

东北平原粮食主产区公主岭市种植业系统的能值分析

张大瑜^{1,2}, 凌凤楼², 张立馥², 杨世琦¹, 刘兴士³, 高旺盛¹

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 2 吉林农业大学农学院, 长春 130118; 3 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

摘要: 应用生态经济系统能值分析理论与方法, 以东北平原粮食主产区公主岭市为例, 通过一系列的能值指标, 定量分析了该县主要粮食作物玉米、大豆、水稻系统的能值流动, 评价了该县这 3 种作物系统环境资源基础和经济特征, 玉米、大豆和水稻的太阳能值转换率分别为 1.95×10^4 、 4.98×10^4 和 3.59×10^4 。结果表明: 大豆的能值最高, 水稻次之, 玉米最低; 总体而言, 2002 年吉林省公主岭市种植业系统的发展程度相对较高, 提高系统的能值投入重点应是提高农业科技含量和可更新有机能值的投入及科学管理力度, 才能使公主岭市种植业系统走上可持续发展的轨道。

关键词: 能值分析; 种植业系统; 东北平原粮食主产区

中图分类号: S51; F326.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)06-0012-06

张大瑜, 凌凤楼, 张立馥, 等. 东北平原粮食主产区公主岭市种植业系统的能值分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 12-17.
Zhang Dayu, Ling Fenglou, Zhang Lifu, et al. Emergy analysis of planting system at Gongzhuling county in the main grain production region in Northeast China Plain[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(6): 12-17. (in Chinese with English abstract)

0 引言

能值(Emergy)分析是美国著名生态学家 H. T. Odum 在系统生态、能量生态、生态经济理论基础于 20 世纪 80 年代末创立的系统分析方法和理论。它着重于系统整体特征的分析, 不仅解决了传统能量分析方法中不同能量类别难于比较和加减的问题, 并且从一个全新的角度来看待环境资源在生态系统中的作用, 适合比较分析不同类别能量, 综合分析评价能流、物流和价值流。能值是指某种能量所包含的另一种能量的数量。基于一切能量都始自太阳能的观点, H. T. Odum 将任何资源、产品或劳务形成所需直接和间接的太阳能之量就称为其所具有的太阳能值^[1](solar emergy), 单位是太阳能焦耳(Solar em joules, 缩写为 sej)。能值分析常用太阳能值来衡量某一能量的能值大小, 将单位数量的能量或物质所包含的太阳能值称为太阳能值转换率。

20 世纪 90 年代以来国内外能值分析研究很活跃^[2-17], 但对于东北平原种植业系统的研究还未见报道, 尤其是太阳能值转换率的问题, 尽管 Odum 及其同仁已研究计算出自然界和人类社会主要能量类型和物质的能值转换率, 但人类经济产品的能值转换率因生产水平和效益的差异而出现差别, Odum 在能值分析专著及其它论著中对能值转换率的计算分析有特别的论述, 但仍需做深入研究^[6]。本研究计算出了该区域玉米、大

豆、水稻这 3 种农作物的太阳能值转换率, 并通过定量分析吉林省公主岭市主要农作物种植业系统自然环境资源和辅助能的能值投入产出, 评价其环境资源能值基础、能值投入和产出水平, 为合理开发农业环境资源, 实现该地区农业可持续发展提供科学依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

公主岭市位于吉林省中西部, 地处东北平原的腹地。地理位置为东经 124°10' ~ 125°18', 北纬 43°11' ~ 44°09', 全市总土地面积 4058 km²。

公主岭市位于松辽平原的结合部, 地势南高北低, 其中平原占 95.1% 左右, 山地占 4.9% 左右。公主岭市有耕地 21.95 万 hm², 林地 4.65 万 hm², 草地 0.22 万 hm², 水面 0.33 万 hm²。

公主岭市境内有东辽河、新凯河、翁克河、卡伦河等主要河流九条, 有杨大城子、卡伦、甘家子、平洋 4 座中型水库, 小型水库 161 座。境内水资源总量为 4.70 亿 m³。

公主岭市属中温带半湿润地区的大陆性季风气候, 四季分明, 雨热同季, 日照充足, 全年 > 0 积温为 3565, 日照时数为 2541 h, 年平均降雨量为 524 mm。

