那曲河水电梯级开发的生态价值损益比较分析

马鹏刚[1], 刘 康[1], 郭艺歌[2]

(1.西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127;
2.宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 水电开发在促进当地社会经济发展和提高人民生活质量的同时,也会对其环境造成不可避免的影响。生态环境价值损益分析在统一量纲下,将结果利用货币形式表达出来,实现水电开发对环境影响的综合评价,可为工程决策和环境保护提供依据。以那曲河 2 种方案的梯级水电开发对环境的影响为例,筛选并建立评价指标体系,对流域内水电开发的环境影响生态效益和生态环境成本进行了定量分析。结果表明,那曲河 2 种方案梯级水电开发带来的直接生态环境价值分别为 1.05×10^8 元/a 和 1.46×10^8 元/a,能源替代的间接生态环境价值分别为 5.13×10^7 元/a 和 5.04×10^7 元/a,而生态环境成本价值则为 9.40×10^7 元/a 和 9.73×10^7 元/a。2 种方案直接环境价值和生态环境成本的比值为 1.1∶1 和 1.5∶1,说明梯级水电开发生态环境效益大于成本,且方案 2 优于方案 1。梯级水电开发生态环境价值的评价方法还不成熟,且评价指标目前还没有统一标准,因此评价内容的完整性和准确性与实际有一定的差别,只能为水电开发建设和环境保护提供借鉴依据。

关键词: 梯级水电开发; 生态价值效益; 生态环境成本

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2012)05-0265-05 **中图分类号**: K92,P94,Q14

Comparative Analysis of Ecological Value Loss and Gain from Hydropower Cascade Development in Naqu River

MA Peng-gang[1], LIU Kang[1], GUO Yi-ge[2]

(1. *College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi* 710127, *China*; 2. *Key Laboratory of Degraded Ecosystem Restoration and Reconstruction in Northwest China of the Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*)

Abstract: Hydropower development has an inevitable impact on local environment, while promoting socio-economic development and improving the quality of people's lives. The loss and gain analysis of ecological environment, expressed by currency in a unified dimension, may provide a basis for engineering decision because of its general evaluation on environment. An evaluation index system is established and the benefits and costs from hydropower development are analyzed by taking the environment affected by two scenarios of cascade hydropower development in the Naqu River for an example. Results show that the direct ecological values from two scenarios of cascade hydropower in the Naqu River are 1.05×10^8 and 1.46×10^8 yuan per year and the indirect values, 5.13×10^7 and 5.04×10^7 yuan per year, while the ecological environment costs are 9.40×10^7 and 9.73×10^7 yuan per year, respectively. The ratio of the direct environmental benefit to the environmental cost from the two scenarios is 1.1∶1 and 1.5∶1, respectively, which illustrates that the benefits exceed the costs and the scenario two is superior to the scenario one. The valuation methodology of eco-environmental value in the hydropower development is not yet mature and currently, there is no unified evaluation standard. So there are some differences in the completeness and accuracy of the evaluation contents, as compared with the practice. The evaluation system can only provide a reference basis for the construction of hydropower development and environmental protection.

Keywords: hydroelectric cascade development; ecological value loss and gain; ecological environment cost

收稿日期:2012-04-09 **修回日期**:2012-06-13
资助项目:科技部国际科技合作项目"西藏草原长势监测和产量预测系统研制"(2009DFA91900)
作者简介:马鹏刚(1984—),男(汉族),甘肃省庆阳市人,硕士,主要从事生态规划与生态环境评价研究。E-mail:ynan_1984@163.com。

中国50 a间修建86 000座水坝，其中中小型水坝数量达到64 000座，占世界此类水坝总数的55%。这样多的水坝，在对经济社会发展作出贡献的同时，也造成了相当严重的环境问题。

