

# 四川山丘型林业血防特点及其作用机理

费世民<sup>1</sup> 蒋俊明<sup>1</sup> 孙启祥<sup>2</sup> 周金星<sup>2</sup> 何亚平<sup>1</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

**摘要:** 本文以四川省山丘型血吸虫病疫区为研究对象, 对四川山丘型抑螺防病林模式构建技术问题进行了探讨, 分析提出了山丘型钉螺分布的典型特征, 即具有明显的小流域特征、山体广域分布特征和边缘效应分布特征; 深入研究了山丘型抑螺防病林的作用机理, 提出了控螺、阻螺、驱螺灭螺 3 种功能; 在此基础上, 研究提出了抑螺防病林结构模式和以小流域为单元的抑螺防病林体系布局, 并调查总结了四川山丘型林业血防工程建设的 5 个典型模式。

**关键词:** 四川; 山丘型; 血防区; 抑螺防病林; 林业血防工程

中图分类号: S750 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2014)03-0001-12

## The Characteristics and Mechanisms of Forestry for *Schistosomiasis* Prevention in a Hilly and Mountain Area of Sichuan Province

FEI Shi-min<sup>1</sup> JIANG Jun-ming<sup>1</sup> SUN Qi-xiang<sup>2</sup> ZHOU Jin-xing<sup>2</sup> HE Ya-ping<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Taking the a schistosomiasis epidemic area in a hilly and mountain area of Sichuan Province as the research object, discussion was made on the establishment technology of forestry model for snail control and schistosomiasis prevention. By the analysis of snail distribution, the obvious characteristics of watershed distribution, wide area distribution along the mountain and distribution of edge effect were brought forward. To further research the mechanism of snail control and schistosomiasis prevention forestry, three functions of controlling, resisting, driving away and killing snails were put forward. On this basis, structure model of snail control and schistosomiasis prevention forestry and forestry system layout with watershed as a unit were proposed, and the 5 typical establishment modes of forestry for schistosomiasis prevention in a hilly and mountain area of Sichuan Province were investigated and summarized.

**Key words:** Snail control and schistosomiasis prevention forestry, Forestry program for schistosomiasis prevention, Sichuan, Hilly and mountain area, Schistosomiasis epidemic area

### 1 前言

我国林业血防工作源于长江中下游。20 世纪 80 年代中后期, 中国林科院彭镇华教授提出了“兴林灭螺”的概念, 即选用对钉螺有他感作用的湿生植物材料造林, 使其作用缓释长效, 在长江外滩营建

一个钉螺无法生存的生境, 达到一劳永逸的杀灭钉螺目的, 从而正式开始了“以林为主, 灭螺防病, 综合治理和开发滩地”的林业血防生态工程。1990 年, 卫生部和原林业部正式立项进行“兴林灭螺、综合治理, 开发“三滩””的研究, 该项目启动后, 先后在湖区五省建立试验区 30 个。20 世纪 90 年代中期, 彭镇华、江泽慧教授系统地提出了“中国新林

收稿日期: 2014-03-25

基金项目: 国家“十二五”科技支撑专题“高原山地林业血防生态安全体系构建技术与示范”(编号 2011BA38BAD0701)

作者简介: 费世民(1966-) 男, 博士, 研究员, 主要从事森林生态、森林培育研究工作。

种——抑螺防病林”的新概念,在湖沼和江滩型流行区,通过适生树种的选择与种植,结合翻耕套种农作物,建立林农复合生态系统,达到改变滩地生态环境,减少或抑制钉螺孳生,减少人畜粪便对江滩、湖滩的污染,降低感染性钉螺密度和感染机率、有效控制血吸虫病的流行与传播的目的,并建立了抑螺、防病试验示范林,系统和深入地开展了“兴林抑螺”机制及效果的研究。研究与实践表明:以生态防控理论为基础的林业血防是目前我国广大疫区采取的主要工程技术。依托研究成果,在彭镇华教授的积极倡导下,2006年全国林业血防工程全面启动,工程涉及安徽、江苏、江西、湖南、湖北、四川、云南7省的194个县,首次将山丘型血防区纳入林业血防工程实施区,推动了山丘型林业血防研究工作,中国林科院、四川省林科院、云南省林科院等单位做了一些前期研究工作。“十二五”期间国家科技支撑计划立项“高原山地林业血防生态安全体系构建技术与示范”专题研究,由此,正式启动了山丘型林业血防研究。