公主岭市土壤以黑钙土和薄层黑土为主, 有机质含量在 2% 左右, 属一年一熟雨养农业区。公主岭市盛产玉米、大豆、水稻等农作物, 这 3 种农作物播种面积占作物总播种面积的 78%, 其中玉米占 60%, 大豆占 11%, 水稻占 7%, 被称为松辽平原黄金玉米带。

全市总人口为 102.99 万人, 其中农业人口为 67.64 万人, 占总人口的 65.68%。公主岭市是国家首批确定的商品粮基地县之一, 玉米总产量、商品量、调出量连续五年居全国第一, 公主岭市以粮食生产为主导的农业是我国中部农业主产区农业的典型代表。

收稿日期: 2005-01-12 修订日期: 2005-03-14

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目资助(G2000018606); 国家攻关重点课题资助(2001BA508B12)

作者简介: 张大瑜(1968-), 博士生, 研究方向为区域农业与农业生态。北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094。Email: cauzhangdayu@126.com

通讯作者: 高旺盛, 博士生导师, 主要从事区域农业可持续发展研究。北京市圆明园西路 2 号 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094。Email: w.shgao@cau.edu.cn



1.2 研究方法

本研究为宏观区域作物系统能值分析, 采用农业生态系统能量和能值分析相结合的方法^[15]进行专家咨询和农户调查, 收集吉林省公主岭市 2002 年统计资料和其他相关材料^[18-22]。将各种物质和能量的投入换算成能值量^[3,4,6], 所涉及的太阳能值转换率参照 Odum 的文献^[1], 能量折算系数参照骆世明和闻大中的文献^[18,19], 编制能值指标进行分析种植业的发展现状及探讨发展方略。

2 结果与分析

2.1 公主岭市玉米、大豆、水稻 3 种作物系统投能结构分析

能值投入结构分析有助于从整体上评价特定区域种植业系统的开放与发展程度。从表 1、表 2、表 3 可见,

表 1 吉林省公主岭市玉米种植业系统每公顷能值投入产出表(2002)

Table 1 Emergy input and output of maize planting system in Gongzhuling county (2002)

	原始数据 /J	太阳能值转换率 /sej · J ⁻¹	太阳能值 /sej	宏观经济 价值/\$
太阳光	2.928E+13	1.000E+0	2.928E+13	5.74
雨水化学能	2.219E+10	1.544E+4	3.427E+14	67.22
雨水势能	3.852E+10	8.888E+3	3.424E+14	67.16
可更新资源 合计(R)			3.427E+14	67.22
表土层损失	9.029E+8	6.25E+04	5.643E+13	11.07
不可更新资源 合计(N)			5.643E+13	11.07
柴油	1.912E+9	6.600E+4	1.262E+14	24.75
氮肥	1.845E+5 (g)	4.62E+09 (sej/g)	8.524E+14	167.20
磷肥	9.152E+4 (g)	1.780E+10 (sej/g)	1.629E+15	319.54
钾肥	4.649E+4 (g)	2.960E+9 (sej/g)	1.376E+14	26.99
复合肥	6.750E+4 (g)	2.800E+9 (sej/g)	1.890E+14	37.07
农药	1.343E+4 (g)	1.620E+9 (sej/g)	2.176E+13	4.27
机械	1.100E+4	6.700E+9	7.370E+13	14.46
不可更新工业 辅助能合计 (F)			3.030E+15	594.28
人力	7.289E+8	3.800E+5	2.770E+14	54.34
畜力	1.938E+8	1.460E+5	2.829E+13	5.55
有机肥	9.385E+6 (g)	2.700E+6 (sej/g)	2.53E+13	4.97
种子	1.116E+9	2.000E+5	2.231E+14	43.76
可更新有机能 合计(R1)			5.537E+14	108.62
总能值投入			3.983E+15	781.19
能量产出(Y) (J)				
玉米籽实(Y1)	2.044E+11			
玉米秸秆(Y2)	2.663E+11			
合计 (Y= Y1+ Y2)	4.707E+11			

