

低丘红壤地区农户生态系统物质循环的系统研究

包先明¹ 何园球² 胡 锋¹

(1 南京农业大学资源与环境科学学院 南京 210095; 2 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 本文研究了江西红壤地区以种植业为主种养结合的农户生态系统的物质循环情况。结果表明,在农田亚系统中营养物质水平有较大的提高,N、P、K 都有积累,尤其是 P 的积累量比较高。农田亚系统的稳定度比较高,而猪场的稳定度相对较低,物质大部分靠外界的投入。系统的结构不完善,潜伏一定的不稳定性和生态脆弱性。

关键词 物质循环;系统分析;稳定度;

中图分类号 S01; X37

红壤丘陵地区是我国红壤地区主要的地貌景观之一,面积达 80 万 km^2 ,占红壤地区总面积的 36.7%。本地区受季风影响明显,气候温暖湿润,土壤和生物类型多样,具有高额生物产量潜力和良好的投资效益,是我国南方农业综合开发的主要基地。然而长期以来由于利用频繁,使植被长期处于逆向演替,植被退化造成严重的水土流失,农业生产水平低下,大多数土壤有机质含量仅 10 g/kg 左右,N、P、K 等营养元素严重缺乏;高温高湿也使有机质快速分解,在生产实践中往往是广种薄收,有机肥投入量小,化肥投入也一般只是 N 肥为主,忽视 P、K 肥的投入,致使土壤肥力一直得不到提高^[1~3]。而且农田的产量水平低下,单季水稻的产量仅 5000 kg/hm^2 左右。因此综合开发利用是解决红壤地区问题的根本途径,推行种植业和养殖相结合,利用牲畜粪便发展沼气以解决农村的燃料问题,同时提供大量的有机肥,根据食物链原理和各业之间的物质能量流动建立良性循环的生态系统^[4, 5]。为此,我们在江西省余江县中国科学院红壤生态实验站对这种以养殖为主、种养结合的生产模式进行了定位实验研究,探讨物质在系统中的流动和转化,分析系统的物质平衡,旨在为科学组装和协调食物链各环节,优化结构提供依据。

1 实验材料和方法

1.1 实验农户的概况

试验于 2001 年 9 月至 2002 年 12 月在江西省余

江县中国科学院红壤生态实验站进行。该农户一家 4 口,劳动力 2 人。养殖业以养猪为主,共养猪 15 头,0.33 hm^2 农田全部种植水稻。水稻的肥料全部来自猪粪尿发酵后的沼液沼渣(图 1)。

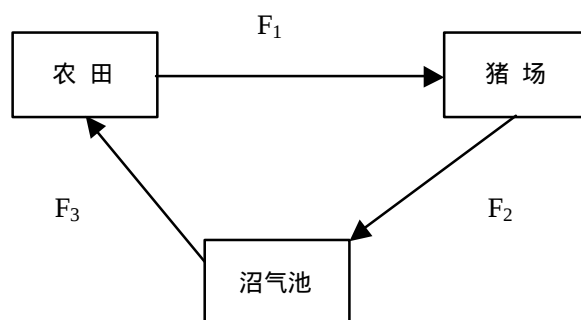


图 1 猪场-沼气池-水稻田体系物质转移

Fig. 1 Material cycling in the Farmland-Piggery-Biogas digester system

1.2 系统的结构和边界

本研究把农户作为一个系统,以其经营范围为系统的边界,包括农田、猪场和沼气池 3 个亚系统。农田亚系统以其种植田块为边界,猪场亚系统以其养殖场为边界。

1.3 系统输入、输出的记载和测定

每天详细记录喂猪饲料的种类、重量以及猪排泄粪便的重量,猪逐月称重并记载增重。每天记录沼气池产气量以及每天农户使用的气量。

1.4 分析样品的采集

不定期的对各种饲料和猪粪尿进行随机采样。猪取一头放血屠宰,通体分离,血毛收集,内脏除

去内容物,称得毛、头、血、蹄、内脏、瘦肉、肥肉、皮、骨、油各部分的重量,按部位和重量比例采样绞碎混匀后采取分析用样。

1.5 物质成分的测定

所取样制样后,用常规分析法分析。试验样品用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,扩散法测 N,钼锑抗比色法测 P,稀盐酸浸提后用原子吸收法测 K。