过去全国血防工作和研究主要在低丘滩涂的湖泊地区和水网区,湖泊型和水网型兴林抑螺生态治理工作取得了显著成效,而在我国西部的山地丘陵区,山丘型血防工作和研究相对比较薄弱;由于这些地区地处山丘,雨水充足,地理和自然环境因素复杂,交通不便,区域经济和社会发展落后,有的流行区属民族地区,山丘地区的平坝、山边、山脚是山区人民休养生息的主要场所,虽然山丘地区的钉螺面积和病人数在全国占的比例不大,但山丘型流行区的分布最为广泛,直接影响山区人民的生产生活,是制约山区社会经济发展的一大阻碍。

山丘型血吸虫病流行区为中国血吸虫病流行区3个类型之一。山丘型钉螺主要分布于溪、河两岸,塘、库周边地区,是一种特异于湖沼型的钉螺分布区;全国山丘型流行区的钉螺面积约为17亿 $m^2$ ,占

全国钉螺总面积12.41%,累计病人数为230万,约占全国累计病人总数的22.7%。山丘型血吸虫病流行区在中国分布范围较广,尤其以四川、云南两山区省的山丘型血吸虫病比较严重,而且还呈现回升的趋势。

我国山丘型钉螺从上世纪70年代发现以来,研究工作相对较少,抑螺防病难度大,林业血防研究还是空白,为此,针对山丘地区血防工作和兴林抑螺的薄弱环节,如何开展山丘型林业血防工程技术研究,抑制钉螺孳生,控制吸血虫病的蔓延,促进社会经济发展,已成为今后我国血防工作的重点。

## 1 四川山丘型钉螺分布特征研究

四川山丘型血防疫区主要在四川盆地西部岷江及其支流流域下游低山丘陵区 and 攀西高山区,是我国西部典型的山丘地区。在山丘区,由于河流、溪流、沟渠众多,钉螺易随水流迁移,具有迁移繁殖快、分布广的特点,山丘区的易感地带常主要为生产生活常去的溪流、梯田,在山间平坝区居民点附近的池塘、沟渠和小溪等;在山丘区,钉螺适生环境多样,而且其生命力强,繁殖快,导致血吸虫传播容易,血吸虫病的预防和控制工作任务艰巨。

按海拔和山体相对高差,山丘区包括山区、丘陵、高原3个类型区,其中山区可分为高山、中山、低山;而丘陵又分为深丘、中丘和浅丘区。山丘区山体林立,由大小不同的流域镶嵌而成。因此,山丘型具有地形起伏大、地貌组合类型多,微气候差异显著等特征。钉螺一般规律是随着水系自上而下地分布在山边、山脚、大小溪流、沟渠、山间盆地及起伏的丘陵等环境中,山丘区钉螺数量分布最多的地段同时也是人畜活动频繁的区域。

### 1.1 四川山丘型钉螺空间分布特点

山丘型与水网型和湖沼型两个类型区有着明显差异见表1。

表1 钉螺不同类型分布特点比较

类型	区域	地形地貌	钉螺分布特点
湖沼型	长江中下游湖泊地区	江河洲滩地,河湖间滩、沟渠、堤脚河套	呈面状分布,且范围较大。水淹在3~8个月之间的滩地植物生长茂盛,土壤湿润,土壤有机质含量丰富,适于钉螺生长。
水网型	长江中下游水网地区	地势较平坦的水网地区,河道的纵横交错	沿河道和灌溉系统呈线状或网状分布,或相互蔓延。在水流缓慢的河道、沟渠及浅滩、稻田进出口、涵洞、节制闸、低洼和未垦殖的荒地、坟滩、房前屋后菜园地及湖荡滩地等处;钉螺有沿水线上下移动的趋势,水位上涨,钉螺被淹没,水位下降,钉螺被暴露在上岸。
山丘型	长江上游地区	高原峡谷、高原平坝和丘陵区,地形破碎	呈点块状分布,呈现局域性特点;随着山地小流域(集水区)的水系自上而下地分布于山边、山脚、大小溪流、沟渠、山间盆地及起伏的丘陵山体常年保持湿润的水浸坡地。

