

## 低丘红壤区农业生态系统的功能研究

STUDIES ON FUNCTION OF AGROECOSYSTEM  
IN LOW HILL AREA WITH RED SOILS

傅庆林; 孟赐富

S181

低丘红壤区农业生态系统主要以“农林果”复合系统为特点, 具有独特的生态功能。本试验是在浙江省红壤区兰溪市上华茶场进行的, 其农业生态系统在浙江、江西和湖南三省红壤区均具有典型性。

## 一、生态环境和研究方法

上华茶场地处兰溪市, 北纬 $30^{\circ}19'$ , 东经 $119^{\circ}24'$ , 海拔45—70m, 平均坡度3—8度。太阳年辐射量为 $459.29 \times 10^8 \text{kJ}/10^4 \text{m}^2$ , 年日照时数2012.5h, 属亚热带季风气候。土壤为红壤。农业生态系统主要为农田、茶园和果园三个子系统, 面积分别为农田 $27.4 \times 10^4 \text{m}^2$ 、茶园 $141.4 \times 10^4 \text{m}^2$ 和果园 $31.0 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

试验在典型农田和园地采集农作物、茶叶、水果样和肥料样品, 以备分析。调查1989年系统投肥量、农药量、投工数、农田用种量和产品。由气象哨观测气象资料; 水土径流量由装配SW-10型日自记水位计的水土流失观测室量测; 用CA-3型能量计测定能量。气态氮损失测定: 施氮肥后第2、6、18d和30d将含有50ml 2%的硼酸溶液和5—6滴混合指示剂的蒸发皿放到土表设有支架并埋于田间的盆钵内, 盆口用聚乙烯薄膜覆盖, 0.02mol HCl滴定被吸收的氮, 然后平均4次气态氮的释放量, 计算相邻两次施肥之间的的气态氮损失量, 最后得出全年气态氮损失量。固氮估测: 非共生固氮忽略不计, 豆科植物的共生固氮采用全氮差减法估测。水样中氮在酸性条件下还原、浓缩后, 用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Se催化扩散吸收法测定, 其它样品氮用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ -重铬酸钾法; 磷、钾用硝酸-硫酸-高氯酸消化, 钼锑抗比色测磷, 原子吸收法测钾。

## 二、结果与讨论

## 1. 系统中物质的输入与输出

(1) 3个子系统氮、磷、钾的输入与输出 从农田、果园和茶园的氮、磷、钾平衡状况看(表1), 养分的输入以肥料形式为主, 而且主要以无机肥形式输入系统, 其它途径输入的养分远比由肥料投入的养分少。养分的输出中, 气态氮损失所占比例较大, 尤其在果园、茶园中这部分损失超过收获移出的氮。这主要是由于在施氮肥中, 施用易损失氮素的肥料多, 而且在园地, 施肥方式以表施、撒施为主, 造成大量氮的气态损失。钾的径流损失在农田、茶园中也较大, 分别占钾的输出量的31%、95%。这是由于农田一年三熟制耕作频繁, 茶园坡度大, 从而造成较多钾随水土流失了。磷在3个子系统的输出中都以收获移出为主。

从输出与输入比值看, 氮素较平衡, 分别是农田0.85、果园0.87、茶园0.75; 磷的输出与输入比值只有果园1.16较接近1, 钾的输出与输入比值仅农田0.93接近1。农田和茶园磷的输出与输入比值很低, 说明这两个子系统磷的利用率低。茶园钾的输出与输入比值远远超过1, 钾素平衡遭受破坏, 将导致茶园的钾素严重亏缺。

(2) 茶场系统的养分平衡 如图1所示, 在该系统中有47%农田产品, 2%果园产品和1%茶园产品提供与本系统的人畜消费, 而农田的92%有机肥和果园的全部有机肥是由该系统的人畜所提供的。若把茶场作为一个整体系统, 考虑到养分的输入途径: 施肥、降雨和植物共生固氮, 养分的输出途径: 产品、径

