

能量生态学在农业生态系统研究中的应用

——胜利油田生态农场能量流分析

卞有生 宋秀杰 (北京市环境保护科学研究所,北京 100037)

5181

摘要 本文以能量生态学原理为指导,应用投入产出法对胜利油田生态农场系统内能量流动及能量利用效率进行了计算分析。从中发现了系统生产的薄弱环节和在能量利用方面的问题,并提出了调整系统内部产业结构和能量投入结构的措施,为今后系统生产力及能量转化效率的提高,提供了科学依据。

关键词 能量分析 生态农场 农业生态系统

Application of energy analysis to the construction of Shengli Oil Field Ecological Farm. *Bian Yousheng and Song Xiujie* (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037); *Rural Eco-Environment*, Vol. 10, No. 1, 1994, pp. 9-12

Abstract On the basis of energy ecology theory and input-output method, the energy flow and utilization efficiency in Shengli Oil Field Ecological Farm are analyzed and calculated. The shortage of system production and problems in energy utilization are summarized. Suggestions for the adjustment of industrial and energy input structures within system are proposed. This study provides a scientific basis for raising the productivity and energy conversion efficiency of system.

Key words energy analysis, ecological farm, agricultural ecosystem

1 能量分析在农业生态系统中的地位及作用

随着生态科学的发展,作为生态学研究有效手段的能量分析也应运而生。近30年来,侧重于生态经济系统的能量分析研究取得了令人瞩目的成果。能量分析也从最初生态系统各个单向食物链关系中能量流向的分析,转向大系统的稳定性、系统与系统间和谐性的研究。通过对系统内能量流动及转化水平、系统与系统之间相互制约关系的精确评价,从实质上把握生态经济复合系统的演变方向和规律。能量分析

与人们对市场变化的经济分析相互映照,在全球性战略和长远规划中发挥着愈来愈重要的作用,成为当代生态学,经济学的重要研究方法。

农业生态系统是一个生命系统。它的功能首先是生产出供一切消费者消费的初级生产物——作物的主副产品。然后,部分初级产品经过农业畜禽的再次转化,为人类提供可利用价值更高的畜禽产品。从生态学的角度看,农业生态系统进行初级和次级生物生产的实质是能量流动与物质的循环转化。生态系统的平衡水平决定着系统的生产力,而系统的平衡水平在很大程度上又取决于系统内部能量和物质转移循环的水平。同时,农业生态系统又是一个受自然、社会双重规律支配的自然—经济系统,是由人所控制和管理的生态系统,因而其能量流动特征就不同于自然生态系统。人们为了获取较高的生产力,通过各种途径,以各种方式,影响和干扰生态系统。人们对农业生态系统的调控和管理,如对农田的耕作、除草和施肥等,实质上是对农业生态系统施加除太阳能以外的其它附加能量。这些附加能量的输入,不但对农作物转化太阳能为生物质中的化学能过程产生很大影响,同时,也控制着这些化学能的进一步转化和分配。不仅调节了生态系统内部结构及能量流动,而且也增强了系统的稳定性,提高了系统的功效。是农业生态系统生产力提高和持续发展的重要基础。因此,在研究农业生态系统能量利用时,必须将这些附加能量作为重点加以考虑。

对一个具体的农业生态系统来说,就是运用能量分析法计算分析系统的能量流动及人工辅助能产投情况,发现系统中某一部位,某一环节所存在的问题。调整系统内部结构,采取有效措施,提高系统生产力及能量转化效率,更好地发挥能量分析在探讨农业生态系统功能特征中的作用,以评价一个地区自然资源开发利用的合理性。本文对胜利油田生态农场能量流动及利用效率的分析,就是能量生态学在农业生态系统研究中应用的一个实例。

2 胜利油田生态农场能量流分析

任何系统都是有边界的,农业生态系统也一样。本系统能量流分析以胜利油田生态农场所辖区域为整个系统的边界。种植业、畜牧水产养殖业分别为系统的二个子系统。种植业子系统以各种作物种植地块为边界,畜牧水产养殖业子系统以各畜禽场点及鱼虾养殖区为边界。

2.1 初级生产力的能量输入与输出

初级生产力的能量输入包括两部分,自然输入能和人工辅助能。前者主要是太阳能,后者包括直接生理能和间接生理能。直接生理能是指那些直接影响植物光合作用,不经过机械的或人工的中间转换环节的附加能量,如化肥、有机肥、种子和饲料等。间接生理能则是指那些通过改善生态环境条件而间接影响植物光合作用的电力、燃料、农机、人力等。

研究区地处山东省东营市,年均辐射总量 $3.517\text{MJ}/\text{cm}^2$,生态农场现有粮田 800ha ,菜园 21ha ,果园面积 109.3ha 。农田实行一年二熟的耕作制度,因此,可视全年均为作物的生长季。农场粮田全年共接受太阳辐射能 41.3PJ ,菜园全年共接受太阳辐射能 1.08PJ ,果园全年共接受太阳辐射能 5.64PJ ,全年耕地接受太阳辐射能 48.01PJ ,系统直接生理能输入 129TJ ,间接生理能输入 29.5TJ ,系统初级生产人工辅助能输入 159TJ 。