四川钉螺分布与血吸虫病流行区呈现局域性特点,与局地地形地貌特征及其水文条件有关。

(1) 具有典型的山丘小流域(集水区 Watershed)特征。在山丘区,地貌分异较大,由山脊分水岭分割,形成许多面积大小不一的集水区单元,每个集水区地貌单元相对封闭,环境条件差异性大,有的集水区具有适合钉螺孳生环境,有的集水区没有钉螺分布,即使在同一河流,上游集水区有钉螺分布,下游不一定有钉螺分布,呈现一种以集水区为主的空间不连续分布特点。因此,山丘区空间异质性更大,钉螺分布多呈点状和局部状分布见图 1。



图 1 四川仁寿县郫江河流域钉螺分布

(2) 在有螺区沿山体上下均有分布。钉螺多滋生于荫湿环境,由于山丘区山体高差大,地形破碎、土地零乱,土块较小,同时,河流、溪流、沟渠众多,在方便生产生活的同时,也为钉螺迁移和孳生创造了条件,钉螺随水流、水浸坡面迁移繁殖扩散,在山体上下均有分布。在山丘区由于水渠、水沟等水工建筑的形成,特别干渠的修建(多位于流域中部位),这为钉螺在流域之间扩散开辟了通道,加之干渠处于山体中上部,使钉螺实现在流域内的大范围内扩散,有的在山顶也有分布。在高山区,山坡梯田形成的水浸坡面,为钉螺孳生提供了良好的水湿环境。因此,山丘区钉螺分布的环境类型更多,更复杂见表 2。

(3) 在同一集水区钉螺分布也呈现局域状分布。由于山丘区微地形的不均匀,进而使水分在空

表 2 丘区钉螺在地形上的垂直分布

生境	坡位	湿度	特征描述	筐数	钉螺数量
河滩	河床	湿	禾草、连子草,地下水水位 13 cm,水浸状态	3	83
河岸田埂	坡脚	湿润	白茅(盖度 95%),(根),紫色土,田埂上,轻粘	1	46
田边	坡脚	潮湿	外田埂内壁,白茅草,潮湿,光照中等	1	9
田边	坡脚	湿	田里侧,垮塌地,泉水流出,中壤,冲积地形,慈竹遮阴,光照弱	3	321
林缘	坡脚 2 m	湿润	慈竹林地,干燥,枯落物土,流水沟边,竹叶覆盖钉螺呈白色	3	5
田边	二台地	湿润	田里侧坎边,二台地,光照较弱	1	3
水沟	二台地	潮湿	屋旁水沟边,冷水花、荇草,潮沟,阴,竹叶覆盖较厚	2	19
旱地	二台地	湿润	生姜地	1	0
水沟	三台地	潮湿	旱地内排排洪沟内,扒地茅,轻粘,潮湿	1	106
土边	三台地	稍干	旱地内侧,草台,玉米地内侧,坡边,荒芜	2	133
水池	四台地	潮湿	水泥步道硬化边,季节性蓄水池(泥质),两边为旱地,白茅	3	210
土边	四台地	潮湿	旱地外侧,钉螺主要分布于香根草丛内,距水池上 1 m 内	4	11
干渠	五台地	潮湿	渠底,坡上部为构树,植被为虎耳草覆盖为主,少量枯落物	5	37
干渠	五台地	潮湿	渠底,香樟叶覆盖盖度 85%,草本盖度 15%	3	15
林缘	四台地	潮湿	香樟幼林地内侧,坡边	3	146
水池	坡顶	潮湿	位于区域最高位置,钉螺沿池边分布	2	16

间分配和保持的数量差异明显,如山地水浸坡面,居民点周围,山间平坝等;即使是同一环境类型,植被类型、土地利用类型不同,也呈现出分布差异性见表 3。

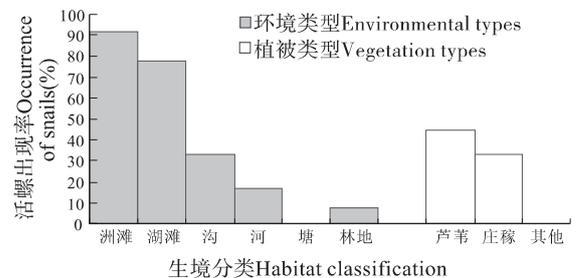


图 2 不同环境类型钉螺出现率(四川仁寿)