生态环境价值损益分析是物化在生态系统的某种生态产品中的社会必要劳动的货币表现形式，又可称生态环境影响的经济评价，其目的是估算出环境影响的生态经济价值，包括负面的环境影响生态经济损益即环境成本，正面的环境影响即生态环境效益，来进行项目的可行性研究[1]。生态环境价值损益分析以生态经济学、环境经济学和经济地理学理论为基础，用货币形式表示项目对生态服务价值产生的有利影响和不利影响。水电开发工程直接环境影响生态价值损益分析，是水利水电工程环境影响综合评价的一部分，它要求以货币的形式表达工程兴建对环境影响的价值效益值和损失值，以便进行生态补偿，可以更直观地表现工程对环境的影响，更利于对工程的决策[2-3]。本文以那曲河多方案水电梯级开发规划为例，通过那曲河水电开发规划环境影响因子的筛选和环境影响的定量分析，对开发方案的长期和整体的直接环境影响效益和成本进行估算，一方面对2种方案梯级水电开发进行优化和比选，为水电开发决策者提供参考，另一方面为探索中小型水电开发规划环境影响的生态价值损益分析的理论和方法提供研究案例。

1 那曲河流域概况及水电梯级开发规划

1.1 那曲河流域概况

那曲河流域地理位置为北纬30°54′—32°6′，东经91°22′—95°53′，地处那曲地区东部的藏北高原上。那曲河为怒江主要支流，源于安多东北的唐古拉山南麓，在那曲、比如交界处与下秋曲汇合称怒江。流域北、东、南三面分别为唐古拉山脉、他念他翁山脉和念青唐古拉山脉环抱，东邻澜沧江流域，西接藏北内流水系，北接金沙江、澜沧江上游流域，南与雅鲁藏布江流域接壤。那曲上游流经高原宽谷地区，水缓、量小、水清，那曲下游流水急，水量大，并有明显下切，水力资源丰富。

流域内气温低，寒冷，湿润半湿润，自然植被景观随着降水自东向西呈地带性分布，而谷岭高差悬殊，植被垂直带谱比较复杂。由河谷到山地北坡，山杨、桦、云杉林广泛发育，构成基带自然带，向上依次出现亚高山灌丛草甸带，高山草甸带、高山寒冻冰碛地衣带。雪线约5 400～5 600 m，有小型冰川发育，古冰川遗址比较普遍。目前，比如、巴青、索县已建立起了水力发电站，水能资源的开发利用将很大程度上解决那曲能源奇缺的问题，由此必将带动那曲河流域、那曲地区乃至西藏自治区经济的快速发展。

1.2 那曲河水电梯级规划简介

那曲河从上游错那湖出口至怒江上游的沙丁—热玉河河段总长约480 km，为规划河段，干流初步拟定2种开发方案，方案1：如鲁、拉热、东宗(高坝)、沙丁(低坝)；共利用落差280 m，河道平均比降约1.9‰，流域出口断面多年平均流量约200.4 m^3/s，装机容量664 MW，年发电量共计2.92×10^9 kW·h。方案2：如鲁、拉热、沙丁(高坝)，共利用落差261 m，河道平均比降约1.6‰，流域出口断面多年平均流量约236 m^3/s，总装机容量574 MW，年发电量共计2.88×10^9 kW·h。

2 评价指标体系及其量化方法

本次环境影响评价属于规划环评，重点考察的是项目总体实施后可能引发的大范围的、长期的或具有累积效应的生态环境影响。因此，生态环境价值损益分析将重点关注工程建成后长期环境影响下的环境效益和生态环境成本的大小和比较。在此基础上，提出了生态价值损益的评价指标体系。

2.1 生态环境效益评价

水利水电工程有其特殊性，梯级水电开发具有连带累计效应，所以必须考虑每一级水电工程的环境影响情况。梯级水电工程生态价值损益分析中的生态经济效益计算，目前尚在探讨阶段，没有明确的规定。一般每项水利水电工程的兴建都有其开发目的，除了开发目的外，所有因工程引起的环境生态服务价值效益都应算为生态经济效益[4]。那曲河水电梯级开发的目的是为发电，满足当地居民的日常生活用电，实施后可为农田灌溉、水产养殖、以电代柴等带来直接影响，因此这部分属于直接环境生态效应；间接效应表现为以电代柴和煤的使用，带来的减少CO_2，SO_2等气体排放。

