠娥,邓西平,等. 保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999, 5(4):52-55.
- [7] 黄占斌,辛小桂,宁荣昌,等. 保水剂在农业生产中的应用与发展趋势研究[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3): 11-14.
- [8] 秦嘉海,吕彪. 河西土壤与合理施肥[M]. 甘肃兰州:兰州大学出版社,2001:150-155.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:科学技术出版社,1978:110-218.
- [10] 浙江农业大学. 植物营养与肥料[M]. 北京:中国农业出版社,1988:268-269.
- [11] 陕西省农林学校. 土壤肥料学[M]. 北京:中国农业出版社,1987:227-228.
- [12] 于秀林,任雪松. 多元统计分析[M]. 北京:中国统计出版社,1999:166-170.
- [13] 王燕,王兵,赵广东,等. 江西大岗山3种林型土壤水分物理性质研究[J]. 水土保持学报,2008,22(1):151-153.
- [14] 李德生,张萍,张水龙,等. 黄前库区流域植被水源涵养功能及植被类型选择的研究[J]. 水土保持学报,2003, 17(4):128-131.
- [15] 陈晓燕,田有亮,包志刚,等. 大青山主要植被类型土壤物理特性的研究[J]. 水土保持通报,2009,29(5):30-34.
- [16] 王孟本,柴宝峰,李洪建,等. 黄土区人工林的土壤持水力与有效水状况[J]. 林业科学,1999,35(2):7-14.
- [17] 张光灿,夏江宝,王贵霞,等. 鲁中花岗岩山区人工林土壤水分物理性质[J]. 水土保持学报,2005,19(6):44-48.
- [18] 谢伯承,薛绪掌,王纪华,等. 保水剂对土壤持水性状的影响[J]. 水土保持通报,2003,23(6):44-46.
- [19] 陆欣. 土壤肥料学[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2004:50-52.
- [20] 陈伦寿,李仁岗. 农田施肥原理与实践[M]. 北京:中国农业出版社,1983:185-186.
- [7] 傅晓华,赵运林. 湘江流域生态补偿标准计量模型研究[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(6):96-101.
- [8] 刘强,彭晓春,周丽旋,等. 城市饮用水水源地生态补偿标准测算与资金分配研究:以广东省东江流域为例[J]. 生态经济,2012(1):33-37.
- [9] 孙贤斌,傅先兰,倪建华,等. 安徽省会经济圈碳排放强度与生态补偿研究[J]. 地域研究与开发,2012,31(1): 135-138,155.
- [10] 王晓辉,关伟,徐会,等. 安徽省会经济圈建设中的生态补偿问题探讨[J]. 安徽农业大学学报:社会科学版, 2008,17(3):42-45.
- [11] 李芬,陈红枫. 海南省森林生态补偿机制的社会经济影响分析[J]. 中国人口·资源与环境,2007,17(6):113-118.
- [12] 王静雅,何政伟,于欢. GIS与层次分析法相结合的生态环境综合评价研究:以渝西地区为例[J]. 生态环境学报,2011,20(8/9):1268-1272.
- [13] 于术桐,黄贤金,程绪水,等. 流域排污权初始分配模型构建及应用研究:以淮河流域为例[J]. 资源开发与市场,2010,26(5):400-404.
- [14] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2002:225-230.
- [15] 汤国安,杨昕. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程. 北京:科学出版社,2006:446-449.
- [16] 孙贤斌. 安徽省会经济圈土地利用变化的碳排放效益研究[J]. 自然资源学报,2012,27(3):394-401.
- [17] 王女杰,刘建,刘磊,等. 中国生态补偿的保障机制研究[J]. 中国环境管理,2009(4):6-12.

(上接第199页)