表 1 子系统的养分平衡  
Table 1 Nutrient balance of the subsystems (kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>·a)

子系统 Subsystem	输入 Input						输出 Output				输出/ 输入 Output/ Input
	种 子 Seed	有 机 肥 Organic fertilizer	无 机 肥 Inorganic fertilizer	降 雨 Rainfall	生 物 固 氮 Biological nitrogenfixation	小 计 Total	径 流 损 失 Runoff loss	收 获 Harvest	气 态 氮 损 失 Loss of gaseous nitrogen	小 计 Total	
氮素平衡 N balance											
农 田 Farmland	3.7	74.4	158.0	17.2	63.0	316.3	3.2	143.6	121.0	267.8	0.85
果 园 Orchard	—	2.3	274.0	17.2	10.0	303.5	0.5	65.7	198.0	264.2	0.87
茶 园 Tea plantation	—	—	174.0	17.2	10.0	201.0	2.5	58.5	90.3	151.3	0.75
磷素平衡 P balance											
农 田 Farmland	1.1	16.4	106.8	0.2	—	124.5	4.7	24.6	—	29.3	0.24
果 园 Orchard	—	1.2	3.6	0.2	—	5.0	0.6	5.2	—	5.8	1.16
茶 园 Tea plantation	—	—	35.0	0.2	—	35.2	1.7	5.5	—	7.2	0.20
钾素平衡 K balance											
农 田 Farmland	0.8	74.4	104.7	8.5	—	188.4	55.3	120.4	—	175.7	0.93
果 园 Orchard	—	0.7	64.0	8.5	—	73.2	8.3	36.6	—	44.9	0.61
茶 园 Tea plantation	—	—	9.9	8.5	—	18.4	42.9	2.2	—	45.1	2.45

流损失和氮的气态损失,可知养分的年输入量:  
N222.60kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>、P40.40kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>、K40.60  
kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>,年输出量:N182.60kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>、P9.90  
kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>、K55.40kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>。因此,茶场系统的  
N、P、K输出与输入比值分别是0.82、0.25和1.36。  
由此可见,该系统对磷的利用率是低的,同时若不  
注重钾的投入,将会导致该系统钾素的严重亏缺。

2. 系统的能流特征

(1) 太阳辐射能量和光能利用率

该场农业生态系统太阳年总辐射为 9.18 ×  
10<sup>12</sup>kJ,其中农田 12.60 × 10<sup>11</sup>kJ,果园 14.24 ×  
10<sup>11</sup>kJ,茶园 64.94 × 10<sup>11</sup>kJ。该系统的年收获初  
级生产总能为11.81 × 10<sup>9</sup>kJ这样系统的光能利用率  
为0.13%。其中初级生产能的38%来自农田,50%  
来自茶园,只有12%来自果园。尽管如此,子系统的  
光能利用率却是农田最高0.36%,茶园最低 0.09%。

(2) 人工辅助能的投入结构和效率

农田子系统有机能投入占农田投入总能量的84%(表2),为无机能投入的 5.07倍。在有机能投入中,

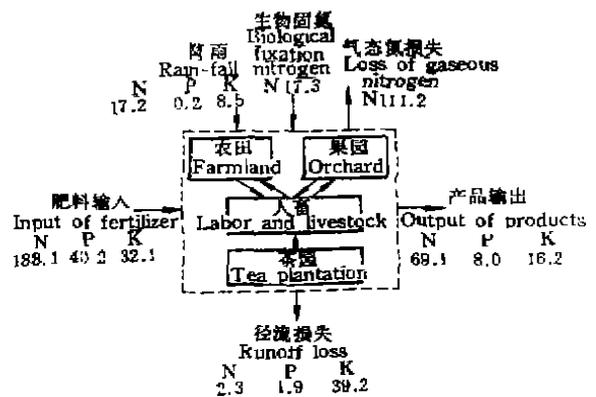


图 1 上海茶场农业生态系统的养分循环图 (1980年)  
Fig. 1 Nutrient balance of Shanghua Tea Farm agroecosystem (kg/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>)