2.2 生态服务价值成本评价

生态服务价值的成本评价即评价环境影响的生态经济损失，主要涉及工程建设阶段的环境影响损益和工程实施后对生态价值的损益。根据水电开发对环境的影响因素和那曲河水电具体的规划情况，提出以下评价指标及其计算方法：

(1) 水库淹没导致的土地资源损失，主要指具有生物生产量的土地类型，如森林、草地、农田等土地资源的生态价值损失。

(2) 生物多样性的减少，主要是工程占用林地、草地、耕地等导致生物多样性减少，从而引起生态服

务价值的损失。

(3) 移民的环境成本,主要是对移民迁居地造成的生态环境影响,包括修建房屋、道路、开荒引起的植被破坏和水土流失,工农业污染和环境适应等的影响。

(4) 水库温室气体的排放,水库淹没土壤后,导致土壤中的有机质慢慢分解,排放出 SO_2,SH_4 等温室气体,从而对气候变化产生影响。

(5) 生态环境保护费用,自然保护区的管理费用和后续的生态环境的治理和保护费用。

3 那曲河水电梯级开发对环境影响生态价值经济损益分析

3.1 生态环境效益评价

3.1.1 直接环境生态效应评价

(1) 农业灌溉。根据那曲河水电梯级开发环境影响评价方案,2 种方案工程实施后可分别使规划段 480 km 内的 1.88×10^4 hm^2 和 2.13×10^4 hm^2 的农田得到灌溉,从而增加青稞、小麦、油菜、青饲料的产量。根据那曲河水电站建设勘探阶段在那曲的实地考察,增加灌溉后那曲每 1 hm^2 地增加收入 15%～20%,原来种植的作物平均每 1 hm^2 地收入 9 000 多元,那么增产后每 1 hm^2 地收益约 10 500 元,即每 1 hm^2 增收 1 500 元/a,每年的环境效益则分别为 2.8×10^7 元/a 和 3.2×10^7 元/a。

(2) 水产养殖。那曲河位于西藏那曲地区,经济文化落后,交通条件差,而且由于当地宗教文化的影响和居民对自然水生生物的保护,人们很少捕捞河中的生物,因此养殖业有很大的潜力。梯级水电建成后,水库面积将分别达到 3 890 hm^2 和 5 149 hm^2,如果考虑西藏冬天的雪灾以及当地的宗教文化,居民的消费水平,一年中有一半时间是不养殖的。而当地人很少食用鱼,按每 1 hm^2 水产平均每天收益 100 元计算[5],水电建成后水产养殖可增加 7.1×10^7 元/a 和 9.4×10^7 元/a。

(3) 调蓄洪水。那曲河梯级水电开发会形成水库群,这些水库同时具有较强的蓄水和防洪功能,在蓄水期间可以蓄积大量的洪水,减少洪涝灾害对下游造成的损失。如 2010 年 8 月 31 日,那曲发生山洪,造成很大的经济损失。根据那曲河水电规划和环境影响评价报告,那曲河洪涝相对少且小,主要集中在那曲县和比如县,2 种方案都大约为 2.0×10^6 元/a。

(4) 以电代柴。由于西藏电网独立,且那曲地区地广人稀,很难集中供电,所以居民的取暖和日常生活基本是使用柴薪,大量的砍伐影响当地的生态环境,据调查,一户 4～5 口人的家庭,每年使用柴薪量达到 2.5 t,相当于砍伐 0.27 hm^2 林地,该地林地的平均经济效益为 0.78 万元/hm^2,而 2 种方案水电开发涉及区域大约移民 766 户和 970 户人家,相当于每年少砍伐 204.27 hm^2 和 258.67 hm^2 林地,因此,那曲河水电开发以柴代电的总生态环境效益为 6.0×10^6 元/a和 2.0×10^7元/a。

