基于畜禽粪便制有机肥工艺的种养结合生态农业系统能值分析

孙育峰,张鹏飞,陈 博,蔡文超,胡建军　(河南农业大学农业部可再生能源新材料与装备重点实验室,河南郑州 450002)

摘要　种养结合农业生产模式已经成为现代生态农业发展的一种新趋势。选取以畜禽粪便制有机肥为中心环节的种养结合模式(模式Ⅱ)和单一养牛模式(模式Ⅰ),运用能值分析方法对两种农业模式的效益及其发展前景进行分析比较。结果表明,模式Ⅱ的能值自给率高于模式Ⅰ,说明能值的投入降低;模式Ⅰ的废弃物利用率0,模式Ⅱ为0.15,表明模式Ⅱ对环境的污染降低;模式Ⅱ的净能值产出率比模式Ⅰ提高了11%,反映出模式Ⅱ的经济效益也具有较高的优势;对于可持续发展指数,模式Ⅱ较模式Ⅰ提高了32%。因此,模式Ⅱ的环境压力小、可持续发展能力强,并且具有良好的经济效益。该研究为此模式的推广提供了科学依据。

关键词　生态农业;种养结合;能值分析;畜禽粪便
中图分类号　S216.1;S210.3　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2015)12 - 253 - 03

Emergy Analysis of Planting Breeding Agricultural Ecosystem Based on Livestock Excrements Producing Manure

SUN Yu-feng, ZHANG Peng-fei, CHEN Bo et al　(Key Laboratory of New Materials and Facilities for Rural Renewable Energy of Ministry of Agriculture, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract　The agricultural production model of planting breeding has become a new tendency about the modern eco-agriculture system, this paper selects a model of livestock excrements producing manure for the pivotal point of planting breeding (model Ⅱ) and another model of single breeding (model Ⅰ), analyzes and compares the benefit and development prospect of the two agricultural model by employing emergy analysis method. The results showed that the emergy self-sufficiency ratio of model Ⅱ is higher than that of model Ⅰ, suggests the emergy input reduce; The waste utilization of model Ⅰ is zero and the model Ⅱ is 0.15, shows that the model Ⅱ lowers contamination to the environment; The net emergy yield ratio of model Ⅱ was 11% higher than that of model Ⅰ, reflects the economic benefit of model Ⅱ has higher advantage; To the emergy sustainable indices model Ⅱ is 30% higher than model Ⅰ. Therefore, model Ⅱ possess that the environmental pressure is smaller and the ability of sustainable development is stronger, in addition, it has a good economic benefit, the research paper provides the scientific basis for the development of the model.

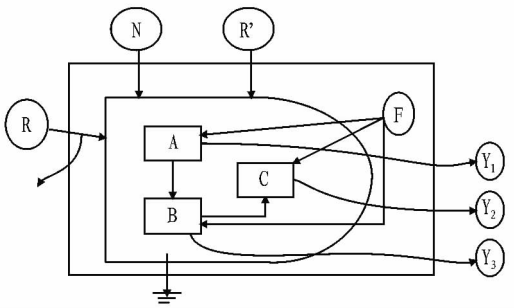
Key words　Ecological agriculture; Planting breeding; Emergy analysis; Livestock excrements

当前,我国的养殖业生产水平不断提高,综合能力显著增强[1]。畜牧业迅速发展的同时,畜禽粪便的产生量也在不断地增加。据调查显示,2009年全国畜禽粪便产生量为32.64亿t,据估算,2020年全国畜禽粪便的产生量将达到42.44亿t[2]。养殖场生产过程中排放的大量粪尿,由于得不到集中、有效的处理,对土壤、空气和水源等生态环境造成了严重的污染[3-5]。以畜禽粪便制有机肥为纽带的种养结合模式是当前解决粪便处理难的有效模式之一[6],运用一些特殊菌种进行分解处理,有效地调整畜禽粪便的营养成分比例,使之成为具有标准指标的有机肥[7]。

