

炭土比对节水灌溉的经济可行性分析

张道炜, 陈联胜, 董晓燕, 李雨, 朱亚琴 (三峡大学水利与环境学院, 湖北宜昌 443002)

摘要 通过试验计算田间土地使用生物炭之后的节水效果, 对土地面积为 13.33 hm² 的水稻种植专业合作社, 运用动态经济评价指标分析在生物炭施加量 0%、2%、4%、10% 情况下的收益情况。使用净现值法对 4 种独立方案进行评价, 在只考虑生物炭对水的影响的条件下, 得出以下结论: 生物炭施加量在 4% 的时候, 整体投资收益率最高, 为 92.61 元/hm²。虽收益不是很高, 但对秸秆处理、灌区节水有重大意义。

关键词 炭土配比; 节水灌溉; 净现值法

中图分类号 S272 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)17-0198-02

Analysis of the Economic Feasibility of the Ratio of Biochar and Soil to Water Saving Irrigation

ZHANG Dao-wei, CHEN Lian-sheng, DONG Xiao-yan et al (Institute of Water Conservancy and Environment, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002)

Abstract The water-saving effect of biochar in the field was calculated through experiments. For the rice planting professional cooperatives with a land area of 13.33 hm², the dynamic economic evaluation index was applied to analyze the profit of 0%, 2%, 4%, 10% of the ratio of biochar to soil. The net present value method was applied to evaluate four kinds of independent schemes, in only to consider the effects of biochar on the water, the following conclusion was reached: when the biochar applied at 4%, the overall investment yield is 92.61 yuan/hm². Although the income is not very high, it is of great significance to straw treatment and irrigation area water saving.

Key words The ratio of biochar to soil; Water-saving irrigation; NPV (net present value) method

水稻是我国最重要的粮食作物之一, 在国民经济发展中占有重要地位^[1]。由于灌溉技术落后, 灌溉水的利用率只有 4% 左右^[2]。因此, 水资源的日益紧缺已成为制约水稻种植生产可持续发展的主要因素^[3]。

已有研究表明, 施加生物炭可改变土壤密度、持水性、渗透性、团聚性等物理性质, 进而改变土壤水分运动参数, 影响其迁移能力^[4]; 同时, 生物炭的添加能增强表层黏壤土的饱和水传导度^[5]。为研究生物炭在节水灌溉方面的应用效果, 笔者对农村试验推广生物炭节水技术的可行性进行分析。

1 材料与与方法

1.1 材料 供试土壤采自于三峡大学试验基地, 将土取出经过太阳暴晒风干后, 研磨成细土, 通过 2 mm 筛。供试生物炭采用商用生物炭, 其生物炭粒径分布均匀。土样经过风干、碾压、过 2 mm 的筛备用。测得土壤颗粒组成如下: 黏粒 (<0.002 mm) 占 12.60%, 粉砂 (0.02~0.002 mm) 占 40.80%, 砂粒 (2~0.02 mm) 占 46.60%, 容重 1.3 g/cm³。

1.2 试验区概况 宜昌市东风渠灌溉试验站 (111°68'E, 30°70'N), 试验区靠近国家大型水库 (泉河水库), 全境为丘陵地带, 地势较为平坦, 属亚热带季风气候, 年平均气温为 16.4℃, 多年平均降雨量为 1 215 mm, 无霜期 268 d (年均), 多年平均日照时数为 1 850 h, 日照百分率为 41.8%。水稻灌溉定额约为 7 500 t/hm²。

1.3 试验方法及过程 吴漩等^[6]的试验表明, 在对设施原状土和扰动土水分特征的测定之后得出, 扰动土水分特征曲线总体变化趋势较为一致, 但土壤水吸力相同时, 原状土各土层含水量均低于扰动土, 低吸力阶段扰动土与原状土差异随容重增加而逐渐增大。原状土水分特征差异较明显, 扰动土水分特征差异较小, 因此在进行土壤水分运动的模拟研究

中以原状土的反应效果最优。

设置 4 个处理, 每组处理采用市场上普通的 7 号塑料花盆, 3.5 L, 高 15.0 cm, 直径 21.8 cm。将土壤和生物炭按表 1 进行配比, 然后拌合均匀, 将其装盆。

表 1 试验土壤的配比

Table 1 The ratio of experimental soil

处理 Treatment	土的质量 The weight of soil//g	生物炭质量 The weight of biocharcoal//g	炭土配比 Ratio of biochar to soil//%
T ₁	3 000	0	0
T ₂	2 940	60	2
T ₃	2 880	120	4
T ₄	2 700	300	10

