

村级农业生态系统结构多样性与系统可持续性研究

卢兵友¹, 蒋广洁²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 山东省台儿庄农业局, 山东 台儿庄 277400)

摘要: 对典型农业生态系统结构多样性、主导性和稳定性关系及系统相应的投入产出情况的研究表明, 只要结构合理, 系统生物多样性组合的适当增加, 会对系统的可持续发展起到良好的推动作用。

关键词: 结构多样性; 主导性; 稳定性; 农业生态系统; 宝洞#村

中图分类号: S181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 0267(2001)03 - 0145 - 03

Structural Diversity and Sustainability of Agro - Ecosystem at Village Level

LU Bing-you¹, JIANG Guang-jie²

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, CAS, Beijing 100101 China; 2. Taierzhuang Agricultural Bureau, Shandong Province 277400 China)

Abstract: Relationship among structural diversity, domination, and stability of an agricultural ecosystem, and its input and output have been deeply researched in the present investigation. Results showed that the sustainable development of the system was improved if the structure of the system was designed reasonably by adjusting the relationship among the bio - compositions in a proper way.

Keywords: structural diversity; domination; stability; agro - ecosystem; Bao Dong Yu village

由种植业和养殖业组成的种养结合型生产模式, 是我国农业生态系统结构构成的基础, 目前这种结构在我国广大农区仍占很大比重。受我国特殊的国情影响, 这种结构通常是以农户为单元, 以少数几种粮食作物和家畜为主要组分, 组成的结构比较简单, 它是我国传统农业的典范。随着经济体制的改革和农民科技素质的提高, 这种模式又发生了一系列的变化, 产生了一些结构多样性程度高、效益好、功能较全面的结构类型。但是, 以较小的操作空间和资源占有量为基础的农业生态系统, 应维持一个怎样的结构, 才能保证系统发展的高效性和可持续性, 是科研工作者应该关注的重要课题之一。本文以陈焱国^[1]等人 1989 年在湖北省桃源县宝洞#村的研究资料为例, 对这一问题进行了研究。

1 材料和方法

1.1 材料

为了对农业生态系统结构多样性与可持续发展的关系进行深入研究, 本文主要选用了湖北省桃源县

收稿日期: 2000 - 07 - 17

基金项目: 国家自然科学基金资助(79970072)

作者简介: 卢兵友(1964—), 男, 中国科学院地理科学与资源研究所副教授, 博士。主要研究方向是农业和产业生态工程。

宝洞#村几种有代表性结构类型^[1]的研究资料作为基础研究资料。

宝洞#村是一个具有山、水、田、园的典型南方丘陵区农村。过去该村农业生态系统的结构是以粮—猪为主, 不重视农业资源的开发, 坑塘荒废或管理粗放, 坑塘养鱼产量极低。1987 年以来, 在村级集体经济的扶持下, 农户开始进行生产结构调整, 逐步向原来简单的系统结构中添加新的组分, 使之初步形成了以种植—畜禽、种植—畜禽—沼气、种植—畜禽—沼气—果树、种植—畜禽—养鱼和种植—畜禽—沼气—鱼—果树(蔬菜)等多种结构类型共同发展的组合模式。

1.2 方法

结构多样性与系统可持续发展功能之间的关系可以用多种指标来评价, 本文采用结构多样性、主导性和稳定性指标对这一问题进行研究。各种指标的计算方法如下:

多样性通常用多样性指数来评价, 多样性指数有几种计算方法^[2,3]。对以产值为计算单位的农业生态系统, 借鉴前人的研究成果, 其结构多样性指数用下式计算:

$$Hl = - \sum_{i=1}^n Pi \cdot \log_2 Pi$$

式中: Hl 为结构多样性指数, n 为组分数量, P_i 为第 i 种组分产值占总产值的比例。

主导性指数的计算没有统一的方法, 本研究用系统中某一组分的功效值占系统总功效值的比例来测度。其中比例最大的组分即为主导组分, 其对应值为主导性指数。

$$Hl = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2 P_i$$
$$D = \text{Max } E_i / E$$

