

## 中国橡胶林的水土保持效应

曾宪海, 安锋, 谢贵水, 曹建华, 王岳坤, 林位夫

(中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南儋州 571737)

**摘要:**水土保持工程是中国橡胶林“四化”(林网化、梯田化、覆盖化、良种化)建设的主要内容,为植后胶园生态平衡的恢复和改善以及橡胶树的速生高产创造了条件。50多年来,水土保持的作用和意义逐渐得到了人们的认识和重视,水土保持措施得以不断的发展和完善,从过去的单纯以“三保”(保水、保土、保肥)为目的逐渐向复合型、生态型和效益型的转变。实践证明,橡胶林人工生态系统具有良好的生态效益、经济效益和社会效益。作者就中国橡胶林的水土流失现状、特点以及水土保持措施等方面的研究进行了综述,并对今后的科研发展方向作了探讨。

**关键词:**橡胶林;水土保持

中图分类号:S3

文献标志码:A

论文编号:2009-1903

### Effects of Soil and Water Conservation in China Rubber Plantation

Zeng Xianhai, An Feng, Xie Guishui, Cao Jianhua, Wang Yuekun, Lin Weifu

(Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou Hainan 571737)

**Abstracts:** Soil and water conservation project is the main content of "four modernizations" (based agro-forestry, terracing, coverage, improved varieties) constructions of China rubber plantation, which creates the conditions for the restoration and improvement of the ecological balance of rubber plantation after planting as well as the fast-growing high-yielding of rubber trees. For the past 50 years, the role and significance of soil and water conservation has been a gradual awareness and attention, so that the measures of soil and water conservation have been continuously developed and improved, and the purpose has been gradually changed from the "three conservations" (water soil and fertilizer conservation) applied before to complex, ecological and efficiency mode. Practices have proved that rubber plantation as an artificial ecosystem has a good eco-efficiency, economic and social benefits. This paper summarizes the studies on the status, features of soil and water erosion as well as its developed measures for soil and water conservation in China rubber plantation, and the prospects of its development in future was discussed.

**Key words:** rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation; soil and water conservation

### 0 引言

橡胶林是具有热带森林系统特点的大面积种植的人工林,是重要的热带人工生态系统。橡胶树(*Hevea brasiliensis*)作为热带雨林中的高大上层乔木,它在系统发育中同化了热带森林的环境条件,因此它的生长发育和产胶要求高温、高湿、静风、沃土和近乎全光照

的热带森林环境。它像一种植物计,以自身能否在该地生长、发育、开花、结果和产胶为尺度,指示该地是否符合热带森林的环境条件<sup>[1]</sup>。橡胶树属的各个种分布于南美洲北纬5°—南纬15°的亚马逊河流域,中国植胶区地处热带北缘至亚热带地区,受季风影响,降雨量分布不均,60%~90%的降雨量集中在5—11月<sup>[2]</sup>,干

**基金项目:**中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“新植胶园脆弱生态系统生物修复技术研究”(YWFZX09-06(N))。

**第一作者简介:**曾宪海,男,1976年出生,助理研究员,硕士,研究方向:橡胶树栽培生态。通信地址:571737 海南省儋州市宝岛新村中国热带农业科学院橡胶研究所, Tel: 0898-23300459, E-mail: zxh668@hotmail.com。

**通讯作者:**林位夫,男,1955年出生,研究员,博导,研究方向:橡胶树栽培生态。通信地址:571737 海南省儋州市宝岛新村中国热带农业科学院橡胶研究所, Tel: 0898-23300495, E-mail: rubberL@163.com。

**收稿日期:**2009-09-16, **修回日期:**2009-10-28。

湿季明显。在旱季,降水量少,蒸发量大,橡胶林地水分不足,以致影响橡胶树的生长和产胶;而在雨季,降水量的过分集中以及暴雨、台风天气,胶园特别是利用坡地植胶的新植或更新胶园很容易发生水土流失。在橡胶林的水土流失与保持方面,国内外已经做了很多研究<sup>[1-3]</sup>,并发展了一些水土保持措施,作者就此进行综述并对今后开展水土保持研究提出一些看法。