3.2.2 间接环境生态效益评价

间接环境生态效应表现为以电代柴和煤的使用,减少 CO_2,SO_2 等气体排放,这也是水电工程的主要生态效益之一。

(1) CO_2 的减排效益。2008 年中国 6 MW 以上火电机组标准煤耗为 349 g/(kW·h)。根据国家发展和改革委员会能源研究所估算,燃烧时温室气体排放系数为 0.655 t/t[5],火电产生 CO_2 约为 0.84 kg/(kW·h)。与燃煤发电相比,水力发电可节约标煤 96%,即水电替代火电可减排温室气体约为 0.03 kg/(kW·h)。那曲河 2 种方案梯级水电规划年发电量 2.88×10^{10} kW·h 和2.917×10^9 kW·h,即相当于减少温室气体排放约 8.649×10^7 kg 和 8.751×10^7 kg,根据《京都议定书》的规定,目前我国已获批准的水电碳排放交易价平均约为 10 欧元/(t),按照 2012 年 2 月 28 日汇率计,则那曲河水电可降低减排的 CO_2 换算成货币相当于约7.3×10^6元/a和 7.4×10^6 元/a。

(2) SO_2 的减排效益。由于我国能源结构以煤为主,许多城市出现的酸雨现象都与燃煤有关,酸雨污染已成为一大公害,因此发展水电有利于减少 SO_2 的排放并控制酸雨的发展,SO_2 的排放系数为 0.019 5 t/t。标煤,按照发 1 kW·h 电需要 0.33 kg 煤计,则那曲河 2 种梯级开发方案水电相当于节约燃煤 951 390 t 和 962 610 t 燃煤,由此可减少硫的排放为 4 638.03 t 和 4 692.72 t。计算减排 SO_2 效益的方法有很多种,这里我们按生态服务功能价值计算中采用的减排 SO_2 的成本计,国家实施的火电脱硫电价〔0.015 元(kW·h)〕计算比较合理,则那曲河 2 种方案梯级水电开发带来的 SO_2 减排效益为 4.4×10^7 元/a 和 4.3×10^7元/a。综上分析,2 种方案的间接生态效益为 5.13×10^7元/a 和 5.04×10^7 元/a。

3.2 生态服务价值成本分析

3.2.1 水库淹没土地资源导致的经济损失

利用 3S 技术对研究区遥感影像解译,确定那曲河梯级水电开发过程中,因蓄水而淹没损失的林地、草地、耕地、灌丛、建设用地、未利用地等土地资源如表 1 所示,这些土地资源的淹没将使其生物生产量下降而导致经济损失。

表 1 那曲河各级电站淹没的土地类型面积 hm^2

电站名称	方案 1				方案 2		
	如鲁	拉热	东宗(高坝)	沙丁(低坝)	如鲁	拉热	沙丁(高坝)
林 地	143.34	752.39	1 656.63	7.20	143.34	752.39	1 703.58
耕 地	2.76	10.49	470.93	1.87	2.76	10.49	530.89
灌 丛	137.16	240.85	800.65	207.20	137.16	240.85	921.06
草 地	812.24	940.48	1 793.54	19.27	812.24	940.48	1 940.11
建设用地	16.04	10.32	83.58	2.13	16.04	10.32	106.81
未利用地	75.78	54.31	439.17	179.13	75.78	54.31	782.14

在这 6 种土地利用类型中,建设用地和未利用地几乎是不具有实际生产量的[6],因此可以忽略其产生的经济损益,在移民分析中再进行考虑。

由表 1 可知各类土地在梯级水库的淹没总面积,并得出各种地类的生物生产量,将各种地类取统一的标准。

由于是淹没的土地,所以只考虑其直接经济损益,间接的经济损益包括固碳释养、营养物质循环、对耕地的投入等不计入。例如耕地,那曲耕地基本种植青稞,大部分以小斑块方式分布在河谷两侧的山坡上,每 1 hm^2 青稞收入约 9 000～15 000 元,取中间值每 1 hm^2 收入约 12 000 元,根据那曲地区的经济发展和社会状况,按每 1 t 生物生产量可以带来 2 072 元计算,各种地类的直接经济损益如表 2 所示。