美国著名生态学家H. T. Odum经过长期研究,综合系统生态概念和度量标准,创立了能值理论和分析方法,通过对自然环境生产和人类经济活动进行统一评价,分析某个系统的功能、生态和经济效益[8]。在国内,骆世明等已经在能值理论及方法研究取得了不小的进展[9-12],能值分析方法已广泛应用于农业生态学[13]、城市生态系统[14]、区域生态系统[15]等发展的可持续性分析、评价。此方法为科学评估畜禽粪便制有机肥的种养结合生态农业系统的可持续性和经济效益提供了科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区域概况　该研究对象为河南省郑州市中牟县锦华牧业。该区域位于34.77° N,113.65° E,总占地面积26.67 hm^2,其中种植面积为13.33 hm^2。年均降雨量为624.5 mm,年均辐射量4 875.9 MJ/km^2,年平均气温14 ℃。该养殖场以养殖奶牛为平台,养殖数量为1 050头。养牛场的畜禽粪便进行干湿分离,运用河南金汇农业科技的有机肥生产工艺生产有机肥。有机肥大部分被施入种植区域,进行农作物的生产。此模式达到了资源的循环有效利用,并且改善了土壤的质量,提高了蔬菜的无公害化生产。以此种种养结合的复合农业生态循环系统模式为研究对象,记为模式Ⅱ,以单独养牛模式为参照,记为模式Ⅰ,对2种不同模式运用能值分析方法进行分析比较。模式Ⅱ的能流图如图1所示:



注:A为奶牛养殖;B为有机肥生产;C为蔬菜种植;F为不可更新工业辅助能;N为不可更新自然资源能;R为可更新自然资源能;R'为可更新有机能;Y_1、Y_2、Y_3为产出。

图1　模式Ⅱ能流分析图

1.2　研究方法

1.2.1　原始数据及处理方法。通过对研究区域资料和数据的收集,将其转换成统一单位(太阳能值),转换公式为:

$$EM = OD \times UEV$$

基金项目　农业部公益性行业(农业)科研专项(20130399);科技部国家科技支撑计划项目(2008BADC4B02)。
作者简介　孙育峰(1975 -),男,河南偃师人,副教授,博士,从事生态农业研究。
收稿日期　2015-03-17

式中,*EM* 为太阳能值,sej;*OD* 为原始数据;*UEV* 为能值转换率。模式Ⅰ和模式Ⅱ的原始数据见表 1。

表 1 模式Ⅰ和模式Ⅱ的原始数据

项目		模式Ⅰ	模式Ⅱ
可更新资源 E_{mR}	太阳光能//J	0	1.45×10^{15}
	雨水化学能//J	0	1.62×10^{9}
不可更新资源 E_{mN}	表土损失能//J	0	5.56×10^{9}
可更新有机能 E_{mR1}	饲料//kg	3.5×10^{6}	3.5×10^{6}
	水//J	0.56×10^{11}	0.84×10^{11}
	土//J	0	0.28×10^{11}
	人力//个	30	45
	种苗//美元	0	1.05×10^{5}
不可更新工业辅助能 E_{mF}	电力//J	1.75×10^{10}	2.19×10^{10}
	柴油//J	3.45×10^{8}	3.99×10^{8}
	农药//kg	0	0.50×10^{3}
	辅助原料//kg	0.66×10^{5}	1.45×10^{5}
反馈能值 $E_{mF'}$	有机肥//kg	0	4.00×10^{6}
	牧草//kg	0	0.40×10^{6}
产出能值 E_{mY}	牛奶//kg	1.6×10^{6}	1.6×10^{6}
	蔬菜//kg	0	2.4×10^{6}

注:可更新资源、不可更新资源来源于河南年鉴(2012 年),可更新有机能、不可更新工业辅助能、反馈能值、产出能值来源于实地调查。

1.2.2 能值指标及计算方法。针对生态农业循环系统,可以从资源的有效利用及可持续发展性等方面着手研究。因此,该研究所采用的能值指标包括能值投资率、能值产出率、能值自给率、废弃物资源利用率、环境负载率、可更新能源投入率及可持续发展指数。计算公式(表 2)来源于蓝盛芳等著的《生态经济系统能值分析》[10]。