### 1.2 四川山丘型钉螺分布规律研究

选择长江上游山丘型血吸虫病流行区,四川省仁寿县郫江河流域为研究试验区,对不同土地利用/覆盖类型的钉螺分布规律及其植被、土壤环境特征进行研究,分析山丘型钉螺分布规律:

表3 不同微地形钉螺分布特征(只/0.11 m<sup>2</sup>)

类型	水湿条件	坡位	土壤类型	生境描述	筐数	钉螺(只)	密度
土边	湿润	坡中部	紫色土	旱地内侧沟边	3	27	9
田内	潮湿	四台地	老冲积黄壤	田中间	3	0	0
	湿	坡脚	紫色土	收获后田中间空地	5	0	0
	潮湿	坡脚	紫色土	田中间 距田边1-2m,水稻茬内栽油菜	1	33	33
田埂	干燥	坡脚	紫色土	桑树田坎, 蓬子草	3	0	0
	湿润	坡脚	紫色土	青菜田坎, 水沟, 坎上黄豆, 柑橘	1	87	87
	湿润	坡脚	紫色土	浸水田坎, 车前草, 思茅草	1	12	12
	湿润	坡脚	紫色土	稻草覆盖, 麦冬, 田埂边	2	17	8.5
田边	潮湿	坡脚	紫色土	新栽油菜, 杂草	1	44	44
	潮湿	四台地	老冲积黄壤	田边坎沟, 冷水花, 问荆	5	44	8.8
	干燥	坡上部	紫色土	油菜地	1	46	46
	湿	坡脚	紫色土	浸水田坎, 冷水花, 蓬子草	1	78	78
	潮湿	坡脚	紫色土	田边与旱地之间有水沟(泥质)连结, 问荆, 麦冬, 桑树	3	113	37.7
	潮湿	坡脚	紫色土	* 上为公路, 下为田, 交错带	1	45	45
坡地地坎	干燥	坡脚	紫色土	硬化水渠, 外壁, 桑树, 思茅草, 垮塌处	1	1	1
林地	干燥	坡上部	紫色土	桉树-樟树-硬化路边	3	0	0
	潮湿	坡上部	紫色土	林下内侧水沟, 枯落物叶覆盖	1	0	0
	干燥	坡中部	紫色土	枫杨+桉树林下	1	0	0
	干燥	坡中部	紫色土	香根草+桉树	3	0	0
沟渠	潮湿	四台地	老冲积黄壤	水沟(泥质)	3	136	45.3

1) 不同土地利用/覆盖类型的钉螺平均密度为  $4.05 \cdot 0.11 \text{ m}^{-2}$ , 活螺框出现率为 34%。其中钉螺密度大小顺序为水田 > 沟渠 > 荒草地 > 河滩地 > 耕地 > 林地, 活螺框出现率的高低顺序为水田 > 河滩地 > 荒草地 > 沟渠 > 耕地 > 林地。

2) 林分树种结构不同, 对钉螺的分布也有影

响。在典型地段钉螺调查的同时, 对抽样典型地段为林地的, 其林分状况也开展详细调查。本次调查的小班有增产村 22 和 31 小班; 石顶村 1 和 2 小班; 山王村 18 小班; 卓家村 26 和 27 小班; 鳊江村 33 小班, 共计 8 个小班。小班林分状况和钉螺分布状况见表 4。

表4 林分状况和钉螺分布

村	小班号	树种组成	郁闭度	密度 株·0.067 hm <sup>-2</sup>	高 (m)	胸径 (cm)	坡度 (°)	土壤 种类	钉螺 分布
增产村	22	5 桉树 3 桉木 2 慈竹	0.7	140	8	10	15	紫色土	无
	31	6 桉树 4 柏木	0.6	120	10	12	40	紫色土	无
石顶村	1	7 柏木 3 马尾松	0.7	150	5	6	30	紫色土	有
	2	10 马尾松	0.7	180	5	6	35	紫色土	有
山王村	18	10 马尾松	0.7	110	9	8	25	紫色土	无
卓家村	26	10 梨	0.3	400	2	2	0	潮土	有
	27	10 慈竹	0.8	800	13	8	0	潮土	无
鳊江村	33	10 慈竹	0.9	900	13.3	8.5	0	潮土	无