吉林省公主岭市 3 种主要粮食作物玉米、大豆和水稻种植业系统每公顷能值总流量分别为 3.98×10^{15} sej, 2.82×10^{15} sej 和 5.02×10^{15} sej, 水稻 > 玉米 > 大豆。其中玉米系统可更新环境资源、不可更新环境资源、不可更新的工业辅助能值和可更新的有机能值分别占总能值流量的 8.60%、1.42%、76.07% 和 13.9%; 大豆系统分别为 12.17%、1.50%、66.79% 和 19.54%; 水稻系统则分别为 6.82%、0%、81.89% 和 11.29%。玉米、大豆、水稻这 3 种作物中工业辅助能的能值投入最大且水稻 > 玉米 > 大豆, 这 3 种作物化肥(氮肥、磷肥、钾肥、复合肥)的能值投入占工业辅助能值投入总量分别为 92.67%、90.7% 和 79.24%, 分别居于首位, 且玉米 > 大豆 > 水稻, 表明工业辅助能的投入主要是化肥的投入。

表 2 吉林省公主岭市大豆种植业系统每公顷能值投入产出表(2002)

Table 2 Emergy input and output of soybean planting system in Gongzhuling county (2002)

	原始数据 /J	太阳能值转换率 /sej · J ⁻¹	太阳能值 /sej	宏观经济 价值/\$
太阳光	2.928E+13	1.000E+0	2.928E+13	5.74
雨水化学能	2.219E+10	1.544E+4	3.427E+14	67.22
雨水势能	3.852E+10	8.888E+3	3.424E+14	67.16
可更新资源 合计(R)			3.427E+14	67.22
表土层损失	6.771E+8	6.25E+04	4.232E+13	8.30
不可更新资源 合计(N)			4.232E+13	8.30
柴油	1.673E+9	6.600E+4	1.104E+14	21.66
氮肥	1.545E+5 (g)	4.62E+09 (sej/g)	7.138E+14	140.02
磷肥	4.500E+4 (g)	1.780E+10 (sej/g)	8.010E+14	157.12
钾肥	4.051E+4 (g)	2.960E+9 (sej/g)	1.20E+14	23.52
复合肥	2.550E+4 (g)	2.800E+9 (sej/g)	7.140E+13	14.01
农药	2.301E+3 (g)	1.620E+9 (sej/g)	3.727E+12	0.73
机械	9.000E+3 (g)	6.700E+9 (sej/g)	6.030E+13	11.83
不可更新工业 辅助能合计(F)			1.881E+15	368.88
人力	7.472E+8	3.800E+5	2.839E+14	55.69
畜力	2.027E+8	1.460E+5	2.960E+13	5.81
有机肥	5.000E+6 (g)	2.700E+6 (sej/g)	1.350E+13	2.65
种子	1.116E+9	2.000E+5	2.231E+14	43.76
可更新有机能 合计(R1)			5.501E+14	107.91
总能值投入(T)			2.816E+15	552.31
能量产出(Y) (J)				
大豆籽实(Y1)	5.7E+10			
大豆秸秆(Y2)	7.7E+10			
合计 (Y= Y1+ Y2)	1.3E+11			

表 3 吉林省公主岭市水稻种植业系统每公顷能值投入产出表(2002)

Table 3 Emery input and output of rice planting system in Gongzhuling county (2002)

	原始数据 /J	太阳能值转换率 /sej·J ⁻¹	太阳能值 /sej	宏观经济 价值/\$
太阳光	2.928E+13	1.000E+0	2.928E+13	5.74
雨水化学能	2.219E+10	1.544E+4	3.427E+14	67.22
雨水势能	3.852E+10	8.888E+3	3.424E+14	67.16
可更新资源 合计(R)	—	—	3.427E+14	67.22
表土层损失	0	6.25E+04	0	0
不可更新资源 合计(N)	—	—	—	0
柴油	1.673E+9	6.600E+4	1.104E+14	21.66
氮肥	4.335E+5 (g)	4.62E+09 (sej/g)	2.003E+15	392.90
磷肥	5.250E+4 (g)	1.780E+10 (sej/g)	9.345E+14	183.31
钾肥	4.500E+4 (g)	2.960E+9 (sej/g)	1.33E+14	26.13
复合肥	6.750E+4 (g)	2.800E+9 (sej/g)	1.890E+14	37.07
农药	8.315E+3 (g)	1.620E+9 (sej/g)	1.347E+13	2.64
电力	3.960E+9	1.590E+5	6.296E+14	123.50
机械	1.500E+4 (g)	6.700E+9 (sej/g)	1.005E+14	19.71
不可更新工业 辅助能合计(F)			4.114E+15	806.92
人力	9.450E+8	3.800E+5	3.591E+14	70.44
畜力	0	1.460E+5	0	0
有机肥	0(g)	2.700E+6 (sej/g)	0	0
种子	1.041E+9	2.000E+5	2.082E+14	40.84
可更新有机能 合计(R1)			5.673E+14	111.28
总能值投入(T)			5.024E+15	985.42
能量产出(Y)	(J)			
水稻籽实(Y1)	1.400E+11			
水稻秸秆(Y2)	1.290E+11			
合计 (Y=Y1+Y2)	2.690E+11			

