

康集生态农场物流结构 及氮素循环效率的研究

周志翔

(华中农业大学 武汉 430070)

竺肇华 陆新育 刘金龙

(中国林业科学研究院 北京 100091)

摘 要 本文以氮素循环为例,详细分析了康集生态农场的物流结构和循环效率。结果表明,康集生态农场自开发建设以来,已初步建成以林果农种植、家畜家禽饲养、鱼类养殖为主的物流结构系统。系统的氮素产投比逐年上升,平均达到 0.255,种植业有机氮与无机氮投入比为 1.19,系统稳定性指数为 0.98,第二性生产的氮素转化率达 19.94%,有机废物利用总量含氮 11934.5 公斤。根据整个系统在氮素利用上的潜力和物流状况,本文提出了提高系统氮素利用效率和增强系统稳定性的途径与措施。

关键词: 生态农业 物流分析 氮素循环

物质循环是生态系统的基本功能之一,其循环的途径和效率决定着整个生态系统生产力的^[1]。而氮素的循环是动植物、微生物等有机体中蛋白质的主要来源,并与其它物质的循环与转化紧密相关。因此,氮素的循环与利用效率是生态系统中物质循环状况与水平的重要标志^[2-3]。

康集生态农场位于山东省成武县(E116°,N35°),原是一片废弃的窑坑,总面积 450 亩。窑体四周凸凹不平,砖渣密布,低处长年积水,盐渍化程度高,无法种植庄稼。为利用这片土地,1986 年由私人承包,以生态农场的模式进行开发。先后开挖鱼塘 195 亩,栽植苹果 75 亩,新造耕地 72 亩,建起家畜家禽饲养场和饲料加工厂 4000 平方米,并重修轮窑,于 1990 年恢复制砖。经过 6 年的开发,基本建成一个种、养、加结合的人工复合生态系统,经济效益显著,生态环境得到了改善,并为社会提供了大量的农副产品。本文着重以氮素循环为例,对这一小型农业生态系统的物质循环途径和利用效率进行分析。

1 研究方法

首先按等级组建原理,并结合不同生物的营养方式和生产单元^[4],将整个系统划分为 5 个子系统,即种植业、饲养业、养殖业、饲料加工场、砖瓦加工场。其中,只对种植业、饲养业、养殖业 3 个子系统 5 年中(1987—1991 年)的物流状况作统计分析。

种植业子系统中,物质的输入包括种子、苗木、灌溉、施肥等,而雷电湿沉降、尘埃干沉降等输入由于土地面积不大予以省略;输出主要测定了泡桐树和苹果不同器官的生物量,统计了小麦、棉花、绿豆、马铃薯、大蒜、白菜的产量及秸秆等副产品的数量、青草的采集量,取样测定其含水率。饲养业子系统的物质输入主要是各种饲料、仔畜禽;输出包括了肉禽蛋产品和粪便废物。养殖业子系统为所有鱼塘,并作“黑箱”处理,只考虑饵料、鱼苗、消毒等物质的输入和鱼产品、塘泥、灌溉等物质的输出,暂不考虑其内部物质循环过程。

各物质的氮素含量以华北地区^[2]和我国所测的标准含量^[1]为准(见表1),其中部分为自测(凯氏定氮法)。系统的物流结构特征以氮素流动为核心,计算生产优势度和系统稳定性指数^[4]:

$$\text{生产优势度}(Ai) = \frac{\text{该结构单元产出量(氮素输出量)}n_i}{\text{系统(或子系统)总产出量(氮素总输出量)}N}$$