### 1 橡胶林的水土流失现状

中国 1/3 的土地都存在不同程度的水土流失,年流失的土壤达 50 亿 t,给中国带来的经济损失相当于 GDP 的 2.25% 左右。橡胶林生态系统大都是在次生林或热带草地上建立起来的,由于植被及利用方式发生了改变,开垦前后气象要素有一定的变化。在新植胶园中,绝大部分林地裸露,地表蒸发加强,水源逐渐枯竭,逐渐导致橡胶种植区的气候从湿热向干热方向转变。相对湿度方面,由于砍伐森林和防护林,致使相对湿度下降 1%~1.5%,平均风速约增加 0.2~0.4 m/s,蒸发量约增加 88~160 mm<sup>[1]</sup>。Noguchi 等<sup>[4-5]</sup>比较了热带雨林与橡胶林(水平梯田)的水土流失原因,认为热带雨林砍伐后种植橡胶,橡胶园特别是植胶带的土层变薄,致使土壤渗透力低,持水能力减弱,饱和导水率下降,地表径流量增大。此外,在新植胶园中,树冠小,不能有效地缓冲和截留降水,减少降水对土壤的溅击和地表径流对林地的冲刷,橡胶林的水流失量是同面积天然热带雨林的 3 倍,土流失量则是同面积热带雨林的 53 倍。

橡胶树是大型的热带经济作物,生长周期长达 30~40 年,随着中国宜胶区耕地面积的减少,橡胶树正越来越多地选择在一些生态环境条件较差的地方如陡坡地种植。然而在山坡上的橡胶园,水土流失非常严重。水土流失伴随养分的丧失,致使土层变薄,结构不

量,渗透和抗冲力相对减弱,从而加剧了水土流失。研究<sup>[6]</sup>表明,新植胶园的地表径流量达 577.4 t/hm<sup>2</sup>,土壤侵蚀量达 1.58 t/hm<sup>2</sup>,而何园球等<sup>[7]</sup>的研究表明,在幼龄胶园(4~6 年)中,在土层 <20 cm、20~50 cm、>50 cm 中的地表径流量分别占降雨量的 4.3%、25.3%、35.6%,而地表养分迁移量则分别达到 8.2 kg/hm<sup>2</sup>、17.1 kg/hm<sup>2</sup>、31.8 kg/hm<sup>2</sup>。以上数字表明,水土流失所带来的损失是巨大的。

因此,为了有效地控制水土流失,在橡胶生产中采取适当的水土保持措施是必要的。

### 2 橡胶林的水土流失特点

中国植胶区的水土流失与季节性降雨、土地利用和耕作方式等有非常密切的关系。

#### 2.1 季节性降雨

雨季期间,降雨量、降雨次数都比较集中,特别是强降雨和持续降雨天气是导致水土流失严重的主要原因,其径流量和土壤侵蚀量分别占年径流量和土壤侵蚀量的 84.7% 与 91.8%。而雨季前后水土流失比较少,特别是在早春干旱期,天气干旱,土壤蒸发量大,降雨量和降雨次数减少,其径流量和土壤侵蚀量仅占年径流量和土壤侵蚀量的 5.5% 与 3.1%<sup>[8]</sup>。但与旷地和热带雨林相比,橡胶林和热带雨林的年降雨侵蚀力分别是旷地的 55.6% 和 43.5%<sup>[9]</sup>。在干季橡胶林与热带雨林相差不多,而在雨季明显大于热带季节雨林。说明了橡胶林和热带季节雨林的水土保持效果比旷地要好,而热带季节雨林的效果要比橡胶林好;森林破坏将极大地增加降雨侵蚀力,加速水土流失。

#### 2.2 土地利用方式

不同土地利用方式与水土流失的关系十分明显。由表 1 可以看出,无论是径流量还是冲刷量,农用坡地最为严重,其次是 3 年胶茶林(水平梯田),热带雨林最小。

表 1 不同土地利用方式与水土流失的关系<sup>[9]</sup>

试验时间	水土流失	农用坡地	橡胶/茶	热带雨林
1965—1966 年	径流量/mm	163.1	13.5	6.8
	与热带雨林相比/%	2400	200	100
	径流系数/%	10.3	0.9	0.4
	与热带雨林相比/%	2580	230	100
1965—1966 年	冲刷量/(kg/hm <sup>2</sup> )	54705	87	42
	与热带雨林相比/%	130250	210	100

同时,还可以知道:水平梯田幼龄胶园的水土流失量很接近热带雨林,这主要得益于水平梯田的保水、保土和保肥的作用;虽然 3 年的胶茶林对阻截雨水的作用还不小,但成龄胶园由于树冠荫闭封行,树

冠层的雨水阻截作用以及地面枯枝落叶的保护作用,使其水土保持的作用将可以接近热带雨林。可见,在新植或更新胶园中采取适当的间作模式能有效减少水土流失。

表2 不同耕作方式与水土流失的关系<sup>[8]</sup>

年份	1962(年降雨量1218.8 mm)		1963(年降雨量1254.7 mm)	
	刀耕火种	割草	牛犁耕翻	割草
径流量/mm	77.93	83.63	21.35	99.58
冲刷量/(t/hm <sup>2</sup> )	26.01	16.10	0.50	18.98

### 2.3 耕作方式

由表2可以看出,在降雨量和降雨强度相近的情况下,牛犁耕翻的耕作方式比“刀耕火种”相比,其径流量和冲刷量均大大减少,分别减少了77.3%和98.1%。主要是牛犁耕翻的土层疏松,土壤渗透力增强,加之等高耕作犁沟垂直于坡面,犁沟起到了拦截水土以及促使水分下渗的作用,因而水土流失大大减少。

## 3 水土保持措施

### 3.1 梯田或等高环山行

传统的水土保持主要以修筑各种梯田或等高环山行为中心,环山行的宽度一般不小于1.5 m<sup>[2]</sup>,虽然修筑环山行需消耗大量人力,但其仍然是各植区普遍采用的行之有效的水土保持工程。农业部颁布的《橡胶树

栽培技术规程》中也规定,根据橡胶林地的地形,修筑不同类型的梯田或环山行。梯田的形式主要有水平梯田、沟埂梯田和环山行(见图1)。在缓坡地(<3°)胶园,通常采用沟埂梯田,面宽2.0~2.5 m;在3°~15°坡地,采用水平梯田或环山行,面宽1.5~2.0 m;在15°~25°坡地,采用水平梯田或环山行,面宽1.5 m。

从表3、表4可以看出,根据林地坡度设置不同形式的梯田,不但有效地减少了土壤的冲刷(见表3),而且能起到拦蓄雨水,保持土壤水分的作用<sup>[10]</sup>(见表4),同时也为橡胶树生长提供良好的条件,从而促进了橡胶树的生长,增加了橡胶树的产量<sup>[11]</sup>。另外修筑梯田或环山行还有利于胶园后期管理和割胶等生产活动的进行,因此,在橡胶树种植时被广泛采用。

表3 缓坡地不同形式的梯田土壤流失量<sup>[10]</sup>

土壤流失量	沟埂梯田(沟在埂上方)	水平梯田	环山行	不修梯田(对照)
土壤侵蚀量/(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	23.205	3.705	11.595	198.285
土壤侵蚀厚度/cm	3.480	0.555	1.740	29.745
对比/%	11.700	1.900	5.900	100

表4 不同形式梯田的蓄雨量<sup>[10]</sup>

林段坡度/°	梯田形式	梯田面宽/m	蓄雨量/mm
1~5	沟埂/水平	6~8	242~262
5~15	小梯田/环山行	2.5~3	57~153
15~25	环山行	2~2.5	29~92
>25	环山行	2	45.5

### 3.2 水肥沟(淤泥坑)

水肥沟是平缓地形胶园常用的水土保持方式。幼龄胶园一般每株或隔株挖一条沟,即在离胶树一定距离挖60 cm×40 cm×40 cm的浅沟,沟的规格随树龄的增大而有所变化;成龄胶园通常在行间挖规格为2 m×0.6 m×0.8 m的深沟。水肥沟不但起到改良土壤和保蓄雨水的作用,而且能作为基肥、有机肥、绿肥或化肥的施肥坑,对橡胶树的生长和产胶有良好的促进作用,研究表明,在成龄胶园中挖水肥沟后,一般可增产干胶8%~10%<sup>[2]</sup>。

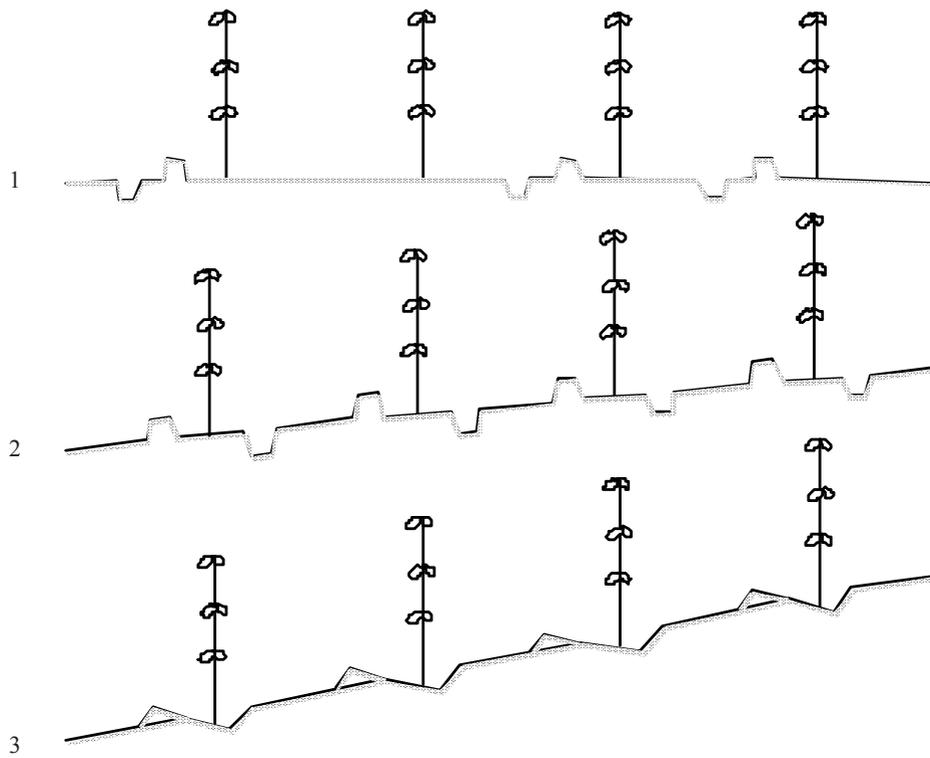
此外,George等<sup>[12]</sup>研究还认为,即使在坡度为17°~22°的成龄橡胶林挖水肥坑也能起到拦截雨水以及保土保肥的作用,试验结果发现,挖100~250个水肥坑/

hm<sup>2</sup>,能保土5~13 t/(hm<sup>2</sup>·年),保肥13~34kg/(hm<sup>2</sup>·年)(N)、7~18kg/(hm<sup>2</sup>·年)(P)、9~25kg/(hm<sup>2</sup>·年)(K),并对橡胶树的生长和产胶无不良影响。

### 3.3 死/活覆盖

3.3.1 死覆盖 生产上通常在胶头(橡胶树树头)周围或植胶带(植行上)盖草或盖割下的覆盖作物,称为死覆盖<sup>[2]</sup>。死覆盖(最好是稻草)比自然覆盖或豆类植物覆盖好<sup>[13]</sup>。铺设死覆盖后,土壤蒸发减少,温湿度改善,因而土壤的持水能力增强,植物的水分状况也得以改善。同时,死覆盖能增加土壤和橡胶树叶片中钾的含量。

此外,死覆盖还可以避免雨滴直接溅击地面,减少水土流失。海南乌石农场曾在胶树株间进行了覆盖香



1. 沟埂梯田(<3°); 2. 水平梯田(3-25°); 3. 环山行(3-25°)

图1 橡胶林不同形式的梯田

茅渣与不盖草的对比试验,经过11个雨日、157.8 mm雨水的淋冲,盖香茅渣的表土流失1.5 cm,对照为2.8 cm,盖草与对照减少了47%<sup>[10]</sup>。由于死覆盖改善了小环境,因而使橡胶树幼树生长加快。根据中国热带农业科学院(前身为华南热带作物研究院)气象组的试验,盖草在8个月内能使胶苗茎粗生长增加4.4%。此外,死覆盖还能抑制杂草滋生,减少胶园抚管用工。

### 3.3.2 活覆盖 在胶园行间或株间间种矮秆或藤本作物

物,借以覆盖地面,这种作物叫活覆盖。覆盖作物主要采用豆科作物如爪哇葛藤、毛蔓豆、蝴蝶豆、巴西苜蓿等。研究表明,与裸露地比较,采用活覆盖的地表径流量、径流系数和土壤侵蚀量明显要小,依次为裸露地(对照)>危地马拉草>飞机草>爪哇葛藤>毛蔓豆(见表5)。毛蔓豆和爪哇葛藤的水土保持效果最好,其覆盖区的地表径流量最小,分别为对照的32.8%和36.6%,径流系数分别为32.7%和36.7%,土壤侵蚀量分

表5 缓坡地不同覆盖作物对地表径流量和土壤侵蚀量的影响<sup>[10]</sup>

项目	毛蔓豆	爪哇葛藤	飞机草	危地马拉草	裸露地
降雨量/mm	1372.0	1372.0	1372.0	1372.0	1372.0
地表径流量/cm	193.7	216.3	418.2	452.9	591.3
地表径流量与对照相比/%	32.8	36.6	70.7	76.6	100
径流系数	0.141	0.158	0.305	0.330	0.431
径流系数与对照相比/%	32.7	36.7	70.8	76.6	100
土壤侵蚀量/cm	0.26	0.42	1.46	1.92	3.25
土壤侵蚀量与对照相比/%	8.0	12.9	44.9	59.1	100

别为8.0%和12.9%。

### 3.4 生物梯田-香根草

香根草[Vetiveria zizanioides (Linn.) Nash]原产于印度、东南亚、南非大陆和南美等地,是禾本科多年生草本植物。其适应性强,耐旱,耐淹,耐瘠,生物量大,

不形成草害、靠分蘖繁殖,在山坡地水土保持、河岸固沙、土工工程防护等方面有较大的应用价值。20世纪90年代,香根草作为水土保持植物在中国华南9个省区种植<sup>[14]</sup>。

建立在坡地的橡胶林,水土流失非常严重,而传统

的水土保持,采取修筑各种环山行的措施,环山行的宽度一般不小于1.5 m。同时,修筑环山行,需消耗大量人力。王岳坤等<sup>[6]</sup>在面宽1.0 m的环山行外坡种植1~2行香根草,观测香根草的生长状况以及香根草绿篱处理区和传统环山行对照区的水土流失状况,研究结果表明:香根草绿篱处理的临界径流降雨量比对照(传统环山行)高1.2 mm,径流量和土壤侵蚀量分别比对照

降低1.0%~18.1%和6.3%~22.2%(见表6),均以种植2行香根草的效果较好,环山行外坡泥土淤积高度达2.4 cm,而对照环山行外坡泥土侵蚀高度1.8 cm;此外,未发现香根草绿篱对橡胶树生长的不利影响,这表明,通过在坡地上按一定间距沿等高线布置(环山行外坡种植)香根草篱能起到保水拦沙的作用,并最终使坡地成为“生物梯田”。

表6 香根草植物篱在新植胶园中的水土保持效应

年份	地表径流量(t/hm <sup>2</sup> )			土壤侵蚀量(t/hm <sup>2</sup> )		
	不种香根草	1行香根草	2行香根草	不种香根草	1行香根草	2行香根草
2001	601.4	614.8	543.1	1.81	1.75	1.47
2002	553.4	528.6	402.8	1.35	1.21	0.99
平均	577.4	571.7	473.0	1.58	1.48	1.23

### 3.5 间作

胶园种植豆科覆盖作物是培肥胶园的好方法<sup>[15-16]</sup>,但由于橡胶生产非生产期长,而投入资金短缺,以及胶园抗灾、土地资源有限和富余劳动力就业等问题,胶园间作也就成为以短养长、资源综合利用、开辟就业门路和提高胶园抗灾能力的重要途径。胶园间作国外始于20世纪初<sup>[17-18]</sup>,在20世纪50年代后发展较快<sup>[19-20]</sup>。国内始自50年代<sup>[21]</sup>。主要的胶园间作模式有如下几种:橡胶/茶、橡胶/甘蔗、橡胶/菠萝、橡胶/胡椒、橡胶/咖啡、橡胶/肉桂、橡胶/砂仁、橡胶/益智等。

胶园合理间作能明显减少水土流失。一些间作模

式在合理管理下,随着胶园冠层加厚,凋落物增加,胶园地面覆盖度增大,土壤结构的改善,胶园对雨水截蓄能力增强,从而减少地表径流和表土流失(表7)。必须指出的是,并不是所有的胶园间作都具有良好的生态效益,如一些在坡度较大的胶园间作,间作过程需经常翻动土壤或顺坡种植等,均可引起严重的水土流失,即使是一些比较成功的间作模式,在刚建立初期,如果没有及早建立死(活)覆盖,也会造成严重水土流失<sup>[22]</sup>。如新植橡胶/茶间作胶园的水土流失量达到25.7t/(hm<sup>2</sup>·年),为草原地(对照)的32.5倍<sup>[23]</sup>。因此,只有合理间作,胶园间作才有良好的生态效益。

表7 一些胶园间作模式的水土保持作用

间作模式	水土流失情况			
	地表径流/mm	比纯作减少%	表土流失/(kg/hm <sup>2</sup> )	比纯作减少%
橡胶/茶 <sup>[24]</sup>	197.25	29.5	76.05	70.4
橡胶(纯作) <sup>[24]</sup>	279.75	-	256.84	-
橡胶/(矮化)胡椒 <sup>[25]</sup>	20.58	50.7	320.25	50.5
橡胶(纯作)	41.78	-	649.2	-

### 3.6 防护林

防护林建设是胶园四化建设的主要内容之一。它不仅具有减低风速、贮水抗旱、保护水土、降温防寒、改善土壤等改善环境的生态效能,为胶树提供良好的生长和产胶条件,而且能生产市场上紧俏的木材,创造巨大的经济效益。研究<sup>[26]</sup>表明,营造防护林能涵养水源,保持水土,减少水土流失,与无防护林对比能多蓄水300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup><sup>[27]</sup>。目前,采用比较多的是采用桉树防护林,即以桉树为主木与付木混交的防护林,而纯桉树林由于树冠简单,林相单一而不提倡。根据防护目的采用不同的林带结构,组成的防护林结构通常有由主

木、伏木和下木组成的多层次的紧密结构林带;疏透结构通常又主木和下木组成,而通风结构往有纯林林带。因此,为了达到良好的防护效果,需要根据不同树种的特点如根系特点及其喜光性来选择和搭配不同的树种,目前生产上采用比较多的树种有:主木采用速生抗风桉树种,而付木采用幼龄期的具有一定耐荫性的树种如台湾相思、火力楠、母生、木荷等,也可采用比较耐荫的竹柏、格木、香叶树和天竺桂等,他们也可以在行间种植,下木主要采用灌木等如油茶。混交林的比例通常为主木60%、付木30%、下木10%。考虑到防护林对橡胶树边行的影响,通常在防护林带边缘种深根

树种,而台湾相思和窿缘桉由于根系庞大以及树冠大且有趋光性,与林带边行的橡胶树有争夺水肥矛盾,不宜种植在林带边缘<sup>[28]</sup>。

### 3.7 复合生态措施

采取工程措施与生物措施相结合,如保留或营造防护林,等高带状开垦,修筑环山梯田,形成“防护林-橡胶林-豆科绿肥或死覆盖”的复合多层次生态结构,能有效防止水土流失。表8表明,“新植胶园+防护林+水平梯田+行间种山毛豆+株间种葛藤”的橡胶林,消

除了地面坡度和土壤裸露,在保持水土上起了决定性的作用。径流量和土壤侵蚀量分别为对照的6%和16%;“新植胶园+防护林+水平梯田+行间种茶树”由于植茶后耕作频繁,造成地面裸露引起了严重的水土流失。而“成龄胶园+防护林+水平梯田+行间自然植被”由于胶树郁闭以及林下植被刈割,加上降雨强度大,径流量和土壤侵蚀量大。可见,采取工程与生物措施相结合的途径,是减少植胶地特别是新植或更新胶园水土流失的有效措施。

表8 复合生态措施的水土保持效果<sup>[29]</sup>

工程类型	新植胶园+防护林+水平梯田+ 行间种山毛豆+株间种葛藤		新植胶园+防护林+水平梯田+ 行间种茶树		成龄胶园+防护林+水平梯田+ 行间自然植被	
	橡胶林	草坡(>8°)	胶茶林	草原(<5°)	橡胶林	次生林
降雨量/mm	1512.7	1512.7	1844.6	1844.6	1504	1504
径流量/m <sup>3</sup>	2.957	48.720	29.580	21.720	13.520	1.820
侵蚀量/(t/hm <sup>2</sup> )	0.123	0.766	25.746	7.912	0.244	0
观测时间	1983-01—1984-12		1983-09—1984-08		1983-01—1984-12	

## 4 探讨

1)通过对橡胶林的水土保持效应研究,有力地论证了橡胶林是一种比较稳定的人工生态系统。在破坏了原来生境旧的生态平衡后,经过人工的科学管理,使橡胶林形成新的稳定的生态平衡,从而取得较好的生态和经济效益。热带生态学家Frank B.Golley<sup>[30]</sup>曾提出了热带地区开发利用的原则,即不增加土壤流失,不耗竭地力,不增加河流沉积量和不加速其他退化过程。实践也证明,随着人们环境保护意识的加强,人们在合理开发以天然橡胶为重点的热带作物的同时,也在不断地发展和完善生态保护措施,以维护和促进橡胶林生态系统的平衡。

2)采取工程与生物措施相结合的途径,是维护和促进植胶地生态平衡的有效措施。开发中国热带土地种植橡胶等热带作物,必须坚持因地制宜的、高标准的原则,即保留或营造适宜的水土保持林及防护林,开辟高水平的反倾斜梯田,建立胶园覆盖,适当密植,使林地有较大的覆盖率和郁闭度,以提高橡胶林的水土保持效益,并探索建立以橡胶为主体的多层次的复合生态结构。

3)在以修筑梯田为中心的水土保持工程外,应开展相关的生物修复技术,以达到免少耕的开垦方式,以及筛选高效的绿肥作物或其他经济作物,发展林下经济,建立和保持良好的生态和经济效益,从而促进橡胶树的速生、高产、稳产,并增加农民的经济收入。目前水土保持研究主要以幼龄胶园为主,还应加强成龄胶

园的林下经济作物的选育和推广,特别是耐荫作物的筛选。

4)橡胶林作为重要的热带人工生态系统,与热带雨林、次生林相比,水土流失较大,群落层次结构简单化,物种多样性明显下降,地上生物量下降,土壤养分状况变劣<sup>[31-32]</sup>。这主要归结于新植或更新胶园生态系统中的树种单一、群落结构简单、易受干扰、自我调节能力较差,加上人为(如开垦方式、间作模式等)、自然因素(如风、寒、旱、立地条件等)或两者的共同影响,使橡胶林人工生态系统的基本结构受到破坏,导致其生物多样性降低,稳定性和抗逆性减弱,系统生产力下降,是其形成脆弱生态系统的主要原因。然而,正是由于橡胶林的生态脆弱性,使得它具有很大的可塑性。因此,开展新植胶园生态恢复与重建措施研究,对稳定橡胶林生态系统平衡,发展可持续橡胶产业具有积极意义。

## 参考文献

- [1] 陈永善.论橡胶林生态系统的特征.热带农业科学,1984(4):4-7.
- [2] 何康,黄宗道.热带北缘橡胶树栽培.广州:广东科技出版社,1987: 8-88.
- [3] Makadawara S MB. Use of plants for bioengineering in Srilanka. Ground and water bioengineering for erosion control and slope stabilization, 2004:27-238.
- [4] Noguchi S, Baharuddin K, Zulkifli Y. Depth and physical properties of soil in a forest and a rubber plantation in Peninsular Malaysia. Journal of Tropical Forest Science, 2003, 15(4): 513-530.