桉树林和慈竹林下均无钉螺分布, 而柏木林、马尾松林有钉螺分布; 梨树林由于此前是水稻田, 现在也有钉螺分布。但钉螺有螺框出现率显著下降。

3) 钉螺分布与草本群落特征有一定的关系。对钉螺密度与草本群落特征之间相关关系的分析, 建立了 6 个数学方程:

(1) 草本群落物种丰富度和钉螺密度符合方程:  $y = -0.0594x^2 + 1.3261x - 1.3325$  ( $r = 0.94$ ,  $p = 0.032$ );

(2) 草本群落盖度和钉螺密度符合方程:  $y = -$

$0.5755x^3 + 4.9455x^2 - 9.9816x + 5.6309$  ( $r = 0.88$ ,  $p = 0.309$ );

(3) 草本群落高度和钉螺密度符合方程:  $y = -0.5473x^2 + 4.6424x - 3.5144$  ( $r = 0.84$ ,  $p = 0.049$ );

因此, 钉螺孳生的适宜草本环境为草本群落盖度在 70% ~ 90%、草本群落高度在 23 cm ~ 30 cm、草本群落物种丰富度在 8 ~ 14。

4) 土壤是自然界钉螺孳生繁殖的重要场所, 钉螺的分布与土壤环境特征密切相关。

(1) 土壤水分含量和钉螺密度符合方程:  $y = -0.4443x^3 + 4.2106x^2 - 8.4153x + 4.7045$  ( $r = 0.94$ ,  $p = 0.062$ );

(2) 土壤电导率和钉螺密度符合方程:  $y = -0.7873x^2 + 6.1519x - 4.8881$  ( $r = 0.77$ ,  $p = 0.165$ );

(3) 土壤温度和钉螺密度符合方程:  $y = -0.9974x^2 + 7.257x - 7.449$  ( $r = 0.77$ ,  $p = 0.120$ );

钉螺孳生的适宜土壤环境为土壤温度在  $18^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$  之间、电导率为  $120 \text{ ms} \cdot \text{m}^{-1} \sim 150 \text{ ms} \cdot \text{m}^{-1}$ 、土壤水分含量在  $25\% \sim 40\%$ 。这可能与钉螺的生物学和生态学特性相关,草本群落在一定程度提供了钉螺需要的生存条件。水陆两栖和低等沼生动物决定了其生存需要一定环境湿度、盐分和温度条件,例如陆地湿度较大、电导率较小和温度较低,这种环境利于维持钉螺本身的新陈代谢和生存繁衍。

(4) 对山丘区 9 种不同土地利用/覆盖类型土壤环境特征对钉螺分布影响的研究结果表明:耕地、荒草地、河滩地及灌溉沟渠存在钉螺分布,土壤环境的方差分析结果显示,土壤全 K 含量与  $0.02 \text{ mm} \sim 0.002 \text{ mm}$  的土壤颗粒含量存在显著差异;土壤环境因子对钉螺分布影响的灰色关联分析表明,  $0.02 \text{ mm} \sim 0.002 \text{ mm}$  的土壤颗粒、土壤全 P 含量和土壤水分是影响钉螺的最重要的 3 个因子,且土壤环境因子对钉螺活螺框出现率及钉螺密度影响的大小规律基本一致,不同之处在于土壤全 K 含量对钉螺密度的影响更显著。

5) 钉螺孳生的边缘效应环境特征明显。在研究中发现,钉螺分布具有边缘效应,在河流、沟渠、田、地以及林地边缘,由于光、热、水条件适合钉螺孳生、繁殖、迁移的环境条件,从而产生钉螺孳生的边缘效应环境见表 5。