表 1 中, 几种可更新环境资源是同样气候、地球物理作用引起的不同现象, 只取其中能值投入量最大的雨水化学能 (O dum, 1987; 1996), 以避免能值的重复计算。不可更新资源合计包括表土层损失, 不可更新工业辅助能包括柴油、氮肥、磷肥、钾肥、农药、复合肥、农用机械, 可更新的有机能包括劳力、有机肥、畜力、种子。太阳能值=生态流原始流量×太阳能值转换率; 宏观经济价值=太阳能值/中国系统能值货币比率; 中国系统能值货币比率=能值总用量/GNP。2002 年数据根据 1985~1994 年数据计算而来 (严茂超, 2001)。表中 $2.928E+13=2.928 \times 10^{13}$, 其他类同。

玉米、大豆和水稻这 3 种作物可更新的有机辅助能

值仅次于工业辅助能值, 占总能值的比例分别为 13.9%、19.54% 和 11.29%, 并且大豆>玉米>水稻, 但与传统农业相比, 其在系统各类投能中所占的比例已经大大降低。这 3 种作物有机能中主要的能值投入来自人力、种子、畜力和有机肥, 并且人力>种子>畜力>有机肥, 表明人力仍然是公主岭市种植业系统的重要动力, 说明精耕细作程度很高。有机能是一种可更新的资源, 提高有机能的比例, 对农业的可持续发展具有重要的意义。

投入到作物系统的环境可更新资源主要是雨水, 其能值投入主要与作物系统面积大小、气候因素有关, 因此就单位面积而言投入到该区域 3 种作物系统中的可更新环境资源能值是相同的。通常, 在可以预见的时期内, 土壤肥力的下降可看作是不可更新的资源消耗 (O dum, 1996)。公主岭市 3 种作物系统每年的表土层净肥力损失仅占系统总能值流量的 1.42%、1.50%、0%, 这表明在系统内, 作物的生长在很大程度上已不再依赖于土壤的自然肥力, 而主要受工业辅助能值投入量的影响。由于水稻有水层覆盖, 表土层损失可视为零。

表 3 中, 不可更新资源合计包括表土层损失, 由于有水面, 计为零, 不可更新工业辅助能包括柴油、氮肥、磷肥、钾肥、农药、复合肥、电力、农用机械, 可更新的有机能包括劳力、有机肥、畜力、种子。

2.2 能值指标体系分析

2.2.1 太阳能值转换率

即每单位某种类别的能量或物质所含 (相当) 的太阳能值之量。公主岭市玉米、大豆、水稻这 3 种作物的太阳能值转换率分别为 1.95×10^4 、 4.98×10^4 、 3.59×10^4 sej/J (表 4), 全国平均水平玉米、大豆、水稻 3 种作物的太阳能值转换率分别为 2.7×10^4 、 6.9×10^4 、 3.59×10^4 [19]。由于太阳能值转换率不仅是评价能质的指标, 而且是评价自组织系统产品等级和作用效果的指标, 系统产品的太阳能值转换率越高, 其能值等级越高; 但从另一角度看, 太阳能值转换率高说明该系统需要输入较大的能量来维持该产品的生产过程 (O dum, 1987; 1996)。因此, 玉米、大豆和水稻相比, 大豆的能值最高, 水稻次之, 玉米最低; 公主岭市玉米和大豆种植业系统的太阳能值转换率均明显低于全国平均水平, 水稻和全国平均水平相当, 说明玉米和大豆生产具有成本上的优势, 而水稻不具有优势。

2.2.2 净能值产出率

为产出 (输出) 的能值与反馈 (输入) 的能值之比, 其中反馈的能值来自人类经济系统, 这个指数表征了经济过程是否具有向经济活动提供基础能源的能力。公主岭市大豆作物系统的净能值产出率为 16.04 (表 4) 明显高于玉米和水稻, 也明显高于日本 (1990 年为 1.08) 和意大利 (1989 年为 1.12) [16], 说明大豆具有生产的优势, 在同等条件下其产品具有市场竞争力, 公主岭市玉米作物系统的净能值产出率为 1.54, 也高于日本和意大利, 说明玉米同样具有市场竞争力; 水稻的净能值产出率为 1.07 (表 4), 低于大豆和玉米, 也低于日本和意大利, 说