2 结果与分析

2.1 系统养分的平衡

2.1.1 猪场子系统养分循环和平衡特征 在该子系统中,养分的收入包括饲养猪用的各种精饲料和青饲料,养分的输出主要有猪的粪便以及猪肉产品的输出。

该系统养分平衡分析结果表明,该系统的养分输入为:猪苗 350 kg、购买的精饲料 900 kg、玉米粉 2100 kg、细糠 1050 kg、米 700 kg、花生藤 1000 kg,系统的养分输出为 猪粪尿 3174 kg、猪肉 1530 kg。

养分平衡特征则根据以上养分循环的途径和参数,计算猪场子系统的养分平衡情况(表 1)。

表 1 猪场子系统的养分平衡情况(kg)

Table 1 Nutrient balance of the piggery subsystem (kg)

项目	品名	重量	N	P	K
收入	精饲料	800	24.72	8.96	9.92
	配合饲料	2100	43.05	20.16	18.69
	细糠	1050	21.42	16.69	15.33
	米	700	11.69	4.27	3.43
	青饲料	1000	7.4	5.5	10.6
总收入			108.28	55.58	58.17
总输出	猪粪尿	3174	71.73	50.50	53.32
	猪肉	1180	23.71	2.12	3.42
			95.44	52.62	56.74
收入-输出			12.84	2.96	1.43
收入/输出			1.13	1.06	1.03

从表 1 可以看出在该系统中 N、P、K 都有损失,N 的损失比较高,而 P、K 损失比较低,主要由于挥发、呼吸以及每天收集粪便过程中的损失导致。

2.1.2 从猪粪到沼液沼渣的养分平衡情况 每天收集的猪粪尿都投入到沼气池中进行发酵,在该系统中共产生 20000kg 的沼液,沼液中 N、P、K 的含量分别为 3.2、2.2、2.4g/kg。从猪粪尿到沼液的养分循环情况如表 2 所示。

表 2 猪粪尿到沼液池的养分平衡情况(kg)

Table 2 Nutrient balance of the biogas digester (kg)

项目	品名	重量	N	P	K
输入	猪粪尿	3174	71.73	50.50	53.30
输出	沼液	20000	64.00	44.00	48.00
输入-输出			7.73	6.50	5.30
输入/输出			1.12	1.15	1.11

由表 2 可以看出,从猪粪尿到沼液 N、P、K 的损失分别为 7.73、6.5、5.3kg。沼气池产生沼气排出和转运过程中的损失是 N 等损失的主要原因。

2.2 种植业亚系统的养分循环和平衡特征

2.2.1 养分循环的主要参数 收入:沼液、种子、降水等;支出:稻谷、稻草、挥发等。在该系统中只考虑沼液的输入和稻谷、稻草的输出。根据我们的小区实验得出水稻田沼液 60000 kg/hm² 的施入量较好,产量为稻谷 6945 kg/hm²,稻草 4500 kg/hm²,所以 20000 kg 沼液共可以施肥 0.33 hm² 水稻田,产稻谷 2315 kg、稻草 1500 kg。

2.2.2 养分平衡的特征 根据养分循环的参数,计算了农田系统的养分平衡如表 3。

表 3 农田系统的养分平衡(kg)

Table 3 Nutrient balance of the farmland subsystem (kg)

项目		N	P	K
收入	沼液	64.00	44.00	48.00
输出	稻草	12.90	1.35	30.75
	稻谷	34.72	6.71	6.48
总输出		47.62	8.06	37.23
收入-输出		16.38	35.94	10.77
收入/输出		1.34	5.46	1.29

从表 3 可以看出如下特征:

(1) 养分平衡特征:在农田系统中 N、P、K 均出现盈余,就元素而言,其盈余量以 P 为最高,N、K 依次降低。这说明在该农田系统有利于土壤养分的积累,使土壤 N、P、K 水平提高。

