

农业生态工程中人工辅助能 产投比的计算分析研究*

卞有生¹, 柳英昆², 卞晶³

(1. 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037; 2. 河南省新县环境保护局, 河南新县 465550;

3. 北京市统计局, 北京 100054)

[摘要] 人工辅助能产投比的高低从总体上反映了农业生态系统的功能和生产效率, 是系统结构功能的体现, 是评价农业生态工程的重要指标。文章以河南新县 10 户农民为案例, 具体介绍了人工辅助能产投比的计算研究方法, 并报告了连续 3 年的研究结果。

[关键词] 农业生态工程; 能量产投比

[中图分类号] F323.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)08-0028-05

任一生态系统, 总是不断地和周围环境进行着能量交换, 都有它独特的能量输入与输出方式。天然生态系统的能量输入主要是太阳能, 人工生态系统则除了太阳能之外, 还存在其他多种形式的附加能输入。这种人为投入的附加能称为人工辅助能。对于人工生态系统, 辅助能的投入具有极其重要的作用, 是维持系统运转, 保证系统产出所不可缺少的。

一个生态系统的能量产出情况, 一方面决定于投入能量的多少, 一方面则决定于该系统的结构是否合理和功能是否高效。所以一个系统的能量产出情况是衡量其结构功能的最重要的指标之一^[1-3]。例如生态农业系统中, 农田系统的能量产投比是判定其是否高产、稳定的重要标志; 饲养场的能量产投比可以判定牲畜种群能量转化效率的高低。因此, 通过对系统的能量产投比进行细致深入的研究, 可以分析系统中各个环节的优势或弊端, 可以更好地发扬该系统的长处或采取更有效的措施弥补其不足, 以达到完善整个系统、提高系统的经济效益和生产力的最终目的。

对河南新县 10 户农户家庭生产过程中能量产投情况的测定, 取得连续 3 年的完整数据, 并对该

系统的人工辅助能产投比进行了分析和研究。

1 基本假设与计算方法^[1,4,5]

1.1 基本假设

1) 新县农业生态工程的子系统包括种植业、饲养业、加工业、沼气池和农户 5 个子系统。每个一级子系统又由若干个亚子系统组成, 如种植业子系统包括水稻、油菜等亚子系统。饲养业子系统包括鸡、猪等亚子系统。

2) 系统能量产投比的计算采用最常用的投入-产出法, 由亚子系统、子系统、全系统逐级进行, 本研究只涉及两个最重要的子系统, 即种植业子系统和饲养业子系统, 并且根据惯例, 输入能中不计入太阳能, 只涉及人工辅助能。对种植业来说, 输入能主要包括有机能(种子、人力、畜力、有机肥等)和无机能(电、柴油、机械、化肥、农药等); 输出则指农产品及副产品。饲养业的能量输入主要是饲料、人工等; 输出则是指经过畜体加工转化而来的肉、蛋以及产生的粪尿等。

3) 生态系统与其他任何系统一样, 都是有边界的。种植业各亚子系统则是以各种植物的种植地块边界为其系统边界; 饲养业则以各种牲畜的饲养

* 该项目是“十五”期间国家环保总局重点研究课题“贫困山区可持续发展能力建设研究”的一部分, 获 2004 北京市科技进步二等奖

[收稿日期] 2005-07-10

[作者简介] 卞有生(1937-), 男, 江苏镇江市人, 北京市环境保护科学研究院研究员

场边界为其系统边界。

1.2 计算方法

人工辅助能产投比的计算，分种植业和饲养业两个子系统进行，每个系统又分为多个亚系统进行。每项能量的测定，除电、柴油、人工、畜力等以外，均由实际样品开始，分别测定、计算，然后逐级汇总，计算得全系统的能量产投比。

下面以 2002 年游光尧户种植业的水稻生产和饲养业的猪生产为例，介绍具体计算方法。

1.2.1 水稻生产人工辅助能产投比的计算 2002 年，游光尧户水稻种植面积为 0.227 hm²。生产过程中，使用稻种 20 kg，投入劳动力 26 个工作日，畜力 9 个工作日，有机肥 1 000 kg（其中猪粪 500 kg、牛粪 500 kg），化肥 265 kg（其中氮肥 220 kg、磷肥 40 kg、尿素 5 kg）。使用农药 0.475 kg（其中甲醛 0.35 kg、除草剂 0.125 kg），秧田抽水灌溉用电 80 kW·h，机械脱粒花费 34 元，耗费柴油 2 kg，机油 0.17 kg。在能量输出方面，共收获稻谷 1 400 kg，稻草 1 000 kg，根茬 400 kg。