$$\text{系统稳定性指数}(S) = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

2 结果与分析

2.1 系统的物流结构与氮素平衡分析

康集生态农场通过6年的开发建设,初步建成以林果农种植、家畜家禽饲养、鱼类养殖为主的物流结构系统(见图1)。1987—1991年,种植业系统外氮素总输入(化肥、种苗)为5560.2公斤,其中输出系统外的氮素总量(木材、水果、蔬菜等)为3255公斤,其它进入系统内循环。饲养业中,仔畜禽、饲料输入总氮量为24852.3公斤,肉禽蛋产品输出6646.8公斤氮。鱼塘养殖业的氮素输入达32605公斤,鱼产品输出氮为6172.2公斤。除部分氮素在系统的循环转化过程中挥发、流失外,大部分仍在系统内各子系统间循环利用。从各子系统的氮素平衡看(见表2),种植业子系统平均氮素产投比达0.5,饲养业达0.62,养殖业仅为0.18。可见在鱼塘养殖业中,氮素通过各级转换过程速度较慢,其留存和损失量较大。种植业子系统的氮素产投比有逐年增加的趋势,由1987年的0.37增至1991年的0.57。其中以马铃薯的氮素产投比最高(0.81),绿豆(0.76)、棉花(0.58)、大蒜(0.66)、白菜(0.62)也都在平均水平之上。特别是泡桐防护林带的栽植,5年间虽没有专门的氮素投入,泡桐树仍生长快、长势旺,且其氮素输出量达856.4公斤,反映了林木在环境氮素利用上的优势。此外,种植业中有机氮与无机氮的投入比平均达到1.19,各年度逐年上升,1991年高达4.79,说明饲养业的逐年发展,减少了化肥的使用量,来源于系统内部的有机废物已成为种植业氮素的主要来源,这对于废物的多次利用、保持地力极为有利。饲养业子系统后3年的氮素产投比显著提高。系统外的投入量也增大,其中以猪、鸭饲养的氮素产投比较高。鱼塘养殖业尽管氮素的平均产投比较低,但各年度仍有明显的提高,由1987年的0.05提高到1991年的0.54。反映了渔业养殖改善经营方式,提高管理水平,在物质的利用上仍具有较大的潜力。

表 1 各物质氮素含量

Tab. 1 The nitrogen content of different materials

类 别 Type	N%	类 别 Type	N%
碳酸氢铵	17.00	猪 肉	2.70
尿 素	46.00	牛 肉	3.22
小麦籽实	2.10	鸭 肉	2.64
麦 秸	0.50	鸭 蛋	2.08
马 铃 薯	0.35	羊 肉	1.78
马铃薯藤	0.05	鱼	2.75
棉 籽	3.70	粗骨粉	4.00
棉 茎 叶	0.60	杂草*(鲜)	0.36
绿豆籽实	5.30	水草*(鲜)	0.22
豆 秸	1.30	猪 粪	0.56
白 菜	0.416	牛 粪	0.32
大 蒜	0.25	鸭 粪	1.10
苹果枝干	1.02	羊 粪	0.65
苹果 叶	2.52	人 粪	1.00
苹果果实	0.064	豆 饼	6.75
泡桐枝干	2.12	棉籽饼	3.41
泡 桐 叶	3.09	堆 肥	0.45
泡 桐 花	2.31	塘 泥	0.32
泡 桐 根	0.061	灌溉水*(鱼塘)	0.000031
玉米籽实	1.60	土 壤	0.056
玉米秆(风干)	0.50		

* 为自测数据。

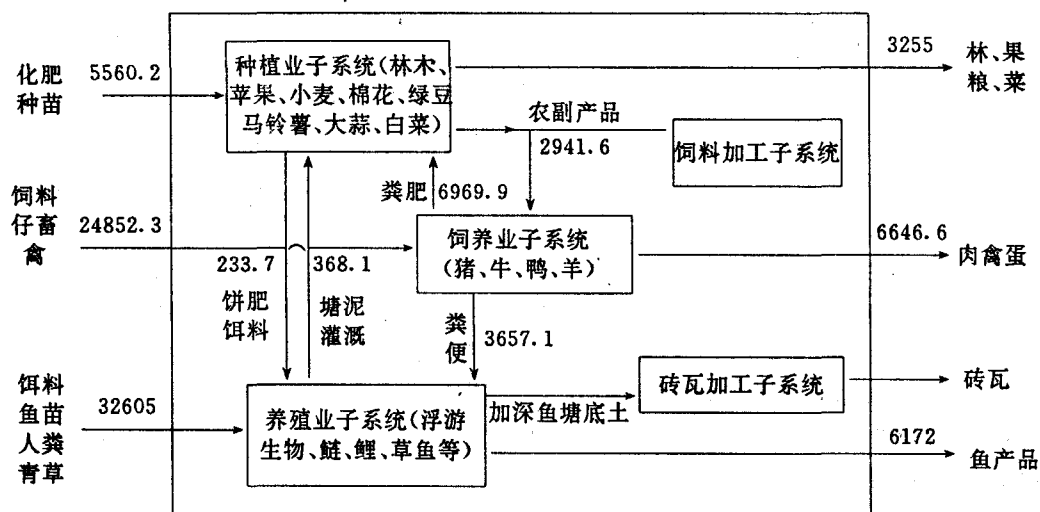


图 1 康集生态农场物流(氮素流动)结构(单位:公斤)