式中: D 为系统的主导性指数; E_i 为系统中某一组分的功效值; E 为系统总功效值。

稳定性指数直接引用作者的结果。

2 结果分析

2.1 系统协调性分析

判断一个系统的发展是否协调, 非常重要的指标是系统结构多样性与主导性、多样性与稳定性关系的协调性。协调性的标志是系统功能的持续稳定提高。

利用逐级加环的方法, 得到由不同数量生物组分构成的结构模式的系统功能见表 1。可以看出, 在系统中加入适当的组分, 使原来缺少联系的组分通过加环形成有效的连接, 对于提高资源利用率, 促进系统的可持续性有明显作用。例如, 五组分模式氮素产投

表 1 宝洞#村不同模式结构多样性与生产效率

Table 1 Structural diversity and production efficiency of different agro - ecosystems at Baodongyu Village

项目	氮素产投比	资金产投比
粮—猪模式	0.41	2.40
粮—猪—鱼模式	0.49	3.01
粮—猪—沼气模式	0.55	3.40
粮—猪—沼气—鱼—果模式	0.55	3.82

比是两组分的 1.34 倍, 是三组分模式的 1.12 倍。但是, 随着系统组分数量的增加, 氮素产投比并不是持续增加, 而是逐渐趋于稳定。说明对一个具体系统而言, 组分数量的增加是有限度的, 即系统结构多样性是有限度的。

其次, 加环在一定程度上还可以提高对资金的利用效率。研究表明, 在由不同数量组分组成的系统中, 随着组分数量的增加, 资金的产投比呈逐渐递增趋势。其中, 五组分结构模式的资金产投比, 分别是三组分和两组分模式的 1.18 倍和 1.59 倍。三组分模式是两组分模式的 1.33 倍。

第三, 系统食物链的适度加环有助于系统稳定性的提高。例如, 五组分模式的稳定性指数, 分别比三组分模式和两组分模式高 5 个和 27 个百分点; 三组分模式比两组分模式高 18 个百分点(表 2)。

但是, 结构多样性增加的同时, 系统生产的优势

表 2 宝洞#村不同模式组分的贡献率分析

Table 2 Distribution from components of various agro - ecosystems at Baodongyu Village

项目	粮	鱼	猪	沼气	果	主导性指数	稳定性指数
粮—鱼模式	0.991 6	0.008 4	—	—	—	0.991 6	0.174 2
粮—猪—沼气模式	0.510 1	—	0.378 0	—	0.111 9	0.510 1	0.361 0
粮—猪—沼气—鱼—果模式	0.117 5	0.493 9	0.035 2	0.038 4	0.314 9	0.493 9	0.414 1

度即系统主导性出现明显的下降趋势。这种趋势与系统主导组分在系统中地位下降的趋势相适应。即随着占据不同生态位的生产环节的加入, 系统中主导组分的地位发生了很大变化。主导组分由原来的粮食作物逐渐变成了经济价值比较高的鱼、果, 实现了以农田作物为主导, 向以动植物和其他高生产力、高效益产业为主导的转移, 其结果是系统得以向高速、稳定方向发展。

图 1 利用结构多样性指数、系统主导性指数和稳定性指数, 直观地表现了结构多样性、系统主导性和稳定性三者之间的关系。可以看出, 当生物组分增加到五个时, 系统多样性指数达到最大, 为 0.524 1, 稳定性指数也达到最大, 为 0.414 1。此时系统的主导性

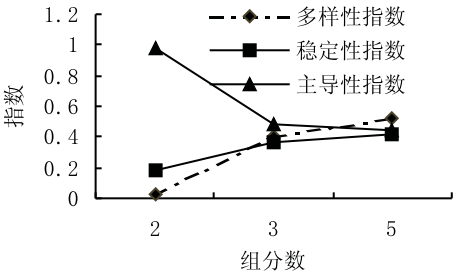


图 1 组分多样性与组分主导性间的关系
Figure 1 Relations of component diversity and component domination