对投入与产出的能量逐项计算，最后得出游光尧一户水稻子系统的能量产投比为 2.168。具体计算如图 1 所示。

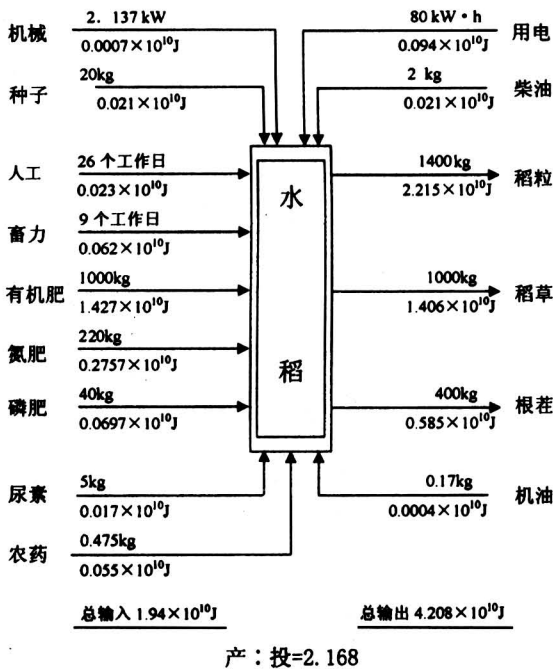


图 1 2002 年游光尧水稻生产人工辅助能产投比 Fig.1 The output-input ratio of artificial supplementary energy of rice productivity in 2002

种植业其他各亚子系统均按同样方法计算。

1.2.2 2002 年游光尧户猪养殖人工辅助能产投比的计算 猪养殖的生产过程中，投入的能量为 1 头子猪 22.5 kg，饲料 1 450 kg（其中米糠 900 kg、麸子 150 kg、红薯 400 kg），劳动力 10 个工作日，另外其他投入 24 元。在能量输出方面，出售成猪 160 kg，猪粪尿 1 400 kg。

对投入与产出的能量逐项计算，最后得出游光尧一户猪养殖子系统的能量产投比为 1.068。具体计算见图 2。

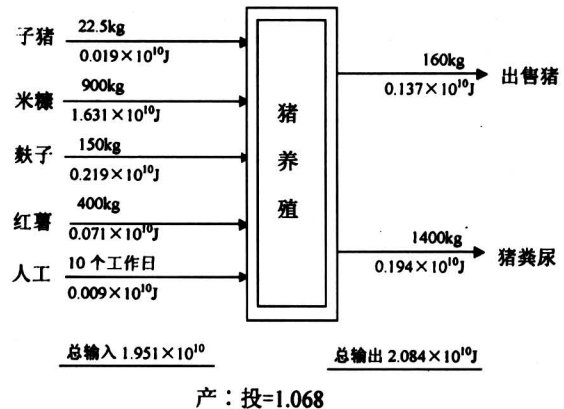


图 2 2002 年游光尧猪养殖人工辅助能产投比 Fig.2 The output-input ratio of artificial supplementary energy of pig farm in 2002

饲养业其他亚子系统的能量产投比计算按同样方法进行。

分别计算 10 户农民各亚子系统能量产投比，进行累加计算，可以得出各年度 10 户典型农户系统的能量产投比。

2 结果

2.1 2000 年 10 户农民人工辅助能产投比计算结果

2000 年 10 户农民各子系统人工辅助能产投比计算结果列于表 1 和表 2。

表 1 2000 年种植业子系统人工辅助能产投比

子系统名称	投入能			产出能	产/投
	有机能	无机能	合计		
水稻	4.127	3.938	8.065	35.574	4.41
油菜	6.744	1.232	7.967	18.196	2.28
总计	10.871	5.170	16.032	53.770	3.35

表2 2000年饲养业子系统人工辅助能产投比

Table 2 The output-input of artificial supplementary energy of animal husbandry sub-system in 2000

子系统名称	投入能			产出能	产/投
	有机能	无机能	合计		
	猪	17.085	—		
鸡	2.557	—	2.557	1.027	0.40
总计	19.642	—	19.642	17.145	0.87

2.2 2001年10户农民人工辅助能产投比计算结果

2001年各子系统设置与2000年相同,10户农民各子系统人工辅助能产投比计算结果列于表3和表4。

表3 2001年种植业子系统人工辅助能产投比

Table 3 The output-input of artificial supplementary energy of planting sub-system in 2001

子系统名称	投入能			产出能	产/投
	有机能	无机能	合计		
	水稻	2.987	4.139		
油菜	9.142	2.636	11.778	22.584	1.92
总计	12.129	6.775	18.904	53.587	2.83