表 2 那曲河各级电站淹没的土地生物生产量

地类	方案 1 淹没总面积/hm^2	方案 2 淹没总面积/hm^2	平均净生产力/($t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)	方案 1 经济损益/(10^8 元$\cdot a^{-1}$)	方案 2 经济损益/(10^8 元$\cdot a^{-1}$)
林地	2 559.56	2 599.31	8.0	0.42	0.43
耕地	486.05	544.14	5.9	0.06	0.07
灌丛	1 385.86	1 299.07	5.8	0.17	0.16
草地	3 565.53	3 692.83	0.9	0.07	0.07

3.2.2 *生物多样性减少* 根据那曲河水电开发规划对环境影响评价报告和现场调查得知,那曲河水电规划段有西藏自治区和中国重点保护野生植物 12 种,分别是冬虫夏草、大果圆柏、红景天、报春花、火绒草、风毛菊、垂头菊、紫苑、大黄、龙胆、毛茛、紫堇。动物有 10 种,分别是赤斑羚、扭角羚、雪豹、马麝、黑颈鹤、燕隼、苍鹰、胡兀鹫、斑头雁、秃鹫。但由于人类活动的长期影响,多为零星状分布且多处于分布的下限,淹没区并没有严重威胁到受保护的各类动植物,因此,水电开发不会对其生存构成严重的影响,只需要进行合理的监测和保护。目前生物多样性的价值评价分歧较大,还没有一个较为成熟的方法,为此本研究提出了如下保护生物多样性价值公式:

$$U_{生物} = C_{生物} A$$

式中:$U_{生物}$——研究区中生物多样性总价值(元/a);$C_{生物}$——单位面积生物产生的生态价值(元/hm^2);A——工程占地面积(hm^2)。

那曲河水电梯级开发中工程占用区多为林地、草地、耕地和未利用地,根据样地调查成果,选择与工程占用区植被条件相符的样地调查资料,折算林地的林分平均蓄积量为 24.66 m^3/hm^2,若按当地市场售价 500 元/m^3 计算,则由于生物多样性的减少而造成的生态价值损失为 12 330 元/hm^2。方案 1 占地为 569.66 hm^2,方案 2 占地为 305.73 hm^2,则根据公式,方案 1 涉及到的生物多样性减少的生态价值为 7.01×10^6 元/a,方案 2 涉及的生物多样性保护费用为 3.76×10^6 元/a。

3.2.3 *移民环境成本* 移民及工业设施搬迁对新定居点产生的环境压力和损失,主要是建房、修路、开荒、养殖等引起植被的破坏和水土流失的加重而产生的生态价值的损失,那曲地区草地占据绝对优势,因此,移民形成的环境压力主要是对于草地植被的占用和破坏。根据那曲河水电规划环境影响评价报告得出各级电站涉及的搬迁和占地情况如表 3 所示。

那曲河规划段 2 种方案分别涉及搬迁 446 户 2 531口人和 970 户 5 748 口人,根据调查,那曲地区草地的平均生产力为 0.9 t/(hm^2 · a),方案 1 占用的草地面积为 1 997.77 hm^2,其生态价值损失为 3.7×10^6 元/a,方案 2 占用草地为 5 845.05 hm^2,其生态价值损失为 1.09×10^7 元/a。

表 3　那曲河各级电站涉及需要搬迁人口及占用植被情况

项 目	方案 1					方案 2			
	如鲁	拉热	东宗（高坝）	沙丁（低坝）	合计	如鲁	拉热	沙丁（高坝）	合计
搬迁人口/人	216	462	1 752	101	2 531	216	462	5 070	5 748
户数/户	48	77	294	27	446	48	77	845	970
占用植被面积/hm^2	310.54	501.89	1 035.02	150.32	1 997.77	310.54	501.89	5 032.62	5 845.05

人均年生活污水排放量取约 55 m^3,每 1 m^3 污水处理成本取 0.5 元[7],人均年产生活垃圾 520 kg,每 1 t 垃圾处理成本取 140 元[7],则环境治理成本 2 种方案分别为 2.5×10^5 元/a 和 5.8×10^5 元/a。综上分析,那曲河梯级水电开发过程中移民生态环境治理成本为分别为 3.95×10^6 元/a 和 1.148×10^7 元/a。