向每组处理的花盆里浇水, 使其在无水层条件下达到饱和, 待土壤稍微干涸 (大约间隔 3 d), 再次浇水使土壤达到饱和。如此循环, 以模拟在自然环境下, 扰动土变原状土的过程。期间, 对每组处理花盆土壤厚度进行测量以验证土壤是否达到原状土, 35 d 后, 4 组处理土壤厚度趋于稳定, 在相对含水率达到 80% 时, 用 100 mL 的环刀取土测容重, 记录每组处理的容重数据 (表 2)。

表 2 试验土壤体积含水量和容重

Table 2 Volumetric water content and volume of experimental soil

炭土配比 Ratio of biochar to soil//%	土壤体积含水量 Soil volumetric water content//%	容重 Bulk density g/cm ³
0	48.48	1.367 0
2	51.19	1.341 2
4	53.01	1.230 7
10	54.87	1.173 2

2 结果与分析

2.1 水价分析 在农业生产中, 灌溉水量的加入量不能恰

好和土地饱和含水量相等,农民为了达到田地完全浸泡的效果,往往会没过土层许多,而这些水分并不能稳定地存在和利用,由于水的蒸发、流失、渗透,会导致水分不能实际有效地被利用。在土壤中加入生物炭之后,改变了土壤的容重,增加了体积,使土壤的有效耕层深度增加。而且,生物炭具有较强的吸附力,会使土壤饱和和体积含水率上升。该试验灌区的耕层约为 20 cm。根据华信^[7]的试验研究表明:

$$y^2 = -8.638x^2 + 1.4516x + 0.4851, R^2 = 0.9989$$

$$y^3 = -2.6952x^2 + 0.4797x + 0.3972, R^2 = 0.9962$$

式中, x 为炭土质量比; y^2 为土壤的饱和含水量; y^3 为田间持水量。田间持水量是土壤中悬着的毛管水达到最大时的土壤持水量,包括全部吸湿水、膜状水和毛管悬着水,它是土壤在不受地下水影响所能保持水分的最大数量指标,也是土壤中作物有效水分的上限指标,常作为计算灌水定额的依据^[8]。

根据上述结论可知,加入生物炭以后能提高田间持水量。由此可推论,加入生物炭以后,加入更少的水可获得更高的田间持水量,可减少灌注量以提高经济效益。统计宜昌地区种植水稻数据可知,平均每月 1 hm² 定额灌溉量约为 7 500 t。根据在不加入生物炭时可以计算出使水稻正常生长所需的最低灌溉量,并由此计算在加入炭以后的不同情况下,要达到最低灌溉量的定额灌溉量。具体数据见表 3。

表 3 灌溉定额数据
Table 3 Irrigation quota data

炭土配比 Ratio of biochar to soil//%	田间持水率 Field water holding rate	定额灌溉量 Quota irrigation t/(月·hm ²)
0	0.397 2	7 500
2	0.405 7	7 335
4	0.412 1	7 215
10	0.418 2	7 110

根据宜昌现行农业用水水价为 0.085 元/t, 所得具体数据见表 4。

表 4 1 hm² 田水费
Table 4 Water fee per hectare

炭土配比 Ratio of biochar to soil//%	总灌溉用水量 Total irrigation water consumption t/hm ²	灌溉用水价格 Price of irrigation water 元/hm ²	节省费用 Cost saving 元/hm ²
0	37 500	3 187.500	0
2	36 675	3 117.375	70.125
4	36 075	3 066.375	121.125
10	35 550	3 021.750	165.750

2.2 生物炭价格分析 生物炭价格偏高,生物炭的节水效益对于小单位的生产效益并不显著,宜昌市有许多水稻种植专业合作社,他们的生产规模大,能将生物炭成本压低。该试验选取一般规模的 13.33 hm² 为试验对象。

市面上生物炭生产厂家太少,大多为高品质的活性炭,普遍价格太高,不适合农业生产的大规模、廉价使用,而且生物炭的原材料为常见的草本或者木质材料,对于农村来说几

乎免费。特别是水稻生产地区,水稻秸秆往往被扔在田间直接焚烧成草木灰,其资源没有被很好地利用。通过购买炭化炉设备对其高温炭化,既可以制备生物炭,也可以做成碳棒在日常生活中当煤炭使用。该研究只对其制备生物炭的价值进行分析,对于其额外价值暂不考虑。

目前,国内外研究者对生物炭在土壤中使用年限的问题研究较少,但是,生物炭性质稳定,大多数认为生物炭对土壤的影响将会长期存在 20 年以上,由此,该试验保守取稳定作用 10 年。市场上炭化炉价格各异,该研究采用中间价位的一款设备进行分析(表 5)。