明水稻系统比发达国家具有较低的能值利用效率, 生产成本较高, 在同等条件下, 其产品的竞争力在国际市场上不强。这是由于购买能值投入的比率较高而生产消耗无偿的自然环境资源的能值比例较低。因此, 建议可适当增加大豆的面积, 降低水稻的面积。

表 4 吉林省公主岭市主要农作物系统能值指标体系(2002)

Table 4 Emergy indexes of main crops in Gongzhuling county (2002)

能值指标	表达式	玉米	大豆	水稻
环境资源能值/总能值	$(R+N)/T$	10.02%	13.67%	6.82%
购买能值/总能值	$(F+R1)/T$	89.98%	86.33%	93.18%
可更新环境能值/环境总能值	$R/(R+N)$	85.86%	89.01%	100.00%
不可更新环境能值/环境总能值	$N/(R+N)$	14.14%	10.99%	0.00%
不可更新环境能值/总能值	N/T	1.42%	1.50%	0.00%
工业辅助能/总能值	F/T	76.07%	66.79%	81.89%
可更新有机能值/总能值	$R1/T$	13.90%	19.54%	11.29%
不可更新工业辅助能/总辅助能值	$F/(F+R1)$	84.55%	77.37%	87.88%
可更新有机能值/总辅助能值	$R1/(F+R1)$	15.45%	22.63%	12.12%
净能值产出率	$T/(F+R1)$	1.54	1.604	1.07
能值投入率	$(F+R1)/(R+N)$	8.98	6.31	13.66
太阳能值转化率(籽实)	$T/Y1$	1.95E+04	4.98E+04	3.59E+04
秸秆	$T/Y2$	1.50E+04	3.68E+04	3.89E+04
全株	T/Y	8.46E+03	2.12E+04	1.87E+04
宏观经济价值/元		6452.7	4562.0	8139.4
环境压力	$(F+R1+N)/R$	10.62	7.22	13.66

2.2.3 能值投入率

等于人类经济系统投入(反馈)的能值与自然环境资源输入生产过程的能值之比。前者如燃油、电力、物资和劳务等, 均需花钱购买, 故称为“购买能值”; 后者来自自然界无偿投入, 称为“无偿能值”, 包括土地、矿藏等不可更新资源和太阳光、风、雨等可更新环境资源。它用于衡量经济活动在一定条件下的竞争能力, 并可测知环境资源条件对经济活动的承受力。该指标可表示系统对环境资源的利用程度。公主岭市玉米、水稻作物系统的能值投入率分别为 8.98、13.66(表 4) 高于意大利(1989 年为 8.52)^[5] 表明每单位无偿环境资源的利用相应投入了较多的购买能值, 对无偿环境资源的压力较大。大豆系统的能值投入率为 6.31 低于意大利, 表明每单位无偿环境资源的利用相应仅投入了较少的购买能值, 对无偿环境资源的压力较小。

2.2.4 环境压力

等于购买能值加上系统内消耗的不可更新资源(如土壤等)能值与投入系统内无偿的可更新环境资源(如

太阳光、雨水等)能值之比。公主岭市玉米、水稻作物系统的环境压力分别为 10.62、13.66(表 4) 高于意大利(10.43)^[5], 较高的环境压力说明科技发展水平较高, 同时, 环境所承受的压力也较大, 这与前面的分析是一致的; 大豆系统的环境压力为 7.22(表 4), 低于意大利的水平, 表明大豆种植业系统的投入水平相对较低, 系统生产的环境压力不高, 农业环境资源还有进一步开发利用的潜力, 可以进一步加大能值投入, 提高生产力水平。