表 5 土层内外钉螺各月环境分布

月份	合计	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	比例(%)
总数	2991	173	250	418	492	156	177	258	208	266	208	218	167	100.0
土表														
田边	735	24	16	72	263	43	66	59	68	45	52	24	3	46.2
地边	337	0	13	75	28	40	44	27	10	25	46	17	12	18.0
灌溉沟	91	0	0	18	39	11	2	7	1	11	2	0	0	5.4
排水沟	254	0	17	22	11	11	4	54	15	96	14	7	0	18.0
浸水坝	180	0	0	29	43	11	17	21	17	14	2	22	4	12.5
合计	1597	24	46	216	384	116	133	171	111	191	116	70	19	
占%	53.3	13.9	18.4	51.7	78.1	74.4	75.1	66.3	53.4	71.8	55.8	32.1	11.4	
土内														
田边	464	129	91	109	69	15	30	16	39	39	20	85	4	46.5
地边	202	3	52	10	15	15	2	4	11	6	42	4	38	37.5
灌溉沟	69	0	8	9	8	4	0	4	2	6	0	0	28	43.1
水沟	284	0	19	32	8	4	2	52	19	18	30	42	58	52.8
浸水坝	193	17	34	42	8	2	10	11	26	6	0	17	20	19.3
合计	1394	149	204	202	108	40	44	87	97	75	92	148	148	
占%	46.7	86.1	81.6	48.3	21.9	25.6	24.9	33.7	46.4	23.2	44.2	67.9	88.6	

由表 5 可知,在河流、沟渠、田、地边缘是钉螺孳生分布的主要区域;林分郁闭度和林草覆盖度增加而钉螺密度呈现降低趋势,二者呈现负相关关系;在有螺林分主要分布在林缘区域。可见,在山丘疫区,钉螺孳生的生境主要是位于灌溉水田边缘、旱地边缘、菜地边缘、畜禽饲养地边缘、建制镇边缘、农村居民点边缘、独立工矿用地边缘、水工建筑用地边缘、公路用地边缘、坑塘水面边缘、水库水面边缘、河流水面边缘、荒草地、滩涂用地(淹没带)等,钉螺孳生的边缘效应特性明显。

因此,对山丘区钉螺分布特征及分布区植被和土壤的调查,发现:(1)通过造林,改变土地利用方式,增加林草覆盖,可直接影响土壤水分含量,改变土壤机械组成、土壤养分和林下草本群落特征,使其

钉螺失去生存环境,压缩钉螺分布面积;(2)通过工程措施和植物措施,改变钉螺孳生的边缘效应环境,阻止钉螺迁移蔓延。

## 2 四川山丘型抑螺防病林的作用机理

山丘型钉螺分布区因土地空间异质性差异较大,钉螺分布生境复杂,迁移扩散频繁,生境演变剧烈,决定了林业血防作用的复杂性与功能的多样性。结合山丘区钉螺分布规律,根据植物的控螺、阻螺、驱螺、杀螺等功能,研究山丘区抑螺防病林的作用机理。

### 2.1 生态控螺

利用生态位调控作用,通过栽植植物(包括乔

木、灌木、草本、作物等)改变或者从根本改变钉螺适生所需的环境条件、食物条件,使钉螺失去其适宜的光、热、水条件的生态位,压缩钉螺生存空间,达到控螺的目的。

(1)钉螺生态位调控作用:前述研究表明,钉螺孳生的适宜地表温度为 $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ,在作物生长期,抑螺防病林林地内地温较滩地低,温差小,温度一般低于 $20^{\circ}\text{C}$ ,此时温度越低,日温差越小,越不利于钉螺的生长,作物收获后,林地地温明显高于芦苇滩,温差大,此时,温差越大,地温高于 $25^{\circ}\text{C}$ 的时间越长,对钉螺的生长越不利;适宜钉螺的土壤含水率为 $28\% \sim 38\%$ ,而抑螺防病林土壤含水率一般小于 $25\%$ ,明显低于以芦苇为主的滩地;钉螺分布与林地地下水位密切相关,当地下水位为 $20\text{ cm} \sim 40\text{ cm}$ 时,钉螺分布密度最大,当地下水位 $<115\text{ cm}$ 或 $>751\text{ cm}$ 时,钉螺密度趋向于零;钉螺最适宜的光照强度为 $3\ 600\text{ lx} \sim 3\ 800\text{ lx}$ ,大于此值钉螺呈避光性,小于此值则呈趋光性,抑螺防病林生态系统的建立改变了原有系统的群落结构,对太阳辐射的吸收、反射、透射量也发生了变化,在作物生长期地表太阳辐射小于滩地,待作物收获后,又大于滩地,这种光照强度的变化于钉螺孳生不利。因此,林分生境改造效果明显,形成使得系统内光照强度、温度、土壤水分及植被均不利于钉螺生存,从而使钉螺失去生存的生态位。