表 5 制炭机械参数
Table 5 Mechanical parameters of carbon making

型号 Model	产量 Yield kg/d	功率 Power kW	班次 h	重量 Weight kg	外形尺寸 Shape size (mm×mm×mm)
1	2 400	1.5	8	5 000	3 300×2 000×2 200
2	1 600	1.5	6	3 000	3 000×1 700×2 000

设备采用自燃式直接加热制炭的方法,在炭化炉底设置一层稻壳或其他材料作为固定层,用引燃材料将固定层点燃;采用炉上连续加料,炉下引风法,装置上安装烟气回收装置,回收烟气可作液化气使用。炭化率为 40%~60%,设备价格为 9 000 元/台,设备寿命为 10 年,在其寿命期结束时通过卖废铁可得 500 元净利润。

由于农村地区生物秸秆容易得到,该试验仅计算炭化过程中电费部分和土地整理中的翻耕费用。1 hm² 地 10 000 m², 耕层厚度 20 cm, 土壤密度约为 1.367 g/cm³, 1 hm² 地的耕层土重量约为 10 000×0.2×1.367=2 734.00 t。宜昌地区农民工资平均为 100 元/d, 电价:第 1 档电量为基础电量从 0~2 160 kW·h, 电价按 0.57 元/(kW·h) 计价;第 2 档电量为 2 161~4 800 kW·h, 电价按 0.62 元/(kW·h) 计价;第 3 档电量为 4 801 kW·h 及以上电量,按 0.87 元/(kW·h) 计价。

表 6 1 hm² 田制炭费用
Table 6 Charcoal cost per hectare field

炭土配比 Ratio of biochar to soil//%	土地含炭量 Carbon content in land kg/hm ²	制备时间 Preparation time h	电费 Electricity fees 元/hm ²	合计 Total 元/hm ²
0	0	0	0	0
2	54 675	180	154.50	154.50
4	109 350	360	307.50	307.50
10	273 405	900	780.00	780.00

2.3 投资回报分析 动态经济评价指标不仅计入了资金的时间价值,而且考察了项目在整个寿命期内收入与支出的全部经济数据,因此,它们是比静态指标更全面、更科学的评价指标。净现值指标是对投资项目进行动态评价的最重要指标之一。该指标要求考察项目寿命期内每年发生的现金流量,按一定的折现率将各年净现金流量折现但同一时点(一般是期初)的现值累加值就是净现值。净现值的表达式如下:

(下转第 222 页)

的下降以及第三产业比重的上升都促使湖南省土地生态安全转向更优良的安全状态,说明农村经济结构对其影响重大。应重视农村经济结构的优化,鼓励农民重新择业,转移农村劳动力,加快农村经济结构从小农粗放型向产业效益型和服务型的转变。

第三,控制人口增长,保障持续改善。人口快速增长是土地生态安全的一个重要不安全因素,并且由于现代城市和工业发展对土地的需求,使得湖南省耕地面积难以大规模扩大,在此基础上,政府应控制人口在合理的生长范围内,同时制定合理的土地利用策略,保障土地生态安全状况的持续改善。

参考文献

- [1] 武彦斌,彭苏萍. 淮南市持续发展的生态安全评价[J]. 中国人口·资源与环境,2006,16(3):107-112.
- [2] 张虹波,刘黎明,张军连,等. 黄土丘陵区土地资源生态安全及其动态评价[J]. 资源科学,2007,29(4):193-200.
- [3] 李广娣,冯长春,曹敏政. 基于土地生态敏感性评价的城市空间增长策略研究:以铜陵市为例[J]. 城市发展研究,2013,20(11):69-74.
- [4] 戴虹,姚新春,周生路,等. 长三角经济发达区金坛市土地生态状况评价[J]. 农业工程学报,2013,29(8):249-257.
- [5] 任志远,黄青,李晶. 陕西省生态安全及空间差异定量分析[J]. 地理学报,2005,60(4):597-606.