3.2.4　水库温室气体的排放　水库蓄水后,淹没的大量地表和土壤中的有机质会缓慢地分解,排放出 CO_2,CH_4 等温室气体,从而对气候变化产生影响。由于该温室气体的排放很难量化,结合以往研究成果和那曲环保局的调查资料,2 种方案梯级水库年排放碳约为 3.0×10^3 t 和 3.4×10^3 t。根据气候变化研究[8],每吨碳估计值为 12 元/a。那曲河水库排放温室气体的环境成本分别为 3.6×10^4 元/a 和 4.1×10^4 元/a。

3.2.5　生态环境保护费用　那曲河 2 种方案梯级水电开发的环境保护预算总投资分别为 1.59 亿元和 1.32亿元,主要用于水电的运营维护和保护区的管理。其中用于陆生生态环境保护的,如果按照总环境保护工程投资的 7%计算,则 2 种方案水电开发的环境保护费用为 1.1×10^7 元/a 和 9×10^6 元/a[3]。

3.2.6　生态价值总成本评价　依据上述评价结果,那曲河水电开发的生态价值总成本评价结果为表 4 所示。

表 4　那曲河水电开发生态价值成本评价

生态价值成本	成本内容	年总价质量评价结果/(10^8 元·a^{-1})	
		方案 1	方案 2
水库淹没经济损益	林 地	0.42	0.43
	耕 地	0.06	0.07
	灌 丛	0.17	0.16
	草 地	0.07	0.07
生物多样性减少	陆生生态价值损失	0.070 1	0.037 6
移民的环境成本	基本建设和环境治理	0.039 5	0.114 8
水库温室气体的排放	水库排放温室气体,气候变化的损失	0.000 4	0.000 4
生态环境保护费用	生态环境保护费用	0.11	0.090 0
合　　计		0.939 9	0.972 8

4　结 论

那曲河水电梯级开发生态环境价值损益评价定量分析了工程建设带来的生态效益和生态成本,2 种方案的直接环境生态效益分别为 1.05×10^8 元/a 和 1.46×10^8 元/a,能源替代的间接环境生态效益分别为 5.13×10^7 元/a 和 5.04×10^7 元/a,生态价值成本分别为 9.399×10^7 元/a 和 9.728×10^7 元/a。如只考虑生态环境影响因素,则直接生态效益和生态价值成本的比值分别约为 1.1∶1 和 1.5∶1,再加上间接生态效益的话,生态服务价值效益比将更大。因此,从生态环境的服务价值分析结果来看,在考虑能源替代的生态环境效益情况下,那曲河梯级水电开发的生态环境效益远远大于生态环境成本,且方案 2 比方案 1 所带来的生态服务价值效益更明显。

梯级水电的修建以及建成后的运行和维护中,都会对当地的陆生和水生生境造成严重的影响[9],而且这种影响短期内很难恢复。如何处理和平衡生态环境效益和生态环境成本之间的关系就显得非常重要[10]。

本研究在分析直接生态价值效益中,由于那曲特殊的地理位置和文化信仰,部分评价指标很难获取,因此指标的量化还不是很完善,另外,由于生态环境效应的长期性、多变性和复杂性,对评价结果会有一定的影响,在今后的研究中应该对流域内的信息掌握更具体,更充分一些,使得能更加全面地进行梯级水电开发的生态环境效益研究,从而为水电的规划和建设提供借鉴意义。

(下转第 285 页)

玉米价格(P_y)为 5.00 元/kg,将 P_x,P_y,回归方程的 b 和 c,代入经济效益最佳施肥量计算公式 $x_0=[(P_x/P_y)-b]/2c$ [12],求得改土型专用肥经济效益最佳施肥量(x_0)为 1 350.01 kg/hm^2,将 x_0 代入回归方程 $y=3\ 782.61+1.650\ 5x-0.000\ 378\ 7x^2$,求得玉米的理论产量($y$)为 6 700.99 kg/hm^2,计算结果与田间试验处理 5 相吻合(表 4)。