Fig. 1 The material-flow(nitrogen-flow) structure of Kangji Ecological Farm (unit:kg)

2.2 系统的物流效率分析

2.2.1 系统的物流结构特征

各子系统氮素输出量的差异,也导致了其优势度的差异(见表3)。其中饲养业的优势度最大(0.571),而种植业和养殖业较小,且以1989、1990年最小。复合系统的稳定性指数为0.98,也以1989、1990年较低,分别为0.851和0.814,其它年度均在1.00以上。这主要是由于1989、1990年增加了肉鸭饲养,饲养业规模成倍增大,物质的输出量大幅度增加,而种植业和鱼塘养殖业的物质输出相对减小,使得各子系统优势度差异增大,整个复合系统的稳定性下降。同时可以看出,5年间种植业提供给系统内的氮素总量为3175.3公斤,其中以饲料形式提供给饲养业的氮量仅为2941.6公斤,因此,饲养业饲料来源的27693.9公斤氮素中,89.4%需要系统外供给(24752.3公斤氮素)。同样,鱼塘养殖业5年间的氮素总投入量中(36495.8公斤),除32.2公斤为鱼苗投入外,32572.8公斤的饵料氮素来源于系统外,占总饵料氮素的89.3%。可见,种植业的规模过小,远不能满足饲养业和养殖业的物质需求,鱼塘养殖业的规模较大,且物质(氮素)转化的效率低,其物质需要量也远远超过了系统内的供给。因此,适当扩大种植业的规模,调整产业结构,有利于维持整个系统内的物流平衡,提高系统的稳定性。

表3 各子系统物流结构特征(氮素单位:公斤)

Tab. 3 The material-flow characteristics of subsystems (Nitrogen unit: kg)

系统层次与项目 Levels of systems and items		1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	总体 Subsystem or system
子系统总输出 Total output of subsystems		2133.9	4015.4	9560.3	8776.3	5758.1	30244.0
种植业 Plantation	输出	965.6	1401.7	1563.2	1119.0	1380.8	6430.3
	优势度	0.453	0.349	0.164	0.128	0.240	0.213
饲养业 Stock-raising	输出	533.1	1217.9	6489.6	6156.5	2876.5	17273.6
	优势度	0.250	0.303	0.679	0.701	0.500	0.571
养殖业 Fishery	输出	635.2	1395.8	1507.5	1500.8	1500.8	6540.1
	优势度	0.298	0.348	0.158	0.171	0.261	0.216
系统总体 System	输入	14772.1	15821.2	15114.4	11208.7	6101.1	63017.5
	输出	1405.5	2540.0	4522.3	4234.2	3371.6	16073.6
	产投比	0.095	0.161	0.300	0.378	0.553	0.255
稳定性指数		1.066	1.097	0.851	0.814	1.040	0.980

2.2.2 第二性生产的氮素转化率

饲养业和养殖业的氮素转化率是系统生产效率的重要指标,反映了饲料、饵料在系统中转化成肉禽蛋、鱼产品的能力^[3]。各亚子系统的氮素转化率(见表4)以养牛最高,1987—1989年分别达到37.98%、28.77%、27.28%,这与牛的饲料来源和特殊的消化系

表 2 各亚子系统氮素平衡表(单位:公斤)

Tab. 2 The Nitrogen balance of sub-sub-systems (unit: kg)