表 2 能值指标公式计算

能值指标	计算公式
自然资源能值自给率	$EIR=(E_{mR}+E_{mN})/E_{mU}$
系统能值自给率	$E_{mF'}/E_{mU}$
废弃物资源利用率	$E_{mW}/(E_{mF}+E_{mR1})$
环境负载率	$ELR=(E_{mF}+E_{mN})/(E_{mR}+E_{mR1})$
净能值产出率	$EYR=E_{mY}/(E_{mF}+E_{mR1})$
可持续发展指数	EYR/ELR

2 结果与分析

2.1 两种模式能值流分析比较 依据能值分析有关计算方法及分析步骤,结合相应的数据,计算得出了两种不同模式的农业生产系统的投入产出的能值数据。具体的能值计算结果如表 3 所示:

2.2 能值指标分析 运用表 2 中的公式对表 3 中的数据进行处理,可以得出模式Ⅰ和模式Ⅱ的主要能值指标(表 4)。

2.2.1 自然资源能值自给率和系统能值自给率。能值自给率越高,系统对投入依赖程度越小。锦华牧业自然资源能值自给率模式Ⅰ和模式Ⅱ分别为 0 和 0.11,系统能值自给率模式Ⅰ和模式Ⅱ分别为 0 和 0.30,表明模式Ⅱ的自然资源能值自给率和系统能值自给率相对于模式Ⅰ的都在变大,说明模式Ⅱ对自然环境的利用程度增加,对经济性投入依赖降低。

2.2.2 废弃物资源利用率。系统的废弃物资源利用率反映

表 3 模式Ⅰ和模式Ⅱ能值投入产出结构 sej

项目		模式Ⅰ	模式Ⅱ
可更新资源 E_{mR}	太阳光能	0	1.45×10^{15}
	雨水化学能	0	0.23×10^{15}
	合计	0	1.68×10^{15}
不可更新资源 E_{mN}	表土损失能	0	1.98×10^{15}
可更新有机能 E_{mR1}	饲料	9.54×10^{15}	9.54×10^{15}
	水	0.86×10^{15}	1.29×10^{15}
	土	0	1.75×10^{15}
	人力	3.56×10^{15}	5.34×10^{15}
	种苗	0	5.17×10^{15}
	合计	13.96×10^{15}	23.09×10^{15}
不可更新工业辅助能 E_{mF}	电力	2.78×10^{15}	3.48×10^{15}
	柴油	2.55×10^{15}	2.95×10^{15}
	农药	0	0.81×10^{15}
	辅助原料	0.87×10^{15}	1.92×10^{15}
	合计	6.21×10^{15}	9.16×10^{15}
反馈能值 $E_{mF'}$	有机肥	0	7.82×10^{15}
	牧草	0	1.86×10^{15}
	合计	0	9.68×10^{15}
产出能值 E_{mY}	牛奶	26.54×10^{15}	26.54×10^{15}
	蔬菜	0	20.92×10^{15}
	合计	26.54×10^{15}	47.46×10^{15}

注:能值转换率主要参考蓝盛芳等所著的《生态经济系统能值分析》[10]。

表 4 模式Ⅰ和模式Ⅱ的主要能值指标比较

能值指标	模式Ⅰ	模式Ⅱ
自然资源能值自给率	0	0.11
系统能值自给率	0	0.30
废弃物资源利用率	0	0.15
环境负载率	0.44	0.37
净能值产出率	1.32	1.47
可持续发展指数	3.00	3.97

系统的废弃物给当前环境所带来的压力,其值越大,系统对环境的压力越小,对资源的有效利用程度越大。模式Ⅰ和模式Ⅱ废弃物资源利用率分别为 0 和 0.15,表明模式Ⅱ对废弃物进行了有效处理并加以利用,对系统的投入减小,可持续的发展起到了良好的作用。