表4 2001年饲养业子系统人工辅助能产投比

Table 4 The output-input of artificial supplementary energy of animal husbandry sub-system in 2001

子系统名称	投入能			产出能	产/投
	有机能	无机能	合计		
	猪	15.093	—		
鸡	1.265	—	1.265	0.508	0.40
总计	16.358	—	16.358	15.818	0.97

2.3 2002年10户农民人工辅助能产投比计算结果

2002年各子系统设置与2000年相同,各子系统人工辅助能产投比计算结果列于表5和表6。

2.4 2000—2002年新县10户农民人工辅助能投入产出情况汇总(表7)

3 讨论与结论

1) 用人工辅助能产投比作为评价一个农业生态工程生产效率和农业可持续发展水平的指标,已

表5 2002年种植业子系统人工辅助能产投比

Table 5 The output-input of artificial supplementary energy of planting sub-system in 2002

子系统名称	投入能			产出能	产/投
	有机能	无机能	合计		
	水稻	3.128	3.040		
油菜	9.471	1.234	10.705	18.398	1.72
总计	12.599	4.274	16.873	52.928	3.14

表6 2002年饲养业子系统人工辅助能产投比

Table 6 The output-input of artificial supplementary energy of animal husbandry sub-system in 2002

子系统名称	投入能			产出能	产/投
	有机能	无机能	合计		
	猪	19.372	—		
鸡	2.354	—	2.354	0.481	0.20
总计	21.726	—	21.726	19.807	0.91

得到国内外学术界的普遍认可。因为它从根本上反映了生态系统的效率,是一个生产系统结构与功能的总的体现。

衡量一个农业生态工程的建设成效和农业可持续发展能力的指标有许多种,不仅包括一般的经济效益指标,而且还包括生态效益和社会效益指标,是一个内容十分丰富的指标体系^[5-7]。尽管目前尚未见到这样一个完整的体系,但是它必须包括能量产投比这一指标是公认的。因为能量产投比是一个生态系统功能的反映,它和系统结构的合理性、系统的经济效益是紧密联系在一起。但它又不是唯一的评价指标,例如传统农业的辅助能投入很低,从能量的角度看是比较合理的,但其产出低,经济效益差;而现代农业经济效益高,但其投入的能量也高,所带来的问题也多。这两种极端都是现代生态农业所不可取的。因此既不能单独从经济效益,也不能单从能量的角度进行比较和评价,而必须同时从两个方面进行分析与比较。

任何一个生产系统,特别是农业生产系统,都是一个复杂的生态系统。生态系统最基本的特征,或者说基本功能,一个是能量流动,一个是物质循环,离开了这两点,就不能称其为生态系统。同样,离开了对这两点的研究分析,也谈不上对生态

表 7 2000—2002 年新县 10 户农民人工辅助能投入产出总表

Table 7 The output-input of artificial supplementary energy of Xin Xian 10 peasants in 2000—2002

户名	年份	总能量投入/ 10^{10} J	总能量产出/ 10^{10} J	产投比	
				每年每户	平均
游光尧	2002	6.915	6.589	0.952	1.842
	2001	4.697	7.934	1.689	
	2000	1.897	5.473	2.885	
游启志	2002	1.399	3.468	2.478	2.271
	2001	2.728	4.882	1.789	
	2000	3.224	8.210	2.546	
游光华	2002	3.948	8.576	2.172	2.797
	2001	1.521	5.042	3.314	
	2000	2.712	7.881	2.905	
刘开荣	2002	3.700	10.467	2.828	2.395
	2001	3.612	8.936	2.473	
	2000	5.009	9.443	1.885	
胡九根	2002	4.404	9.480	2.152	2.048
	2001	3.664	8.591	2.442	
	2000	3.718	5.765	1.550	
游光忠	2002	2.605	8.517	3.269	2.058
	2001	5.628	7.959	1.414	
	2000	5.306	7.917	1.492	
游光钊	2002	1.010	5.451	5.397	4.268
	2001	2.310	5.370	2.324	
	2000	0.978	6.441	6.585	
游光朝	2002	1.292	7.792	6.030	6.849
	2001	0.571	4.396	7.688	
叶立祥	2002	6.061	8.600	1.418	2.891
	2001	1.115	3.307	2.965	
	2000	0.751	3.222	4.290	
叶立华	2002	9.595	13.806	1.438	1.331
	2001	8.695	11.847	1.362	
	2000	9.909	11.840	1.194	
10 户总计	2002	10965	82.746	2.019	2.02
	2001	33.209	68.624	2.066	
	2000	33.504	66.192	1.975	