子系统与项目 subsystems and items		氮 素 输 入 Nitrogen-input					氮素输出 Nitrogen-output		产投比 Output input ratio		
		肥 料 Fertilizer		种 苗 Seed and seedling		系 统 内 In the system	系 统 外 Out of system	合 计 Total			
		有 机 Organic	无 机 Inorganic	有 机 ; 无机 Org./Inorg.							
种植业 plantation	果 园	5378.8	2708.4	1.99	14.8	8102.0	549.4	2205.3	2754.7	0.34	
	林 木				9.0	9.0	132.2	724.2	856.4		
	小 麦	1004.0	1332.0	0.75	37.0	2373.0	1012.6	55.3	1067.9	0.45	
	马铃薯		1196.0		3.0	1199.0	939.0	32.2	971.2	0.81	
	绿 豆	241.6			7.2	248.8	167.7	21.4	189.1	0.76	
	大 蒜	294.0			1.8	295.8	102.1	93.1	195.2	0.66	
	白 菜	168.0			2.6	170.6	105.8		105.8	0.62	
	棉 花	251.6	241.0	1.04	7.2	500.0	166.5	123.5	290.0	0.58	
	年度	1987	633.2	1952.1	0.32	24.4	2609.7	413.6	552.0	965.6	0.37
		1988	1353.6	1558.2	0.87	8.4	2920.2	765.2	636.5	1401.7	0.48
		1989	1858.5	902.7	2.06	30.2	2791.4	858.9	704.3	1563.2	0.56
		1990	1496.3	648.0	2.31	7.6	2151.9	456.3	662.7	1119.0	0.52
1991		1996.4	416.6	4.79	12.0	2425.0	681.3	699.5	1380.8	0.57	
合 计		7338.0	5477.6	1.19	82.6	12898.2	3175.3	3255.0	6430.3	0.50	

续表

子系统与项目 subsystems and items		氮 素 输 入 Nitrogen-input					氮素输出 Nitrogen-output			产投比 Output input ratio	
		饲料或饵料 Feed			其 它 Others	合 计 Total	产 品 Product	废 物 Waste materials	合 计 Total		
		系统内 In the system	系统外 Out of system	小 计 Total							
饲养业 stock- raising	牛 猪 鸭 羊	307.7	1674.2	1981.9	59.4	2041.3	608.5	265.6	874.1	0.43	
		1864.6	5295.1	7159.7	16.9	7176.6	1602.0	2600.0	4202.0	0.59	
		646.8	17783.0	18429.8	17.6	18447.4	4414.8	7722.0	12136.8	0.66	
		122.5		122.5	6.1	128.6	21.3	39.4	60.7	0.47	
		387.6	785.8	1173.4	74.9	1248.3	221.0	312.1	533.1	0.43	
	年度	1988	675.1	2317.0	2992.1		2992.1	512.0	705.9	1217.9	0.41
		1989	827.0	9077.0	9904.0	19.0	9923.0	2315.0	4174.6	6489.6	0.65
		1990	426.9	8808.5	9235.4		9235.4	2421.5	3735.0	6156.5	0.67
		1991	625.0	3764.0	4389.0	6.1	4395.4	1177.1	1699.4	2876.5	0.65
	台 计	2941.6	24752.3	27693.9	100.0	27793.9	6646.6	10627.0	17273.6	0.62	
养殖业 Fishery	鱼 塘	3890.8	32572.8	36463.6	32.2	36495.8	6172.0	366.1	6540.1	0.18	
		406.4	11930.3	12336.7	4.6	12341.3	632.5	2.7	635.2	0.05	
	年度	1988	333.2	11930.3	12263.5	7.3	12270.8	1391.5	4.3	1395.8	0.11
		1989	387.2	5078.2	5465.4	7.3	5472.7	1503.0	4.5	1507.5	0.28
		1990	1884.6	1733.4	3623.0	6.2	3629.2	1150.0	350.8	1500.8	0.41
		1991	879.4	1895.6	2775.0	6.8	2781.8	1495.0	5.8	1500.8	0.54

统有关。肉猪饲养的氮素转化率逐年有所提高,尤以后3年达到较高水平(25%—28%之间),养鸭的氮素转化率也在20%以上。鱼类养殖的氮素转化率由1987年的6.43%逐步提高到1991年的35.59%,这是在第一年摸索的基础上引入科学养殖技术的结果,只是1990年由于未充分发酵的粪肥施用过多,夏季鱼塘供氧不足造成部分成鱼死亡,降低了氮素转化率。第二性生产的氮素平均转化率为19.94%,达到较高水平。且各年度呈逐年上升趋势,从1987年的7.7%上升到1991年的30.09%。

2.2.3 有机废物的综合利用

系统内有机废物的充分利用是系统物流效率提高的重要途径^[5]。康集生态农场内有

表 4 第二性生产的氮素转化率

Tab. 4 The nitrogen conversion efficiency of secondary production

年度 Year	系统层次与项目 Levels of systems and items		氮素输入 (kg) Nitrogen input	氮素输出 (kg) Nitrogen output	氮素转化率(%) Nitrogen conversion efficiency		
					亚子系统 Sub-subsystem	子系统 Subsystem	系 统 System
			1987	饲养业 Stock-raising	牛 猪	391.0 857.3	148.5 72.5
养殖业 Fishery		9840.2		632.5	6.43	6.43	
1988	饲养业 Stock-raising	牛 猪		660.4 1931.7	190.0 322.0	28.77 16.67	19.75 14.84
	养殖业 Fishery		10236.7	1391.5	13.59	13.59	
	1989	饲养业 Stock-raising	牛 猪 鸭	989.9 1555.6 7777.5	270.0 402.5 1642.5	27.28 25.87 21.12	22.43 25.10
养殖业 Fishery			4885.3	1503.0	30.77	30.77	
1990		饲养业 Stock-raising	猪 鸭	1475.5 7759.9	402.5 2019.0	27.28 26.02	26.22 21.56
		养殖业 Fishery		7333.2	1150.0	15.68	15.68
	1991	饲养业 Stock-raising	猪 鸭 羊	1356.5 2910.0 128.6	402.5 753.3 21.3	29.67 25.89 16.56	26.78 30.09
养殖业 Fishery			4200.4	1495.0	35.59	35.59	
第二性生产总体 Secondary production		64289.7	12818.6		19.94		

机废物在不同程度上全部得到了综合利用(见图2)。在种植业提供给系统内含氮3175.3公斤的物质中,233.7公斤氮素以青草、饼肥的方式施入了鱼塘,供浮游生物利用以养殖鲢鱼;含氮2768.4公斤的物质提供了饲养业,除2235.9公斤的农产品外,含氮332.5公斤的树叶、秸秆、麦麸、豆荚等也经加工成为饲料来源;剩下的非饲料废物(含氮173.2公斤)经堆土区后,以有机肥的形式返回到种植园中再利用。饲养业中的粪便废物(含10627公斤氮)全部施入鱼塘(3657.1公斤氮)和种植园(6969.9公斤氮)中;鱼塘中以塘泥和灌溉返回到种植园的氮量为368.1公斤,每年加深鱼塘所取底土则用于烧制砖瓦。这样,整个系统内的有机废物均得到了一次、二次、甚至三次利用,而且鱼塘的总氮素投入中,2975.5公斤氮素主要是利用农场职工生活区和附近农村的人粪便,既改善了环境卫生条件,又充分利用了各种有机废物,提高了系统的生产效率。

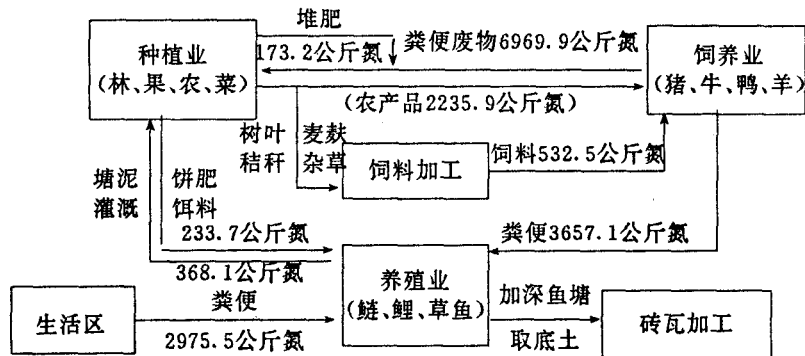


图2 康集生态农场有机废物综合利用途径

Fig. 2 Ways for comprehensive utilization of waste organic materials at Kangji Ecological Farm