- [6] 张宇,游和远. 基于P-S-R的土地资源生态环境安全评价:以湖北省为例[J]. 生态经济,2015,31(8):125-128.
- [7] 卓凤莉. 基于熵权系数和集对分析法的土地生态安全评价:以河北省为例[J]. 地域研究与开发,2012,31(6):111-114.
- [8] 程伟,吴秀芹,蔡玉梅. 基于GIS的村级土地生态评价研究:以重庆市江津区燕坝村为例[J]. 北京大学学报(自然科学版),2012,48(6):982-988.
- [9] 李玉平,蔡运龙. 河北省土地生态安全评价[J]. 北京大学学报(自然科学版),2007,43(6):784-789.
- [10] 徐美,朱翔,李静芝. 基于DPSIR-TOPSIS模型的湖南省土地生态安全评价[J]. 冰川冻土,2012,34(5):1265-1272.
- [11] 张军以,苏维钧,张凤大. 基于PSR模型的三峡库区生态经济区土地生态安全评价[J]. 中国环境科学,2011,31(6):1039-1044.
- [12] 刘庆,陈利根,舒帮荣,等. 长株潭城市群土地生态安全动态评价研究[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(10):1192-1197.
- [13] 胡石元,张赞,唐旭. 基于PSR模型的南方丘陵区土地整治可持续性评价:以武冈市为例[J]. 国土与自然资源研究,2017(5):16-21.
- [14] 于定勇,王昌海,刘洪超. 基于PSR模型的围填海对海洋资源影响评价方法研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2011,41(7/8):170-175.
- [15] 姚成胜. 基于压力-状态-响应(PSR)模型的江西省农地集约利用综合评价及政策建议[J]. 农业现代化研究,2010,31(3):312-316.
- [16] 张晓琴,石培基. 基于PSR模型的兰州城市生态系统健康评价研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(3):77-82.
- [17] 塔娜. 基于PSR模型的土地利用规划实施评价研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007.
- [18] 彭慧,昌亭,薛琳琳,等. 土地生态评价研究综述[J]. 国土资源科技管理,2013,30(6):28-35.

(上接第199页)

$$NPV = \sum_{i=1}^n (CI_i - CO_i) (1+i_0)^{-i}$$

式中, NPV为净现值; CI_i 为第*t*年的现金流入额; CO_i 为第*t*年的现金流出额; *n*为项目寿命年限; i_0 为基准折现率。

判别准则:对单一项目方案而言,若 $NPV \geq 0$,则项目应予接受;若 $NPV \leq 0$,则项目应予拒绝。根据前面资金流情况整理得到以下结果(表7)。

表7 投资10年间现金流量

Table 7 Cash flow of 10 years investment

炭土配比 Ratio of biochar to soil/%	设备投资 Equipment investment 元	节约水费 Saving water fee 元/($hm^2 \cdot a$)	设备残值 Residual value of equipment 元	电费投资 Electricity investment 元/($hm^2 \cdot a$)
0	0	0	0	0
2	9 000	70.125	500	154.50
4	9 000	121.125	500	307.50
10	9 000	165.750	500	780.00

由于农民一般会将现金存到银行,并不会将其投资。而且在农民生产生活过程中,手中要有一定的现金流,根据个人情况会将存款的储存年限设置不一,在该试验中去现金收益率为5年期存款利率2.75%。

以含炭率为0时, $NPV=0$ 为基准,分别计算出各含炭率下的NPV,通过模拟计算得到以下结果:

$$(P/A, 10, 2.75\%) = 8.640$$

$$(P/F, 10, 2.75\%) = 0.7624$$

$$2\%, NPV = -13.002$$

$$4\%, NPV = 6.174$$

$$10\%, NPV = 0.1188$$

3 结论

通过试验计算田间土地使用生物炭之后的节水效果,对于土地面积为13.33 hm^2 的水稻种植专业合作社,运用动态经济评价指标分析在生物炭添加量0%、2%、4%、10%情况下的收益情况。使用净现值法对4种独立方案进行评价,在只考虑生物炭对水的影响的条件下得出以下结论:生物炭施量在4%的时候,整体投资收益率最高,为92.61元/ hm^2 。虽然收益并不是很高,但对秸秆处理、灌区节水有重大意义。

参考文献

- [1] 周广春,孟维初,全东兴,等. 吉林省水稻生产及增产潜力研究[J]. 沈阳农业大学学报,2012,43(6):688-692.
- [2] 隋鹏举,侯立刚,赵国臣,等. 吉林省水稻节水栽培技术的研究[J]. 吉林农业科学,2005,30(6):11-12,33.
- [3] 张明生,王丰,张国平. 中国农业用水存在的问题及节水对策[J]. 农业工程学报,2005,21(S1):1-6.
- [4] GLASER B, LEHMANN J, ZECH W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review [J]. Biology and fertility of soils, 2002, 35(4): 219-230.
- [5] ASAI H, SAMSON B K, STEPHAN H M, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos I. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield [J]. Field crops research, 2009, 111(1/2): 81-84.
- [6] 吴璇,郑子成,李廷轩,等. 设施栽培下原状土与扰动土水分特性的试验研究[J]. 水土保持通报,2013,33(6):99-102.
- [7] 华信. 生物炭对稻田土壤持水保肥及水稻生长的影响研究[D]. 宜昌:三峡大学,2017:13-15.
- [8] 韩勇鸿,樊贵盛,孔令超. 土壤结构与田间持水率间的定量关系研究[J]. 太原理工大学学报,2012,43(5):615-619.