指数适中, 为 0.493 9, 系统基本上处于发展相对比较稳定的状态。说明当系统的生物组分保持在四个或五个时, 基本可以达到生物组分结构多样性与系统主导

性、结构多样性与稳定性的统一，结构多样性与系统主导性、结构多样性与稳定性之间是协调的，系统发展也是可持续的。

2.2 系统功能关系分析

表 3 是宝洞#村 3 种有代表性结构模式的系统生产力。可以看出,随着系统生物组分数量的增加,系统结构多样性程度明显提高，多样性指数从两组分的

0.020 9 上升到五组分的 0.524 1。同时,系统的生产力水平也大幅度提高,五组分和三组分模式的氮素和经济生产力,分别是两组分的 3.98 和 3.02、13.74 和 1.99 倍。五组分模式的氮素和经济生产力,也分别是三组分的 1.32 和 6.89 倍。这不仅说明系统组分间组合关系趋于合理,而且,说明适当增加组分数量,延长食物链长度,有利于获得高的系统产出。

表 3 宝洞#村不同模式结构多样性与系统产投关系
Table 3 Structural diversity of agro – ecosystems and their relations of input and output at Baodongyu Village

项目	氮素产出/kg	经济产出/元	经济投入/元	多样性指数
粮—鱼模式	87.16	1 034.69	532.50	0.020 9
粮—猪—沼气模式	262.79	2 063.40	632.00	0.415 3
粮—猪—沼气—鱼—果模式	347.25	14 212.00	4 516.90	0.524 1

但是,结构多样性的增加,又必然要以高的系统经济投入为保障。由表 2 和表 3 可以看出,当系统主导组分由粮食作物变成经济产出高的鱼、果以后,在系统经济产出大幅度提高的同时,系统的经济投入也大幅度提高。五组分结构模式的经济投入,分别是三组分和两组分模式的 7.15 倍和 8.49 倍;三组分模式的经济投入接近是两组分模式的 2 倍。对经济产投的回归分析表明,产出与投入之间相关关系非常明显,相关系数为 0.997 7。说明结构多样性程度的增加,是以系统的开放程度的提高为基础的。

3 结论和讨论

3.1 在目前的生产体制下,为了使广大农区尽快摆脱增产不增收的局面,为了使有限的资源得到充分的利用,并且也为了使系统的发展得以持续,必须深入研究系统生态位构成情况和生态虚位实际化的可能性,并相应调整系统投入结构,为系统向结构多样化方向发展奠定基础。

3.2 研究表明在结构多样性增加的情况下,系统能保持一种稳定和高效的发展态势,主要是由于组分之间已经建立起了合理的结构关系。从给出的几种模式看,每形成一种新模式,或在原模式中每增加一个环节,其结果是使结构更加完善,系统功能更强。例如,

相对于粮鱼模式而言,粮猪沼气模式将微生物引入模式中,增加了系统物质循环和能量流动的强度,也就必然会增加系统发展的高效性和可持续性。

3.3 但是,对于一种模式而言,其结构多样性的程度并非越高越好。我们不希望一个抛弃有关组分的高主导性、低持续性的模式存在,同样也不希望一个缺乏主导、缺乏发展方向的小而全模式存在。而且,从目前来看,农业要获得较大程度的发展,就必须在稳定粮食作物生产的同时,积极开拓新的主导组分和探讨新的主导方向。

3.4 在由种植组分和养殖组分组成的系统中,当组分达到四个或五个时,系统结构多样性与主导性之间关系比较协调,系统的资源利用率、经济生产率和系统稳定性最高。说明四或五组分结构是种养结合型农业生态系统模式的适宜结构。

参考文献:

[1] 陈焱国,等. 宝洞#村庭院生态结构调整初探[J]. 农业现代化研究,1989, 4: 31 – 34.

[2] 马克平. 试论生物多样性的概念[J]. 生物多样性, 1993, 1(1): 20 – 22.

[3] 闻大中. 试论农业生态系统的多样性[J]. 应用生态学报, 1995, 6(1): 97 – 103.