3　结 论

(1) 将聚乙稀醇、尿素、磷酸二铵、硫酸锌按一定比例合成改土型专用肥,进行田间试验,结果表明,影响玉米产量的因素依次是:$CO(NH_2)_2$>$(NH_4)_2HPO_4$>PVA 和 $ZnSO_4\cdot 7H_2O$。因素间最佳组合是:PVA 30 kg/hm^2,$CO(NH_2)_2$ 736 kg/hm^2,$(NH_4)_2HPO_4$ 420 kg/hm^2,$ZnSO_4\cdot 7H_2O$ 52 kg/hm^2。

(2) 制种玉米田施用改土型专用肥后,物理性质发生了明显的变化,随着改土型专用肥施用量的增加,玉米田总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、团聚体在增大,而容重在降低。

(3) 改土型专用肥施用量增加后,玉米植物学性状、经济性状、产量在增加,但单位(1 kg)改土型专用肥的增产量则随着改土型专用肥施肥量的增加而递减,出现报酬递减律。

(4) 随着改土型专用肥施用量的增加,玉米边际产量、边际利润在递减,改土型专用肥施用量在 1 350 kg/hm^{2}的基础上,再增加 337.50 kg /hm^2,收益出现负值。

(5) 改土型专用肥与玉米产量间肥料效应回归方程是:$y=3782.61+1.650\ 5x-0.000\ 378\ 7x^2$,改土型专用肥经济效益最佳施肥量($x_0$)为 1 350.01 kg/hm^2,玉米的理论产量(y)为 6 700.99 kg/hm^2,统计分析结果与田间试验处理 5 相吻合。

[参 考 文 献]

[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] 龙明杰,张宏伟,曾繁森.高聚物土壤结构改良剂的研究[J].土壤学报,2001,38(4):584-589.

[3] 龙明杰,曾繁森.高聚合物土壤改良剂研究进展[J].土壤通报,2000,31(5):199-202.

[4] 巫东堂,王久志.土壤结构改良剂及其应用[J].土壤通报,1990,21(3):140-143.

[5] 吴增芳.土壤结构改良剂[M].北京:科学出版社,1976:24-36.

[6] Wapace A , Nelson S D.目前土壤结构改良剂研究的一些动向[J].土壤学进展,1987,15(5):63-64.

[7] 孙云秀.土壤结构改良剂的改土效果及其使用的研究[J].干旱地区研究,1988(3):51-52.

[8] 秦嘉海,吕彪.河西土壤与合理施肥[M].兰州:兰州大学出版社,2001:150-155.

[9] 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 .

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

(上接第 269 页)

[参 考 文 献]

[1] Sauls H B, Sauls M, Fischer T. Justifying your textile or apparel digital asset management(dam) system investment[J]. AATCC Review, 2003,3(5):39-42.

[2] Charles G, Kurt S, Leonard S. The role of ecosystem valuation in environmental decisionmaking: Hydropower relicensing and dam removal on the Elwha River[J]. Ecological Economics, 2006,56(4):508-523.

[3] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等.水电开发的生态环境影响经济损益分析[J].生态学报, 2006,26(9):2979-2988.

[4] 王超.水利建设项目环境影响经济损益分析[J].水利经济,1994(1):29-33.

[5] 邹治平,马晓茜,赵增立,等.水力发电工程的生命周期分析[J].水力发电,2004,30(4):53-55.

[6] 罗天详,李文华.青藏高原只要植被类型生物生产量的比较研究[J].1999(6):824-831.

[7] 郑毅.城市规划设计手册[Z].北京:中国建筑工业出版社, 2000:572-598.

[8] Asia Development Bank (ADB). Economic evaluation of environmental impact: A work book[Z]. Manila. ADB, 1996.

[9] Angela T B, David D H. Modifying dam operations to restore rivers: Ecological responses to Tennessee River dam mitigation[J]. Ecological Applications, 2005, 15(3): 997-1008.

[10] Poff N L, Allan J D, Palmer M A, et al. River flows andwaterwars: Emerging science for environmentaldecisionmaking [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2003(1):298-306.