3 结 论

康集生态农场开发废窑地,6年来初步建成以林果农种植、家畜家禽饲养、鱼类养殖为主的人工复合生态农业系统,恢复了系统的物质循环功能。5年间(1987—1991年)系统氮素输入总量63017.5公斤,输出总量16073.6公斤,平均氮素产投比为0.255,达到了世界上65个不同类型的农业生态系统的氮素产投比水平(0.25—0.28之间)^[3],且逐年有所提高。系统的稳定性指数为0.98,由于1989、1990年饲养业规模扩大,优势度相对增大,使整个系统的稳定性指数下降,第二性生产的物质来源大量依靠系统外投入。因此,有必要扩大种植业规模,适当调整产业结构。第二性生产的氮素转化率平均为19.94%,达到较高水平^[2-3],且各年度呈上升趋势,特别是鱼类养殖中科学技术的引入,使氮素利用水平和转化效率显著提高。进一步提高经营管理水平,可更充分地发挥鱼类养殖的物质利用和转化潜力。整个系统内的有机废物均得到了利用,5年间有机废物利用总量含氮11934.5公斤(包括系统外的有机废物)。不仅提高了有机废物的多次利用率,而且改善了生态环境,提高了系统的生产效率。

参 考 文 献

- 1 骆世明等,《农业生态学》,长沙,湖南科学技术出版社,1987年第456—461页
- 2 胡寿田等,《生态农业》,武汉,湖北科学技术出版社,1988年第56页、第474—553页
- 3 卞有生著,《留民营生态农业系统》,北京,中国环境科学出版社,1988年
- 4 周纪伦,《复合农业生态系统分析综合方法研究》,《农村生态环境》,(3)1986,53—58
- 5 胡代译,“三料”转化与生态农业,《应用生态学报》,(2)1990,129—135

Material-flow Structure and Nitrogen-recycling Efficiency of Kangji Ecological Farm

ZHOU Zhi-Xiang

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

ZHU Zhao-hua LU Xing-yu LIU Jin-long

(Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract Detailed analysis of the material-flow structure and recycling efficiency was conducted based on analysing the nitrogen cycling in Kangji Ecological Farm. The results showed that the farm has established an initial system of material-flow structure of plantation, forestry, poultry, stock-raising and fishery. Within the system, the nitrogen output-input ratio between organic nitrogen and inorganic nitrogen is 1.19, system stable index is 0.980, nitrogen conversion efficiency of secondary production reaches 19.94%. The total recycling nitrogen from waste organic material reaches 11934.5 kg. Based on the potentials of nitrogen utilization and the state of material flow, measures for raising nitrogen conversion efficiency and enhancing whole system's stability were put forward.

Key words Ecological agriculture; Material flow analysis; Nitrogen circulation

● 消 息 ●

我国首次人工合成杀虫基因并导入棉花

今年秋,中国农业科学院传出喜讯:我国首次人工合成杀虫基因并导入棉花获得成功,这是我国在生物技术研究方面的一个重大突破。棉花是我国的主要经济作物之一,近年来由于我国北方棉区棉铃虫猖獗,棉花生产受到严重影响,棉农种棉积极性受挫,棉花面积锐减,选育抗虫棉种已成为我国棉花育种工作者的主攻方向。为此,国家将“抗虫转基因棉花研究”项目列入“863”高新技术研究和发展计划,力求从生物技术的角度解决棉铃虫的危害。中国农科院生物技术研究中心与山西省农科院棉花所和江苏省农科院经济作物所,经“七五”、“八五”联合攻关,目前已取得突破性进展:即首先由中国农科院生物技术研究中心郭三堆等人工合成了经改造的B.七杀虫基因;之后山西省农科院棉花所将此人工合成的杀虫基因转入了晋棉7号、冀合321等7个棉花主栽品种中,共得到再生组培试管苗近千株,目前部分已开花结铃,同时江苏省农科院也将此基因导入了泗棉3号和中棉12号,从中也选到了高抗虫能力的植株,且农艺性状基本没有改变。应用高新技术得到了由我国自己研究成功的具有抗虫作用的转基因棉花,这在我国还是首创,该成果为解决棉铃虫造成的严重危害作出了重大贡献,也为我国棉花生产再上一个新台阶奠定了科学基础。

(摘自《农民日报》1994.9.10 林菲文)