初级生产力的能量输出包括小麦、玉米、高粱、大麦、蔬菜及水果的经济产出和非经济产出,总计 273TJ 。

2.2 次级生产力的能量输入与输出

输入能包括饲料、鱼虾幼苗及畜禽的年初存栏,人力、电力、燃料和机械。

全年次级生产的人工辅助能总输入 147TJ 。

输出能包括鸡肉、鸡蛋、猪肉、牛羊肉、鱼虾、产仔育雏、年末存栏及畜禽粪便。

次级生产全年第一性产品产出能 20.0TJ ,积肥折能 24.3TJ ,总产出能 44.3TJ 。

2.3 系统能量分析的生态指标

系统光能利用率(E):耕地光能利用率为 0.57% ,粮田作物光能利用率为 0.62% ,能量转换效率为 1.07% (一般小于 1.5%)。

初级生产直接生理产投比(R_1)为 1.55 。

初级生产能量产投比(R_1')为 1.26 。

初级生产生物能输入占总输入能比例为 57% 。

次级生产能量产投比(R_2)为 0.30 。

次级生产饲料转化率(R_2')为 18.13% 。

整个系统人工辅助能产投比(R)为 0.72 。

初级生产有机能投入占总输入能比例为 60.23% 。

初级生产间接生理能产投比为 6.8 。

2.4 结果分析与讨论

通过对系统的能量流分析可以看到,整个系统能量流动是由初级生产者接受太阳能开始,通过外界投入的大量人工辅助能,把太阳光能转化成生物质能。生物质能在系统内部流动,一部分供人们消费,一部分作为次级生产的饲料进入畜牧水产养殖子系统中,另一部分非经济产品产出能又回到种植业子系统内部,在种植业子系统内部流动。小麦秸秆作为玉米子系统中生物能的输入,参与玉米子系统的能量流动,玉米秸秆就地还田又进入下一年小麦子系统的能量流动。同样,高粱秸秆还田,其能量输入大麦子系统中,大麦秸秆能量,又返回高粱子系统,参与其系统的能量流动。初级生产的部分产品在参与畜牧水产养殖子系统能量流动的同时,消费者畜禽即次级生产者又把排泄的粪便,部分地投入到种植业子系统中,参与种植业子

系统的能量流动。整个系统能量的投入产出见表 1。

表 1 胜利油田生态农场生态系统能量流分析

Tab. 1 The energy flow analysis to the agricultural ecosystem of Shengli Oil Field

项 目	种植业	畜牧、水产、	合计
	子系统	养殖子系统	
太阳能输入	48050	—	48050
直接生理能输入	129	—	242
间接生理能输入	30	—	66
人工辅助能总输入	159	149	308
经济能产出	121	20	141
非经济能产出	152	24	176
总产出能	273	44	317
光能利用率(%)	0.62	—	0.62
直接生理能产投比	1.55	—	0.91
间接生理能产投比	6.80	—	3.34
人工辅助能产投比	1.26	0.30	0.72
能量转换率	1.07	—	—

单位:TJ

从表 1 中可以看出,初级生产的光能利用率和能量转换效率较高,分别达到 0.62% 和 1.07%,居全国中等水平。这不仅是一年二熟耕作制度在光能利用方面的积极成果,也是人工辅助能大量投入所带来的生态效益。从整个系统生物能利用情况来看,秸秆全部还田,畜禽粪便也能利用,但还存在浪费。种植业子系统生物能的投入占总能量投入的 57%。就目前来看,农场生物能如能充分利用,基本能满足粮田所需,说明农场生态系统内部尚具有较高的自给能力。从这一点看,系统的结构还比较合理。从整个系统能量产投比来看,人工辅助能的转化效率较低(0.72),与全国高产生态系统差距尚远。初级生产人工辅助能转化效率较低,产投比仅 1.26。从能量利用角度分析,尚属低产水平。在系统的能量投入结构中,有机能投入占总能投入的 60.20%,低于全国 77% 的水平,也低于留民营生态农场。说明胜利油田生态农场建设初期无机能的投入比较高。从这两方面看,现有的农业生态系统生产力还比较低。系统产品的增加,产值的提高,对工业能量有较大的依附性。说明系统比较脆弱,抗逆性差,抗干扰能力弱,不稳定。如果不调整能量的投入结构,加快生态