2.2.5 无偿环境能值投入与购买能值投入

种植业系统的能值来源可分为两部分: 无偿自然环境资源能值投入(包括可更新和不可更新环境资源)和购买能值投入(包括不可更新的工业辅助能和可更新的有机能)。公主岭市玉米、大豆、水稻 3 种作物系统的无偿环境能值占系统总投入能值的比例分别为 10.02%、13.67%、6.82%(表 4), 购买能值占系统总投入能值的比例则分别为 89.98%、86.33%、93.18%(表 4), 购买能值投入占绝大部分。说明公主岭市种植业系统已主要依赖来自经济系统的购买能值, 它已成为一个高度开放的商品型系统, 生产的集约化和现代化程度很高。在种植业内部, 购买能值占系统总投入能值的比例大小为水稻>玉米>大豆; 环境能值的比例大小与之相反为大豆>玉米>水稻。

2.2.6 宏观经济价值

等于作物产品的能值除以国家的能值/货币比率。它反映了某一产品的实际价值, 包括凝结在产品中的人类劳动和环境资源的价值。产品的宏观经济价值较高时, 表明它对经济的贡献率较大。人民币汇率排价按 8.26 元/美元计算, 公主岭市玉米、大豆和水稻 3 种作物的宏观经济价值分别为 6452.7 元、4562.0 元和 8139.4 元(表 4), 产品产值分别为 5844 元、5364 元和 7188 元^[20]。大豆的价值高于宏观经济价值, 实行市场调节即可, 玉米和水稻的价值低于宏观经济价值, 虽然政府已经实行了给农民直补 10 元/亩的政策, 但我国的农业补贴明显低于美国等发达国家, 从宏观经济价值的角度看, 玉米应补 40 元/亩, 水稻应补 60 元/亩。因此, 建议政府应进一步给农民以税收上的支持, 提高直补的力度, 让农民得到实惠, 增加种田的积极性以保证国家的粮食安全和实现农业的可持续发展。

3 结论与讨论

1) 公主岭市玉米、大豆、水稻 3 种作物系统不可更新工业辅助能值投入占系统总能值投入的比重最大, 其中化肥能值投入占工业辅助能值投入比重最大。公主岭市这 3 种作物的化肥投入已经大大高于广东, 据汤建东(1994) 研究, 广东的化肥施用量已大大高于全国平均水平。大量增加化肥施用量, 必然加速土壤有机质损耗, 同时, 由于它的不可更新性、有限性和对环境的污染性, 过量投入不利于可持续发展。公主岭市增加种植业能值投入的重点应该放在提高可更新资源投入, 适当控制工业辅助能投入, 尤其是大量化肥和农药的投入, 发展无公害农业, 提高农产品的质量, 才能够在竞争中处于有利

地位, 是未来农业发展的方向。

2) 可更新资源的能值投入包括可更新的环境资源和有机能投入, 前者在非特殊的情况下可视作常量, 故提高可更新资源能值投入的实质是增加可更新有机能的投入。为此, 一方面要大力提高有机肥的还田率, 另一方面还要增加劳力的能值投入。公主岭市人力资源丰富, 国家目前对粮食安全非常重视, 实行了一系列的优惠政策, 而目前农民外出打工赚钱很不容易, 在这种情况下, 增加人力资源的能值投入, 发展劳动密集型农业对提高农民收入以及种植业可持续发展具有重要意义。

3) 科学技术的太阳能值转换率很高, 对农业生产有重要的促进作用, 因此大力提高科学技术在农业生产中的应用水平是提高农业生产力和效率的关键。同时, 我国传统的农业技术间混套作、轮作、精耕细作和有机肥还田等, 对于减少化肥和农药的投入, 提高土壤肥力, 促进能量和物质的转化效率具有重要的作用。吉林省公主岭市种植业发展及其研究的重点, 应在传统农业技术的基础上, 结合现代农业的特点, 发展农业生物技术、生态工程技术, 探索建立多层次、高功能的生态农业模式。21 世纪的农业是生态农业, 21 世纪的农产品是无公害农产品。

4) 能值分析把环境资源的价值量化, 从而阐明自然环境资源与经济的本质关系, 这是以往单纯的能量分析和经济分析所不能达到的, 这对改变人们长期以来认为环境资源不是劳动产品因而没有价值的错误观念有重要意义, 特别是对研究东北平原粮食主产区的生态经济问题更有理论上的指导意义。本文用能值理论和方法就典型县域种植业生态经济系统进行了分析, 今后还有待进行多点分析比较和更大尺度的研究。

致谢: 该文得到中国科学院地理所严茂超老师的指导, 特此致谢!