- [5] Shoji N, Abdul Rahim N, Baharuddin K. Function for water conservation in a tropical rain forest at Bukit Tarek in Peninsular Malaysia. Proceedings of the international conference on forestry and forest products research (CFFPR 2001) held in Kuala Lumpur, Malaysia on 1-3 October, 2001, 2001:89-97.
- [6] 王岳坤,蒋菊生,林位夫,等.新植胶园中香根草绿篱的水土保持作用研究初报.热带农业科学,2004,24(5):5-9.
- [7] 王明珠,赵其国.降水对海南省吊罗山季雨林及橡胶林土壤中元素迁移的影响.植物生态学与地植物学学报,1992,16(3):266-274.
- [8] 马渭俊,汪江海.滇南热区开发与水土流失关系的研究.土壤通报,1981(4):10-12.
- [9] 张一平,何云玲,杨根灿.滇南热带季节雨林和橡胶林对降雨侵蚀力的减缓效应.生态学杂志,2006,25(7):731-737.
- [10] 伍而玉.海南岛橡胶园水土保持效益的调查.热带农业科学,1982(1)13-19.
- [11] 肖崇德.华南垦区胶园梯田化与水土保持.水土保持通,1986(4):46-50.
- [12] George S., John J, Philip A. Influence of silt pits on conservation of soil, nutrients and moisture in a mature rubber plantation. Indian Journal of Natural Rubber Research, 2003, 15(1):14-18.
- [13] Samarappuli L, Dharmakeerthi S, Perera A M A. Possibilities of growing rubber in marginal dry areas. Symposium on agronomy aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*), Sri Lanka, Beruwela, 1996-11-05~06. Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka, 1997, 79: 31-43.
- [14] 程洪.香根草在我国的应用及研究综述.水土保持通报,1998,18(3):77-81.
- [15] 曾宪海,王真辉,谢贵水,等.幼龄胶园间种新银合欢对胶树生长和土壤肥力影响.热带农业科学,2001(4):1-3,9.
- [16] 蒋北松.公路边坡植物防护与野生植物开发利用[J].公路环保,2004(19):54-55.
- [17] Dijkman MJ. 三叶橡胶研究三十年[M].热带作物杂志社,1956:307-313.
- [18] Edgar AT.马来亚橡胶栽培手册.北京:农业出版社,1963:193 - 196.
- [19] 毛根海.国外胶园间作研究.热带作物研究,1988,31(1):71-73.
- [20] 周钟毓.国外热带作物种植园多层栽培概况.热带作物科技,1988(2):41-44.
- [21] 卜国泰.胶园间作菠萝效益调查.热带作物科技,1984(3):57-58.
- [22] 张少若,梁继兴.关于保持和提高热带旱坡地土壤肥力问题的探讨.热带作物研究,1992,50(4):58 - 63.
- [23] 高素华,周果人,黄增明.广东垦区橡胶园生态功能研究.热带作物科技,1985(3):36-48.
- [24] 李一鲲,李荣春.热区山地轮歇垦殖与替代技术的初步探讨.云南热作科技.1995,18(3):19-25.
- [25] 纪力仁.橡胶园间作胡椒研究报告.热带农业科学,1983(2):1-6.
- [26] 冯克煌,张玉潭.胶园防护林树种配置、林带结构与营造方式的探讨.热带农业科学,2007,27(4):5-7.
- [27] 温茂元.桉树胶园防护林.桉树科技,1982(4):33-40.
- [28] 王秉忠,陈汉洲,邱金裕.防护林专题调查报告之二:胶园防护林对林段边行胶树生长和产量的影响及其减免的措施.热带农业科学,1980(3):15-22.
- [29] 周果人,高素华,黄增明.广东橡胶林生态效益的初步研究.热带作物学报,1987,8(1):1-8.
- [30] Golley, F. B. Tropical ecology and development: Proceedings of the 5th International Symposium of Tropical Ecology Kuala Lumpur, Malaysia. Kuala Lumpur: International Society of Tropical Ecology.1980, Part 2:704-710.
- [31] 鲍雅静,李政海,马云花,等.橡胶种植对纳板河流域热带雨林生态系统的影响.生态环境,2008,17(2):734-739.
- [32] Aweto A O. Physical and nutrient status of soils under rubber (*Hevea brasiliensis*) of different ages in South Western Nigeria. Agricultural Systems-Uk, 1987, 23(1):63-72.