农业建设,农场将会自觉或不自觉地走向高投入、低产出、低效益的“石油农业”道路。这对农场生态系统今后的土地生产力提高是不利的,也不适合我国目前尚不富裕的国情。

从系统直接生理能的利用来看,效率不高,仅 0.91,初级生产的直接生理能产投比 1.55,居全国中等水平,这不仅说明农场农业生态系统中机械、燃料等工业能量耗费较大,直接影响光合作用的有机肥、化肥的能量利用效率不高,也说明系统本身的生产力和生态效益不高。系统光能利用率是依赖大量化肥、有机肥的投入来提高的,系统本身的生产力还比较低。因此,如何提高系统光能利用率,提高肥料利用效率,保蓄土地生产力,是农场生态建设的关键所在。从系统劳动生产率来看,由于农场机械化程度较高,达 90%,田间作业基本实现机械化。因此,劳动生产率也比较高,劳动者每小时创造产出 118MJ,是东北高产玉米系统 58.3MJ/h 的 2 倍,但距世界高产系统差距还很远,仅为美国劳动者创造产出能 6680MJ/h 的 1.7%。如果管理跟上去,减少不必要的劳动耗费,农场的劳动生产率还可望有大幅度的提高。从农场畜牧水产养殖子系统的能量利用来看,能量的产投比 0.30,饲料转化率 18.10%,居全国中上等水平。全国畜禽饲养水平一般地区,饲料报酬率为 16~20%。就目前农场饲养水平来看,还有很大潜力。今后要提高畜牧水产养殖子系统能量的产投比,主要是加强管理,同时,要建立自己饲料加工基地,各畜禽场点统一饲料配方,尽可能减少浪费。

总之,通过对系统能量流动和能量利用的分析计算,我们认为,农场目前系统结构还比较合理,但种植业水平还比较低。土地生产力不高,能量的转化效率也不高,存在着能源浪费和不合理使用问题。养殖业能量利用效率较高,但距生态农场建设要求差距尚远,还有很大潜力。整个系统由于种植业水平不高,生物质能秸秆还田的能量利用率太低,使系统能量的利用率下降,产投比不高。今后农场生态农业建设要进一步提高生态系统生产力,提高能量利用效率,

还需从以下几方面努力。

· 调整能量投入结构和比例,增加有机肥的使用量,尽可能使畜禽粪便全部输入农田。这样,可以在降低使用化肥的同时,仍可保证生产力的稳定和提高。

· 目前的产业结构基本合理,但农林牧副渔比例还不够协调,林业对农业的支持作用没有体现出来,林业还需大力发展。扩大青贮玉米的种植面积,增强农业对畜牧业的支持作用。在调整农作物布局和种植结构时,应适当调整牧业结构,发展食草性动物,提高秸秆过腹还田的比率,提高生物质能利用率和能量转化率,增加系统食物链环节,尽可能使能量多层次利用,促进整个系统能量产投比的提高。

· 提高生物能利用率,开展综合选用。增加系统能量转换环节,既使秸秆过腹还田或腐熟后还田,同时开展综合利用,把畜禽粪便的输送

和沼气池结合起来。这样,系统食物链结构由简单的初级生产者—消费者,变为较复杂的初级生产者—消费者—还原者的结构。这不仅提高了系统能量利用率,也增强了系统的稳定性。另外,综合利用还要使农产品进行深度加工,加工后的废弃物和下脚料还要开展综合利用。

· 加强田间和各畜禽饲养场的管理,减少能源的浪费,多施有机肥,少施化肥。饲料统一配方、集中管理。只有这样,才能期望整个系统能量转化效率的提高,才能在系统结构合理,功能高效的基础上,求得农业生产的稳步发展。

主要参考文献

- 卞有生. 留民营生态农业系统. 北京: 中国环境科学出版社, 1988
- 卞有生. 生态农业技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1992
- 卞有生. 生态农业基础. 北京: 中国环境科学出版社, 1986
- 祝廷成等. 生态系统浅说. 北京: 科学出版社, 1983

农村资源持续利用与环境保护研讨会纪要

由江苏省环境科学学会农村环境保护专业委员会、江苏省环保局自然保护处、江苏省农林厅能源环保办公室、国家环保局南京环境科学研究所联合主办的农村资源持续利用与环境保护研讨会于1993年11月9~12日在南京召开。来自全省农业和环保部门的71位代表出席了会议。

这次会议的主要任务是就农村资源持续利用和环境保护问题进行学术交流,专题讨论并提出建议。

大会共收到论文39篇,15位代表在大会上作了发言,23位代表在小组会上发言。会议围绕农村资源与生态、小城镇和乡镇企业以及农用化学品污染三个内容进行了分组讨论。讨论认为江苏省农村环境污染和生态破坏状况十分严重,农村环境管理工作基础薄弱,存在面源污染失控、小城镇污染与乡镇企业管理难度大、有关法规不健全等问题。代表们一致认为,发展生态农

业是实现农村资源持续利用的有效途径,小城镇的环境规划与污染综合整治和农村面源污染的控制是改善农村环境质量的根本措施,健全的农村环保政策和法规是防止农村环境污染、资源破坏进一步加剧的重要保证。农村环境保护是一项十分艰苦的工作,这项工作的开展需要各级领导的高度重视和广大环保和农业工作者的密切配合。在广泛深入讨论的基础上,大会通过了将提交省政府的“关于进一步加强全省农村环境保护工作的建议”。建议包括以下五个方面的内容:(1)认真抓好江苏省农村环境综合整治“611”工程;(2)加强县级环保机构建设;(3)制定有关环保工作的具体条例,明确任务和责任;(4)加强农村环保技术的科学研究;(5)加强环保法制教育,建立健全环保法规。

(李幼霞)