系统的研究分析。生态系统有各种各样的分类法(如功能分类、地区流域分类,等等),但最本质的分类是按能量进行的分类。因此,对生态系统的研究,不能不把能量流动情况、能量投入产出情况作

为一个重要内容加以讨论。英国的沃辛顿教授说:除非对每一系统的产量用净能量的产出来表示,否则是无法进行比较、进行评价的^[8]。

当今社会中,企业与社会普遍重视一个系统的经济效益,而忽视其所带来的环境和生态问题。笔者认为,生产者与经营者在追求经济利益最大化的同时,也应考虑其所带来的多方面的影响,如环境污染、生态破坏与资源浪费所造成的负面影响。这不仅是漂浮在一个系统的表面不合理现象,它更本质地反映了整个系统的结构不合理,这种不合理会直接或间接地延伸影响到整个系统的经济效益。也就是说,存在于这种系统中的人工辅助能产投比高低、结构是否合理与通常意义的经济效益的高低是密不可分的。所以,既要抓整个系统的经济效益指标,更要抓住其生态效益指标,如人工辅助能产投比数据指标,只有把两者紧密地结合起来;才能更好地完善整个人工生态系统。

2) 本研究中能量产投比的计算,采用最简单也是最常用的投入-产出法,在计算过程中分别以种植业中的某一作物或饲养业某一家禽的饲养场为该系统的计算边界,这样做的优点是:边界比较清楚,计算准确,可以反映每一子系统的生产(及生态)效率,反映出各子系统间的联系及相互影响和各子系统对系统总体的贡献。

3) 研究结果表明,从系统总体看,10户家庭总的人工辅助能产投比都远高于1,其中2000年为1.99,2001年为2.01,2002年为1.88。各年度的不同,是和当年的生产情况紧密相连的,比如当年气候如何,投入情况,将直接影响种植业的产量,从而影响到植业的产投比;而饲养业的管理及饲料状况直接影响饲养业产投比,都会对总的产投比形成影响。

为了评价新县生态农业建设在人工辅助能产投比方面的效果,将新县与北京留民营村做一比较,(留民营是我国开展生态农业建设研究最早的村庄,也是系统进行能量流、人工辅助能产投比等理论研究分析的单位,获得的结果得到国内外一致的公认,并予以高度评价)。比较结果列于表8。从整体上看,新县比留民营生态农业系统1983—1985人工辅助能产投比数据高了将近1倍(留民营生态系统人工辅助能产投比1985年为1.2,1984年为1.0,1983年为1.33,如表8所示),这充分说明,新县在产业结构调整、提高农业科技含量、改变农

业经营管理方式和生产模式产生的结果,充分反映了新县农业可持续发展能力的提高,也反映了当前我国农业在科学种田、先进技术的应用方面较之上世纪80年代有了巨大进步。

表8 新县与留民营人工辅助能产投比的比较

Table 8 Comparison of artificial supplementary energy between Xin xian and Liu min ying

单位	行业	产投比	
		分项产投比	总体产投比
新县	种植业	4.599	2.686
	养殖业	0.774	
留民营	种植业	2.312	1.401
	养殖业	0.491	

注:表中所有数据均为3年的平均结果

4) 从不同行业看,种植业各年度的产投比为2000年3.35,2001年2.83,2002年3.14,总的看来,3年的能量产投比都是相对较高的(参见表1、表3、表5)。

2001年种植业产投比明显低于2000年和2002年,2000年最高,2002年次之,主要原因是2001年新县遭受历史上百年不遇的旱灾,导致水稻和油菜产量下降,从而直接导致当年种植业能量产投比下降,2002年是继2001年大灾害后的生产恢复增长期,能量产投比较2001年增长了10.95%。

在总投能中,有机能投入比例为2000年67.8%、2001年64.2%、2002年74.2%,这反映在新县生态农业系统中,有机能的投入比较高,对于提高产品品质和保护耕地十分有利。

在种植业各亚子系统中,能量产投比的差距也较大。其中水稻的能量产投比明显高于油菜,3年水稻能量产投比分别为4.41,4.35和5.60,分别比油菜高0.93倍、1.27倍和2.26倍。这说明,要进一步提高种植业的能量产投比,必须努力提高油菜的能量产投比。这就要求从油菜生产的管理、肥料结构等方面加以改进。