[参 考 文 献]

- [1] Odum H T. Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making [M]. New York: John Wiley and Sons, 1996
- [2] Lang Shengfang, Odum H T, Liu Xinmao. Energy flow and emery analysis of the agroecosystems of China [J]. Ecology Science, 1998, 17(1): 33- 39
- [3] Campbell D E. Emery analysis of human carrying capacity and regional sustainability: an example using the state of Maine [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1998, 51: 531- 569
- [4] Yan M aochao, Odum H T. New Visual Angle to View Eco-economic System-Emery Evaluation Case Studies of Chinese Regional Eco-economic System [M]. Beijing: China Zhigong Publishing House, 2001.
- [5] Ulgiati S, Odum H T, Bastianoni S. Energy analysis of the Italian agricultural system—the role of energy quality and environmental inputs [A]. In: Bonati L. et al eds Trends in Ecological Physical Chemistry [C]. Milan: Elsevier, 1992: 187- 215
- [6] 蓝盛芳, 钦 佩. 生态系统的能值分析[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 129- 131.
- [7] 朱洪光, 钦 佩, 万树文, 等. 江苏海涂两种水生利用模式的能值分析[J]. 生态学杂志, 2001, 20(1): 38- 44
- [8] 李双成, 傅小峰, 郑 度. 中国经济持续发展水平的能值分析[J]. 自然资源学报, 2001, 16(4): 297- 304
- [9] 严茂超, 李海涛, 程 鸿, 等. 中国农林牧渔业主要产品的能值分析与评估[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(6): 66- 69.
- [10] 严茂超, 李海涛. 美国经济与消费格局的新透视——从能值分析结论看美国[J]. 世界科技研究与发展, 2001, 23(3): 59- 65
- [11] 严茂超. 西藏生态经济系统的能值分析与可持续发展研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13(2): 117- 125
- [12] 张耀辉, 蓝盛芳, 陈飞鹏. 海南省农业能值分析[J]. 农村生态环境, 1999, 15(1): 5- 9
- [13] 苏国麟, 李谋召, 蓝盛芳, 等. 广东三水市种植业系统的能值分析及其可持续发展[J]. 农业现代化研究, 1999, 20(6): 359- 362
- [14] 陆宏芳, 蓝盛芳, 李谋召, 等. 农业生态系统能值分析方法研究[J]. 韶关大学学报, 2000, 21(4): 74- 78
- [15] 汪殿蓓. 中山市种植业生态系统能值分析及优化发展研究[J]. 孝感学院学报, 2003, 23(3): 8- 11
- [16] 刘新茂, 蓝盛芳, 陈飞鹏. 广东省种植业系统能值分析[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(4): 111- 115
- [17] 董效斌, 高旺盛. 黄土高原丘陵沟壑区典型县域的能值分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 89- 92
- [18] 闻大中. 我国东北地区农业生态系统的能值研究: 松嫩平原一个典型农业生态系统的能流分析[J]. 生态学杂志, 1986, 5(4): 1- 5
- [19] 骆世明. 农业生态学[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987: 450- 468
- [20] 吉林省农产品成本调查队. 吉林省农产品成本收益资料汇编[M], 2002
- [21] 吉林省统计局. 吉林统计年鉴[M], 2003
- [22] 汤建东. 广东省肥料投入的状况和对策[J]. 广东农业科学, 1994, (3): 25- 26

Emergy analysis of planting system at Gongzhuling county in the main grain production region in Northeast China Plain

Zhang Dayu^{1,2}, Ling Fenglou², Zhang Lifu², Yang Shiqi¹, Liu Xingtu³, Gao Wangsheng¹

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

3. Institute of Northeast China Geography and Agricultural Ecology, Changchun 130012, China)

Abstract Based on the emergy theory, this paper quantitatively analyzes the emergy flow of planting system (maize, soybean and rice) in Gongzhuling county in Jilin Province through serial emergy indexes. It figured out the transition rate of solar emergy joules of the three main crops (maize, soybean and rice) in Gongzhuling county, and the results were 1.95×10^4 , 4.98×10^4 , 3.59×10^4 sej/J, respectively. It evaluated the natural environmental production and society economic development. The results show that the emergy input level of planting system in Gongzhuling county is higher than that in developed countries. The focal point of planting system emergy input is to raise the level of farming technology and increase renewable resource emergy input, especially using agricultural ecological engineering technology and biotechniques, in this way, the agriculture of Gongzhuling county can develop sustainably.

Key words: emergy; planting ecosystem; main grain production region in northeast China plain