以有机肥能为主，占94%。果园子系统和茶园子系统有机能投入占投入总能量的百分数分别为30%、18%，有机能与无机能之比值相应是0.44、0.22，而且有机能投入以劳力为主，分别占有机能总投入的83%（果园）和80%（茶园）。由此可见，以有机肥为基础的高有机能投入，是低丘红壤农田系统的重要特点，而果园和茶园系统的有机能投入主要靠劳力投入。无机能投入主要是以化肥能，占无机能总投入百分数分别是农田97%、果园和茶园均为98%。从整个辅助能投入结构来看，农田主要是有机能，占投入总能的84%，果园和茶园则都以无机能投入为主，占投入总能量百分数分别是70%和82%。

该农业生态系统的总工业能年输入量为 $24.28 \times 10^6 \text{kJ}/10^4 \text{m}^2$ ，有机肥能年输入量为 $10.89 \times 10^6 \text{kJ}/10^4 \text{m}^2$ ，分别占年输入总能的69%、31%；年输出该系统的生物能为 $47.73 \times 10^6 \text{kJ}/10^4 \text{m}^2$ （不包括归还子系统的生物能 $11.30 \times 10^6 \text{kJ}/10^4 \text{m}^2$ ）。这样，该系统的投能效率是1.36。

表 2 人工辅助能的投入结构

Table 2 Input structure of artificial complementary energy

子系统 Subsystem	有机能输入 (MJ/10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a) Input of organic energy						无机能输入 (MJ/10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a) Input of inorganic energy						有机/无机 Org./Inorg.	有机/总能 Org./Total
	劳力 Labor	畜力 Livestock power	有机肥 Organic fertilizer	种子 Seed	有机农药 Organic pesticide	小计 Total	无机农药 Inorganic pesticide	氮肥 Nitrogen fertilizer	磷肥 Phosphate fertilizer	钾肥 Potassic fertilizer	机械及其它 Mechine and others	小计 Total		
农田 Farmland	3454.95	39.57	13690	2951.7	1758.46	145104.9	804.35	21315	4860.8	1482	28593.8	21.28	351.7	
果园 Orchard	12434.8	—	816.9	—	1632.9	14984.6	816.4	28998	3035.4	1624	34380	1.84	125.6	
茶园 Tea plantation	3504.3	—	—	—	870.2	4383.6	435.4	16684.4	2386.2	355.8	18620	0.82	75.96	

3. 系统经济效益

从表 3 看出，该系统的年产值是2598 Yuan/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>，产投比为1.55，但其利率仅为36%，说明该系统的

表 3 系统的经济效益

Table 3 Economic benefit of system

系 统 System	产 值 (Yuan/ 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a) Output Value	成 本 (Yuan/ 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a) Cost	劳 动 日 (l/10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a) Days of labor	净 收 入 (Yuan/ 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ·a) net income	利 率 (%) Interset rate	产/投 Ratio of output to Input
系 统 System	2598	1673	253	925	36	1.55
农 田 Farmland	1587	961	313	626	39	1.65
果 园 Orchard	3921	2831	330	1090	28	1.39
茶 园 Tea plantation	2504	1658	226	846	38	1.61

经济效益还是比较低的。不过,该系统具有适于柑桔、黄桃等果树和茶树生长的自然条件,而果园和茶园的产值又分别为 2.5、1.6倍于农田,如果加强园地管理,提高其利率,将会使该系统取得良好的经济效益。

### 三、结 论

对于该类养分循环不理想,经济效益较差的系统,应采取在不过多危及自身养分循环的前提下,以较少的生物能输出,换取较佳的经济效益。

傅庆林 孟赐福

Fu Qing-Lin Meng Ci-Fu

(浙江省农科院土肥所,杭州)

(Institute of Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou)