

# 赤红壤开垦利用后生态环境的变化

刘腾辉

(华南农业大学, 广州)

## 摘 要

本文主要研究赤红壤开垦利用后采用一年一熟、一年二熟及多年一熟制的土壤生态环境变化, 如自然植被作物代替, 随着利用时间的延续, 田间杂草种类及密度增加, 动物及害虫增多, 土壤养分减少和沙化显著。30年试验结果表明不同轮作方式对土壤生态环境及经济效益的影响不同, 其中以轮种绿肥的多年一熟制效果较好。

**关键词** 赤红壤, 开垦利用, 生境变化。

试验地属缓坡矮丘, 坡度8—15°, 面积8亩。采用机耕、起畦、修筑等高水平梯田, 设置一年二熟、一年一熟及多年一熟三个试验区, 每区四个重复, 并设辅助试区。种植的作物: 在一年二熟区早造主要为花生、豆类、玉米、高粱, 晚造为蕃薯、绿肥, 间或种木薯; 一年一熟区主要为木薯、甘蔗和绿肥; 多年一熟区主要为甘蔗、木薯、鱼藤、绿肥、后两区间或也种花生、豆类和蕃薯等。耕作管理按作物特点, 基本与大面积旱作种植相近。每年亩施氮(N)3公斤, 磷(P)和钾(K)各2公斤。定期调查和采土分析。现将30多年来试验地生态环境的变化趋势总结于后。

## 一、群体组成与杂草

赤红壤坡地开垦前生长的自然植被主要是大叶桉(*Eucalyptus robusta*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、台湾相思(*Acacia confusa*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、岗松(*Baerkea frutescens*)、画眉草(*Eragrostis pilosa*)、鸭咀草(*Ischaemum aristatum*)和鹧鸪草(*Eriachne pallescens*)等。开垦后种植作物有花生(*Arachis hypogaea*)、蕃薯(*Ipomoea batatas*)、玉米(*Zea mays*)、高粱(*Sorghum vulgare*)、木薯(*Manihot esculenta*)、绿豆(*Phaseolus aurens*)、大豆(*Glycine soja*)、甘蔗(*Saccharum officinarum*)、山毛豆(*Tephrosia perscon*)、猪屎豆(*Crotalaria spectabilis*)、萝卜青(*Raphanus raphanistrum*)、鱼藤(*Derris, sp.*)等。随着垦种时间增长, 田间杂草亦随着堆肥、垃圾和厩肥的施用而侵入试验区, 特别是地下走茎和地下球茎类杂草增多。如白茅(*Impertea cylindrica*)、香附子(*Cyperus rotundus*)、铺地黍(*Panicum repens*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、酢浆草(*Oxalis repens*)等, 使作物群体结构发生变化。杂草生长的种类和密度随着轮作方式而异, 其中以一年二熟区最大, 一年一熟区次之, 多年一熟区更次之(见表1)。

本文于1987年9月21日收到。

表 1 试验区杂草生长的种类及密度  
(株/米<sup>2</sup>)

Table 1 The types and density of weed in plots (Trunk/m<sup>2</sup>)

熟制	年份	杂草					
		白茅	香附子	狗牙根	铺地黍	酢浆草	
一年二熟区	1959	0.30	0	0.11	0.13	0	
	1963	0.13	1.03	0.11	0.37	0	
	1965	0.24	1.31	0.73	0.61	0	
	1975	0.79	2.24	0.88	0.82	1.07	
	1984	0.71	1.73	0.78	0.80	2.47	
一年一熟区	1959	0.32	0	0.13	0.26	0	
	1963	0.72	0.71	0.53	0.44	0	
	1965	0.57	0.68	0.32	0.27	0	
	1975	1.09	1.13	0.27	0.63	0.10	
	1984	0.66	1.06	0.09	0.17	0.43	
多年一熟区	1959	0.31	0	0.11	0.23	0	
	1963	0.07	0.90	0.23	0.24	0	
	1965	0.17	1.04	0.29	0.40	0	
	1975	0.22	0.78	0.07	0.61	0	
	1984	0.27	0.53	0.13	0.37	0.07	
对照区	(稀柯草坡自然土壤)						
		马尾松	0.01	画眉草	10.0		
		台湾相思	0.02	鸭嘴草	35.0		
		大叶桉	0.01	鹧鸪草	12.0		
		岗松	0.3	桃金娘	0.2		

测定方法：样方法。

表 2 试验区害虫调查结果(个/100株)

Table 2 Surveyed results of destructive insects in plots (number/100trunks)

熟制	年份	害虫					
		蔗螟	象甲	二点螟	棉蚜虫	豆螟	金龟子
一年二熟区	1967—1968	3.5	7.9	0.71			
	1962—1963	4.8	13.9	1.1	0.7	12.9	
	1974—1975	56.3	67.8		20.5	32.6	0.9
	1982—1983	82.1	91.4		35.3	53.0	7.7
一年一熟区	1957—1958	2.3	7.6		1.1		
	1962—1963			5.1	1.7	0.6	1.4
	1974—1975	37.6	30.3	4.0	6.2	7.0	10.4
	1982—1983						16.2
多年一熟区	1962—1963			1.3			
	1974—1975	3.1	11.9	7.3	10.9	6.5	
	1982—1983		13.1	9.8			
	* 对照区	1957—1958	蟋蟀	白蚁	蚯蚓		
		0.003	1.5	0.07			

测定方法：样方法。

\* 1956年前，单位：个/M<sup>2</sup>

## 二、土壤动物与害虫

赤红壤开垦前栖息的动物有蚯蚓、老鼠、蛇等。开垦后这些动物成倍增加，同时昆虫种类增多，如蟋蟀 (*Cryllulus chinensis*)、螻蛄 (*Forficula auricularis*)、白蚁 (*Ceptotermes formosahus*) 和作物害虫。害虫明显增加，并随作物种类有异。主要有蕃薯茎螟 (*Omphisa illisalis walker*)、蕃薯小象甲 (*Cylas formicarius*)、甘蔗二点螟 (*chilo infuscatellus*)、甘蔗绵蚜虫 (*Ceratovacuna lanigera*)、金龟子 (*Holotrichia*)、豆螟 (*Etiella zinckenella*)、蚜虫 (*Aphid*) 等。虫害日甚，以一年二熟区的茎螟和象甲尤为严重 (见表 2)。

## 三、土壤微生物

赤红壤开垦前后的土壤微生物区系中均以细菌为主，次为放线菌，真菌最少。开垦后微生物总量和微生物活性则以多年一熟区最多和最强；一年一熟区次之，一年二熟区更次 (见表 3)。

## 四、土壤肥力

1. 养分的消长 有机质：赤红壤有机质在开垦利用二、三年内因剧烈矿化而下降<sup>(1)</sup>，但在三年后又逐渐回升 (图 1)。其中一年二熟区因频繁耕作而有机质含量比未垦地低，一年

表 3 试验区的微生物活性和数量

Table 3 The activity and quantity of micro-organism in plots

轮作区	微生物活性 (CO <sub>2</sub> 毫克·100克 <sup>-1</sup> 天 <sup>-1</sup> )	微生物数量(个·克土 <sup>-1</sup> )			总数
		细菌	真菌	放线菌	
一年二熟区	22.37	1809300	58275	349650	2217225
一年一熟区	46.17	2181200	140000	1209600	3530800
多年一熟区	63.75	5592600	102375	1828375	7523700
对照区(自然土壤)	35.85	1604800	61950	805350	2472100

测定方法: 生物量测定用经修改的D.S Tenkinson的黑茶分解法。生物活性用气相色谱法(CO<sub>2</sub>释放)测定。

一熟区和多年一熟区则略高于未垦地。据多年分析结果统计(表4); 耕层有机质平均值及变幅在一年二熟区为1.25%和0.994—1.411%, 一年一熟区1.44%和1.031—1.717%, 多年一熟区1.67%和1.011—2.197%。标准差分别为0.15、0.23、0.39, 变异系数为11.91%、15.74%、23.1%。

氮: 据表4和图2所示; 氮与有机质消长相类似, 但速效氮含量则与轮种的作物有关。如多年一熟区鱼藤种植5年后速效氮含量特别高, 达151.3ppm。

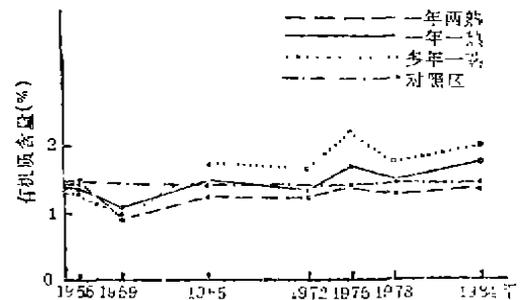


图 1 土壤有机质的消长

Fig.1 Fluctuation of soil organic matter

表 4 试验区的养分含量

Table 4 Nutrient in plots

试验区	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	速效氮 (ppm)	速效磷 (ppm)	速效钾 (ppm)
一年二熟区	0.994—1.411 1.25	0.053—0.066 0.059	0.058—0.065 0.061	0.205—0.311 0.280	9.0—14.4 11.34	1.0—5.6 2.9	2.71—70.3 22.47
一年一熟区	1.031—1.72 1.44	0.057—0.093 0.074	0.060—0.086 0.069	0.289—0.529 0.31	8.0—16.4 11.49	1.0—15.8 7.9	3.02—65.2 24.39
多年一熟区	1.011—2.197 1.67	0.055—0.113 0.075	0.058—0.092 0.072	0.241—0.483 0.320	8.0—151.3 31.61	1.0—18.3 11.43	3.58—60.0 25.15
对照区 (自然土壤)	1.390—1.412 1.403	0.062—0.064 0.063	0.062—0.070 0.067	0.318—0.330 0.324	11.0—12.0 11.17	1.0—1.3 1.13	65.0—69.0 66.8

分析方法: 常规分析法

磷: 赤红壤未垦前一般均缺磷<sup>[2]</sup>, 开垦后因施用磷肥, 使磷的含量有增加的趋势。特别是速效磷, 以多年一熟区较高, 一年一熟区次之, 一年二熟区较低(表4和图3)。多年一熟区因土壤有机质含量较高, 部分磷以有机态磷存在, 磷的活化度增强; 同时种植鱼藤、甘蔗等深根作物能将心土的磷富集于表土, 使其速效磷含量增高。

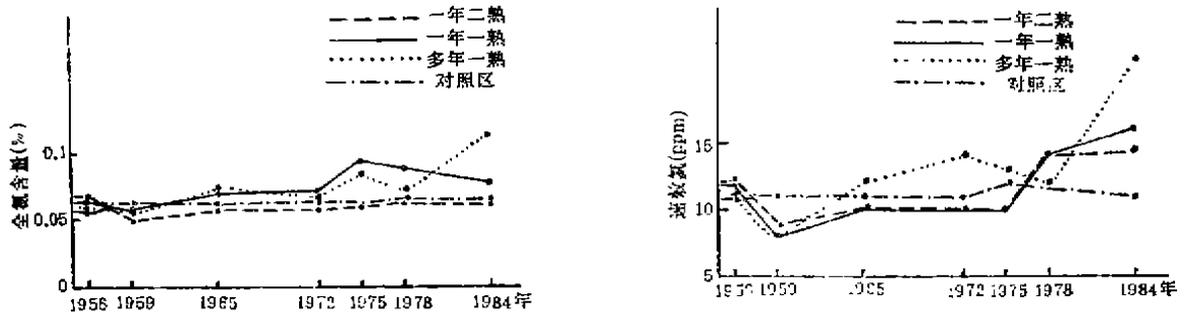


图 2 土壤氮素的消长  
Fig. 2 Fluctuation of soil nitrogen

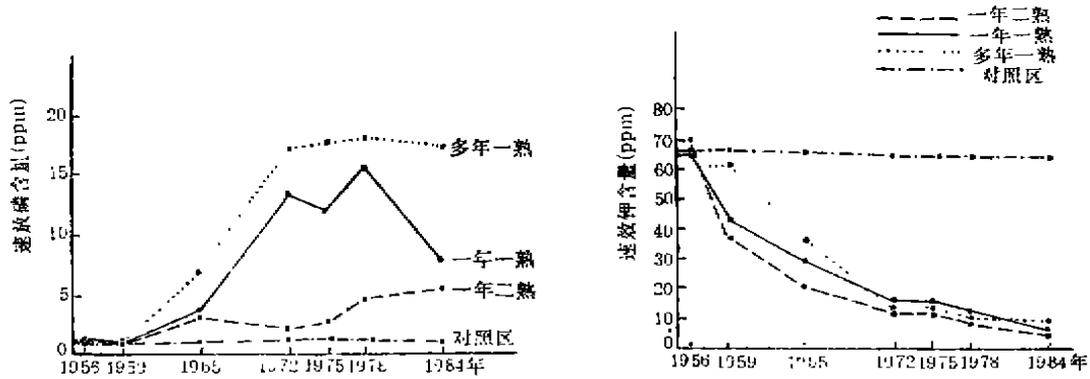


图 3 土壤速效磷的消长  
Fig. 3 Fluctuation of soil available phosphate

图 4 土壤速效钾的下降趋势  
Fig. 4 Decreased tendency of soil available potassium

钾：花岗岩富含长石，花岗岩发育的赤红壤，全钾和速效钾都较丰富<sup>[8]</sup>。开垦后因作物吸收和土壤流失而下降明显(表 4 和图 4)。尤其一年二熟区，其余两区下降较缓。故赤红壤开垦后增施钾肥，对提高土壤钾含量和作物产量是必要的。

表 5 试验区耕层机械组成的变化(%)  
Table 5 Change of mechanical composition of plough layer in plots(%)

年份	轮作区			一年二熟区			一年一熟区			多年一熟区			对照区		
	>0.5 (mm)	0.5-0.01 (mm)	<0.01 (mm)												
1956	39.33	31.86	28.81	40.10	31.31	28.59	39.69	30.88	29.43	39.24	35.71	25.05			
1959	39.44	32.86	27.70	42.16	30.13	27.80	43.34	28.45	29.20						
1965	43.10	34.00	23.00	42.60	33.00	24.40	42.00	31.00	27.00						
1972	46.37	30.16	23.47	42.69	34.40	23.01	42.10	34.70	23.20						
1978	46.70	30.45	22.85	42.52	34.73	22.75	41.30	34.40	24.30						
1984	46.88	30.48	22.64	43.41	34.00	22.59	41.61	33.89	24.48	39.30	35.64	25.06			
1956-1984	+7.55	-1.38	-6.17	+3.31	+2.69	-6.00	+1.92	+3.01	-4.93	+0.06	-0.07	+0.01			

测定方法：比重计法

**2. 土壤沙质化** 试验区虽按等高水平带埂竹节沟方式开垦成梯田。但耕作频繁, 粘粒发生淋失, 随着时间增长, 沙化显著(见表5)。

**3. 团粒结构变化** 赤红壤开垦5年时, 土壤中2—1mm和1—0.5mm团粒急剧增加, 随时间延续, 大于2—1mm团粒减少, 1—0.5mm团粒增加, 待15年后, 团粒趋于变小。以1—0.5mm和0.5—0.25mm团粒为主<sup>[4]</sup>(表6)。

表6 试验区耕层水稳性团粒组成(%)

Table 6 Composition of waterstable granular of plough layer in plots (%)

年份	熟制	一年二熟区				一年一熟区				多年一熟区				对照区			
		3—2 (mm)	2—1 (mm)	1—0.5 (mm)	0.5— 0.25 (mm)												
1956		4.87	7.72	8.80	5.09	5.77	8.49	12.38	1.96	6.07	7.70	12.17	2.28	3.71	6.48	9.26	4.63
1961		5.10	24.46	21.50	5.63	7.03	28.70	18.70	6.19	6.28	21.13	23.88	5.40				
1972		6.08	6.62	15.23	15.71	4.01	9.28	18.90	19.19	6.96	8.12	18.97	19.87				
1978		6.65	4.40	14.80	16.02	3.96	9.31	19.84	19.60	6.14	9.38	19.10	18.01				
1984		6.96	6.67	15.63	16.11	6.22	8.78	19.27	18.96	6.03	9.77	20.32	19.98	3.78	5.41	9.31	4.48

测定方法: 湿筛法。

**4. 孔隙度和容重变化** 它们直接反映土壤固、液、气三相间的相互关系, 是土壤物理性状的重要标志之一(表7)。

表7 试验区土壤孔隙度和容重的测定结果

Table 7 Measured results of soil porosity and volume weight in plots

项目	层次	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	非毛管孔隙度 (%)	自然含水量 (%)	饱和度 (%)	毛管孔隙度 非毛管孔隙度
一年二熟区	0—20	1.35	38.85	33.28	5.57	11.92	38.85	6:1
	21—40	1.44	44.36	42.44	1.92	18.17	44.36	22:1
一年一熟区	0—20	1.43	23.31	23.85	3.68	10.23	27.31	7:1
	21—40	1.53	27.85	26.37	1.48	13.80	27.85	18:1
多年一熟区	0—20	1.28	44.06	26.63	7.43	17.11	44.06	5:1
	21—40	1.50	29.33	28.46	0.87	16.68	29.33	33:1
对照区	0—20	1.51	31.21	29.78	1.43	15.46	31.21	21:1
	21—40	1.48	31.69	30.45	1.24	15.89	31.69	25:1

测定方法: 土壤当量孔隙容积测定仪测定。

**5. 土温变化** 赤红壤开垦后热容量变小, 导热性增强, 故温差变化较大。据1984—1985年测定结果表明: (1)土温7月最高(0—5cm土层中午高达39℃), 1月最低(约19℃左右), 年温差达20℃, 这与气温月变化相一致。(2)不同轮作制的土温变化差异亦大。特别是一年二熟区, 表层(0—5cm)日温差达8—10℃(7月7—8点为29.2℃, 14—15点为39.7℃; 12月则分别为24.1℃和32.2℃)。多年一熟区因鱼藤复盖则较小, 为5℃左右(7月上旬为26.9℃, 下午为32.2℃), 与未垦地较接近。(3)日温差一般以表层最大, 其下层较小, 并随

深度趋于稳定。此外,夏季上午表层和心土层(20cm)温度较接近,冬季后者较前者高。

**6. 地表温度变化** 据1984—1985年测定结果表明:地表(5—10cm)的相对湿度上午比下午大,多为80—89%,下午<80%;并以4—5月和8—10月较大,达到86—89%,12月至第二年1月较小,为76—83%,这与降雨量的月变化相一致。其次,开垦后因耕作频繁和作物利用,地表易干燥,旱季一般明显低于未垦地。

## 五、作物产量与收益

赤红壤开垦后轮作制不同,肥力有异,同时作物产量与经济效益亦有别。多年试验结果表明:试验区每个轮作期作物产量及总产值均以多年一熟区>一年一熟区>一年二熟区,同种作物也如此(表8)。

表8 试验区种植的作物与产量(公斤/亩)

Table 8 Planting crops and yields in plots (kg/mu)

作物种类	轮作区	一年二熟区	一年一熟区	多年一熟区
	种植次数	作物44造,绿肥(猪屎豆、印尼绿豆)2.5年	作物25造,绿肥(猪屎豆、山毛豆)3年	作物18造,绿肥(山毛豆)2年
花生		56	93.5	124
番薯		211	616.5	1042.5
玉米		63	120	135
高粱		125	187.5	260
木薯		488.5	742	1078
绿豆		24	39	52
红豆		24	49	52
大豆		16.6		
甘蔗			4426	6264.5
鱼藤				105
绿肥		350—500	600—1000	1250—1750

实践证明,十年轮作中要种植三年以上绿肥(包括鱼藤),才能解决肥料不足及地力衰退问题,使作物产量不断提高。适种于赤红壤的绿肥有一年生的印尼绿豆、太阳麻,多年生的铺地木兰、猪屎豆、山毛豆和鱼藤等,其中鱼藤在轮作改土中优势明显。即鱼藤每年落叶较多,增加土壤有机质。如试验区种后3—5年有机物质(风干重)各为316.6、387.2、389.6公斤;鱼藤有大量根瘤,可以固氮,促使土壤速效氮速增。如种植5年后,土壤速效氮由12ppm增至151.3ppm;鱼藤还可提取无残毒的杀虫剂——鱼藤精,宜用于水果和蔬菜杀虫;鱼藤根经济价值高,亩产666公斤,价值1056元;鱼藤枝叶繁茂,可增加地面覆盖,减少水土流失;因属多年生作物,还有利于调节劳力。

## 参 考 文 献

- [1] 文启孝、林心雄, 1983, 红壤地区土壤有机质的含量和特征, 《中国红壤》, 第119—120页, 第123—127页, 科学出版社。
- [2] 何电源, 1983, 华南热带土壤养分含量状态及肥力评价, 土壤学报, 20(2):155—160。
- [3] 赵其国等, 1981, 我国热带和亚热带地区土壤的肥力特点及其利用改良, 土壤, 13(5):163—166。
- [4] 姚贤良、于德芬, 1982, 红壤的物理性质及其生产意义, 土壤学报, 19(3):227—228。