(2) 施入与消耗的养分比值:N、K 的比值都在 1.3 左右,而 P 的比值却很大,这因为有机肥含 P 比较高,同时水稻对 P 消耗比较少的缘故。

2.2 物质在各亚系统中的转移

N、P、K 在农田、猪场、沼气池各分室的转移,即 N、P、K 在粮-猪食物链上的传递及其归还^[5]。猪场通过猪粪尿转移到沼气池的 N、P、K 分别为

71.73、50.50、53.32 kg；农田通过粮食转移到猪场的 N、P、K 分别为 34.72、6.71、6.48 kg；而沼气池通过沼液转移到农田的 N、P、K 分别为 64、44、48 kg。

2.3 系统的稳定性分析

系统的稳定性即系统内产出物质的归还量占总投入量的比例，畜牧业子系统的稳定性反映了农田对畜牧子系统的影响力及畜牧子系统对外界环境的依赖性，稳定度表示为系统内饲料投入占饲料总投入的百分比^[6,7]。农田子系统的稳定度就是农田归还量占农田总投入的百分比，它体现了农田的自我维持能力，农田的归还指归还农田的根茬、不同形式的秸秆还田及饲料通过猪转化后的粪尿还田等。从表 4 可知，该系统农田子系统的稳定度特别高，都是 100%，

表 4 该系统各分室 N、P、K 的稳定度 (%)

Table 4 Stabilities of N, P and K in different subsystems

农田			猪场		
N	P	K	N	P	K
100	100	100	32.06	12.72	11.14

说明猪场对农田子系统的影响很大，资源的利用很充分。而猪场子系统稳定性较差，N、P、K 的稳定度分别为 32.06、12.72、11.14%，说明猪场子系统物质大部分靠外界投入。饲料的大量输入，增加了系统对外界的依赖性，因此自持力较差，潜伏一定不稳定性和生态脆弱性。

3 结 语

(1) 本研究表明，将传统的、单一的生产模式

改为以种植为主、种养结合的生态模式后，不仅促进农户生态系统物质的良性循环，同时保肥土壤，提高土壤 N、P、K 等养分的水平，农业生产力水平提高。

(2) 牲畜粪便发展沼气不仅解决农村燃料问题，同时改善农村的生态环境。

(3) 系统的开放度高，投入高，产出高；系统结构不完善，有一定的不稳定性和生态脆弱性。

参考文献

- 1 傅庆林, 罗永进. 粮(草)、猪、鱼生态系统的物质循环及其经济效益研究. 浙江农业学报, 1995, 7(5): 416 ~ 418
- 2 李兰海. 红壤丘陵区农村生态环境及其改善—以江西省泰和县千烟洲为例. 农村生态杂志, 1991, 5 (7): 52 ~ 57
- 3 王正花, 邵立亮. 山一村农业生态系统营养物质循环. 农村生态环境, 1994, 10 (20): 57 ~ 60
- 4 Sun Bo, Moreau R, Poss R, Pitard J, Aventurier A, Fallavier P, Zhou SL. Alleviation of subsoil acidity of red soil in Southeast China with lime and gypsum. Pedosphere, 1998, 8 (2): 113 ~ 120
- 5 李辉信, 胡锋, 蔡贵信, 范晓晖. 红壤的供氮能力及化肥氮的去向. 土壤学报, 2002, 39 (3): 390 ~ 396
- 6 卢兵友, 王留芳. 农业生态系统物质循环的系统分析. 生态学杂志, 1990, 9 (3): 38 ~ 41
- 7 李发弟. 河西走廊井泉灌区农户生态系统能流、物流特征及其效应研究. 甘肃农业大学学报, 1991, 26 (2): 131 ~ 136

MATERIAL CYCLING IN FARM HOUSEHOLD ECOSYSTEM IN RED-SOIL HILLY AREA

BAO Xian-ming¹ HE Yuan-qiu² HU feng¹

(1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095;

2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract This paper deals with the issue of material cycling in the farm household ecosystem in Jiangxi Province. The results show that N, P and K are accumulating, especially P, in the farmland subsystem. The farmland ecosystem is more stable than the pig gery subsystem. The structure of the system is not rational, and potentially unstable and fragile.

Key words Material cycling, Transformation rates, Stability