5) 从饲养业的情况来看,一般情况下,畜禽为了维持自身生活的需要及活动,消耗较多的能量,因此总的产投比往往低于种植业。在本研究中各年度总的人工辅助能产投比为:2000年0.87,2001年0.97,2002年0.91(参见表2、表4、表6),3年的能量产投比均比较低。其中,猪养殖的能量产投比较高,2000年为0.94,2001年为1.01,2002年为0.99,这说明,猪养殖系统是健康的。而鸡饲养业很低,其中以叶立华一户2002年鸡养

殖产投比最低为0.108,而最高的游光华一户2002年鸡养殖也只有0.8,这主要是由于一家一户生产中鸡饲养规模过小,投入过多,各户在饲养时,过于闲散,疏于管理,不能有效地利用资源,导致能量的流失和浪费。为此应改变经营方式,采取集中、集约式经营,不仅可以减少劳动力的投入,还可以节约能源,增加输出量,达到少投入多产出,提高人工辅助能产投比。

由研究结果及以上讨论,可以得到如下的结论:

1) 系统能量产投比是衡量农业生态工程系统结构功能和建设成效的重要指标。新县10户农民人工辅助能产投比,优于北京留民营村,充分说明了新县近几年实行农业结构改革的作用,反映了新县农业生产可持续发展能力的提高。

2) 种植业的能量产投比总的来看是相当高的。但内部各子系统间差距比较大,水稻达到高产水平,而油菜相对水稻要低得多。今后,应降低无机能及人工辅助能的输入,加强管理,改进种植制度,提高油菜等亚子系统的能量产投比。

3) 饲养业中猪养殖的能量产投比几年来一直比较高,且比较稳定,应当继续保持当前的饲养方式和制度。相对猪养殖,鸡养殖的能量产投比要低得多,因此,应建立有效而节能的集约式大规模鸡场,以提高人工辅助能产投比。

参考文献

- [1] 卞有生.留民营生态农业系统[M].北京:中国环境科学出版社,1988.246~261
- [2] 王祖望主编.能量生态学[M].长春:吉林科学技术出版社,2001.247~252
- [3] 卞有生,宋秀杰.能量生态学在农业生态系统研究中的应用[J].农村生态环境,1994,10(1):9~12
- [4] 卞有生.留民营生态农业系统的能量流分析[J].中国环境科学,1987,(7):19~21
- [5] 闻大中.农业生态系统的研究方法[J].农村生态环境,1986,(1):52~6
- [6] 李元,等.农业生态系统综合评价指标体系的研究[J].生态经济,1994,(2):36~40
- [7] E·P·奥德姆著.生态学基础[M].朱靖,等译.北京:人民教育出版社,1981.43~47
- [8] 金冬霞,等.大中型农业生态经济价指标及评价方法[J].农村生态环境,1994,10(2):10~14
- [9] Worthing T M. Agriculture and Environment 1981, 6, 349~381

(下转第44页)

Enhancement Effect Towards Heat Transfer of Rotary Kiln by Intermittent Contact Between Material and Kiln Wall

Lei Xianming¹, Xiao Yougang²

(1. *Department of Machine and Energy Engineering, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422004, China*; 2. *Key Lab of Railway and Traffic Safety, Central South University, Changsha 410075, China*)

[**Abstract**] In rotary kiln cluster moves against kiln wall. According to this feature, transient thermal conductivity of cluster and contact heat transfer coefficient of boundary between cluster and kiln wall are deduced, then heat transfer coefficient between material and covered wall is obtained. Combined with other research harvests, the heat transfer model of rotary kiln is established. The results can be shown as follows: the temperature of material is lower when the enhancement effect towards heat transfer of rotary kiln by intermittent contact between material and kiln wall has been ignored; the higher the temperature, the greater the influence of enhancement effect on material temperature; it is beneficial to improving the quality of clinker and thermal efficiency of rotary kiln when the enhancement effect has been considered.

[**Key words**] material; covered wall; heat transfer; enhancement effect

(cont. from p.32)

The Analysis on Output-input Ratio of Artificial Supplementary Energy in Agro-eco-engineering

Bian Yousheng¹, Liu Yingkun², Bian Jing³

(1. *Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China*;
2. *Henan Xinxian Municipal Environmental Protection Bureau, Xinxian, Henan 465550, China*;
3. *Beijing statistical Bureau, Beijing 100054, China*)

[**Abstract**] The output-input ratio of the artificial Supplementary energy reflects the function and productivity of an agro-eco-engineering as a whole. It is one of the important indicators measuring the effects of an agro-eco-engineer. The output-input ratio for artificial supplementary energy of Henan Xinxian's 10 peasant families has been calculated successively for three years.

[**Key words**] agro-eco-engineering; output-input ratio of energy