2.2.3 环境负载率。环境的负载率指经济投入能值加上不可更新资源能值与可更新资源能值的比率。模式Ⅰ和模式Ⅱ的环境负载率分别为 0.44 和 0.37,表明模式Ⅱ的环境压力小,有巨大的发展潜力,应进一步加大能值投入。据发达国家统计,农业产值增加的 90% 是依靠科技技术,因此先进技术的应用是有效推动农业发展的有效途径。

2.2.4 净能值产出率。模式Ⅱ的净能值产出率为 1.47,高于模式Ⅰ的 1.32。说明模式Ⅱ具有较高的能值利用效率,生产成本低,因而在同等条件下,其产品在市场上具有较强的竞争能力。这是由于模式Ⅱ系统购买能值的投入比例较低,而生产消耗无偿的自然环境资源,如太阳能、雨水、土壤等的比例较高。

2.2.5 可持续发展指数。可持续发展指数即能值产出率与环境负载率的比值,作为兼顾系统社会经济效益与生态环境压力的系统可持续发展能力的复合评价指标。模式Ⅱ的可持续发展指数 3.97 高于模式Ⅰ的 3.00,表明模式Ⅰ的可持续发展

能力相对较差,系统的发展前景不够理想,模式Ⅱ的可持续发展能力较强,在市场的竞争力较为突出。

3　结论

(1)目前,锦华牧业采用的运作模式具有较高的现代化水平,能值自给率和废弃物利用率都有提升,直接性的经济投入下降。环境负载率下降 16%,对于响应国家的环境保护政策起到了很好的效果。

(2)锦华牧业运用模式Ⅱ进行生产,净能值产出率提升 11%,可持续发展指数提升 32%,表明此种种养结合的生态农业循环系统不仅在收益方面有所提升,对企业的长远发展也具有良好的作用。

参考文献

[1] 马永喜. 规模化畜禽养殖废弃物处理的技术经济优化研究[D]. 杭州:浙江大学,2010.

[2] 张田,卜美东,耿维. 中国畜禽粪便污染现状及产沼气潜力[J]. 生态学杂志,2012,31(5):1241 -1249.

[3] 彭里. 畜禽养殖环境污染及治理研究发展[J]. 中国生态农业学报,2006,14(2):19 -22.

[4] 郭冬生,彭小兰,龚群辉,等. 畜禽粪便污染与治理治理利用方法研究进展[J]. 浙江农业学报,2012,24(6):1164 -1170.

[5] 程绍明,马杨晖,姜雄晖. 我国畜禽粪便处理利用现状及展望[J]. 农机化研究,2009(2):222 -224.

[6] 王占伟,刘茂军,冯志新,等. 种养结合养猪新模式的研究[J]. 江西农业学报,2013,25(3):93 -95.

[7] 廖青,韦广泼,江泽普,等. 畜禽粪便资源化利用研究进展[J]. 南方农业学报,2013,44(2):338 -343.

[8] ODUM H T. Environmental Accounting:Emergy and Environmental Decision Making[M]. New York:John Wiley &Sons,1996:57 -58,85 -96.

[9] 骆世明. 农业生态学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.

[10] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002.

[11] 蓝盛芳,ODUM H T,刘新茂. 中国农业生态系统的能量流动和能值分析[J]. 生态科学,1998,17(1):32 -39.

[12] 闻大中. 农业生态系统能留的研究方法[J]. 农村生态环境,1986(1):52 -56.

[13] 刘继展. 江苏省农业系统能值投入产出分析及预测[D]. 镇江:江苏大学,2001:21.

[14] 陆宏芳,蓝盛芳,俞新华,等. 城市复合生态系统能值整合分析研究方法[J]. 城市环境与城市生态,2005,18(4):34 -37.

[15] 赵俊锐,朱道林. 基于能值分析的土地开发整理后效益评价[J]. 农业工程学报,2010,26(10):337 -344.

(上接第 232 页)

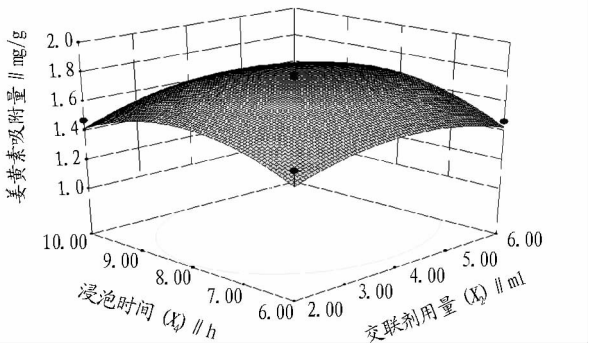


图 9　$Y=f(X_2, X_4)$ 的交互影响

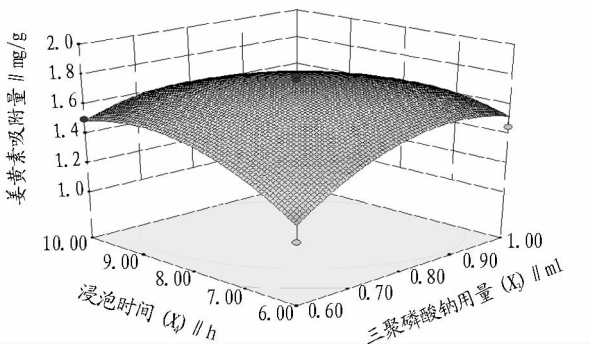


图 10　$Y=f(X_3, X_4)$ 的交互影响

左右时,吸附量出现峰值,同时三聚磷酸钠用量为 0.8 ml 时,响应值变化最大,即可获得较高的吸附量。乳化剂用量和交联剂用量相互作用也较为显著如图 5 所示,表现为曲线较陡。在保证吸附量的前提下,可根据实际情况适当的增加乳化剂用量而减少搅拌时间。而三聚磷酸钠用量(X_3)和浸泡时间(X_4)次之,表现为曲线较为平滑,且随其数值的增加,响应值变化较小。

2.3　模型验证　为检验模型预测的准确性,依据响应面优化得到的最佳工艺条件,将考察的因素设定为:乳化剂用量 0.599 g,交联剂的用量为 3.001 ml,三聚磷酸钠用量为 0.8 g,浸泡时间为 8.5 h,经过 4 次验证试验,得到阴离子微球吸附姜黄素的量为 2.367 mg/g,与模型预测值相差 0.035 mg/g,与理论值基本相符。

3　结论

研究得出,乳化剂用量、交联剂用量、三聚磷酸钠用量和浸泡时间对阴离子微球吸附姜黄素影响均显著,其中乳化剂用量和三聚磷酸钠用量较为显著。阴离子微球吸附姜黄素的最佳工艺条件为乳化剂用量 0.599 g,交联剂的用量为 3.001 ml,三聚磷酸钠用量为 0.8 g,浸泡时间为 8.5 h,此条件下,阴离子微球吸附姜黄素的量为 2.367 mg/g,说明响应面法适用于阴离子淀粉微球对姜黄素吸附量进行参数优化,对于指导阴离子微球作为药物载体提供理论和实践上的参考。

参考文献

[1] 肖昊江,宁青菊,李仲谨,等. 反相悬浮法制备交联阳离子型淀粉微球[J]. 陕西科技大学学报,2007,25(4):32 -35.

[2] 张燕萍. 变性淀粉制造与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2001:1 -2.

[3] 林观祥,潘晓军,王贤亲. 姜黄素多孔淀粉微球的制备[J]. 海峡药学,2008,20(9):25 -26

[4] YANIKA WATCHARATEWINKUL, CHUREERAT PUTTANLEK, VILZI RUNGSARDTHONG, et al. Pasting properties of a heat-moisture treated canna starch in relation to its structural characteristics[J] Carbohydrate Polymers,2009,75(3):505 -511

[5] JENNY YUE ZUO, KAI KNOERZER, RAYMOND MAWSON, et al. The pasting properties of sonicated waxy rice starch suspensions[J]. Ultrasonics Sonochemistry,2009,16(4):462 -468.

[6] BLASZCZAK W, BIDZINSKA E, DYREK K, et al. Effect of high hydrostatic pressure on the formation of radicals in maize starches with different amylose content[J]. Carbohydrate Polymers,2008,74:914 -921.