(2)林下地被调节作用:钉螺的孳生繁衍,除环

境外,还需要一定的营养物质,以补充其体内的氨基酸、糖原、蛋白质等螺体主要构成成分。钉螺个体较小,多附于草丛和土表,因此地被物(这里主要指草本)为钉螺的生长提供了适宜的光照、温度和湿度条件,同时在夏季可避免阳光直射,冬季可避严寒,也提供可口的食物来源。钉螺较适生的草是苔草,当其盖度低于 $20\%$ 时钉螺很少,超过 $20\%$ 时,钉螺随盖度的增加而增加,显然,草地变林地,林下草本组成、结构、盖度都会有显著变化,并随林分郁闭度的增加草本种类越少,盖度也越低,最典型的是竹林,在成林后,林下枯落物丰富,使得草本盖度可降至零。草本的减少必然影响钉螺赖以生存的食物来源(费世民,2006),使得钉螺本身的生理机能降低,能量储存减少,能量代谢降低,使得钉螺的生存和繁殖能力降低,从而使得钉螺的孳生繁殖失去条件,彻底丧失了完成生活史的条件。

## 2.2 化感作用驱螺灭螺

利用植物的他感作用,通过淋溶、挥发、分解和分泌释放到环境中的化学物质,打破了钉螺孳生生境和食物源,对钉螺具有驱赶、毒杀作用,达到驱螺灭螺的目的。

(1)化感驱螺作用:在钉螺分布区栽植具有异味的植物,包括根叶分挥发和凋落物如指臭(臭牡丹)、辛(鱼腥草、生姜、核桃)、芳香(香樟)、麻(花椒)等,促使钉螺迁离原有生境,这些植物对钉螺有驱赶作用,压缩了钉螺适生空间见表6。

表6 常见具有驱虫杀菌作用的芳香植物

序号	名称	类别	高度	防护作用	乡土/外来
1	香樟	常绿乔木	可达50 m	杀菌	乡土
2	马尾松	常绿乔木	可达45 m	杀菌	乡土
3	麻栎	落叶乔木	可达35 m	抗虫	乡土
4	化香	落叶灌木	可达4 m~6 m	杀虫	乡土
5	黄连木	落叶乔木	可达25 m	杀虫	乡土
6	卫矛	落叶灌木	可达7.5 m	杀虫	外来
7	蒲桃	常绿乔木	可达10 m	抗菌	乡土
8	香椿	落叶乔木	可达35 m	杀虫	乡土
9	臭椿	落叶乔木	可达20 m	驱虫	乡土
10	山胡椒	落叶乔木或灌木	可达8 m	杀菌	乡土
11	麻疯树	灌木或小乔木	可达2 m~5 m	杀菌	乡土
12	油茶	常绿灌木或小乔木	可达3 m~7 m	杀菌	乡土
13	山桐子	落叶乔木	可达10 m~15 m	花芳香	乡土
14	沙针	常绿灌木	可达3 m	花芳香	乡土
15	岩桂	常绿灌木或小乔木	可达3 m~8 m	杀菌	乡土
16	山苍子	落叶灌木或小乔木	可达8 m~10 m	杀菌	乡土
17	柠檬	常绿小乔木	可达7 m~8 m	杀菌	乡土
18	杉木	常绿乔木	可达30 m~40 m	杀菌	乡土
19	垂柳	落叶乔木	可达18 m	杀菌	乡土
20	龙柏	常绿乔木	可达2 m~4 m	防虫、杀菌	外来

(续表 6)

序号	名称	类别	高度	防护作用	乡土/外来
21	侧柏	常绿乔木	可达 20 m	抗菌、杀虫	乡土
22	冬青	常绿乔木	可达 12 m	抗菌	乡土
23	木荷	常绿乔木	可达 30 m	花芳香	乡土
24	山槐	落叶乔木	可达 3 m~8 m	杀虫	乡土
25	蒙椴	落叶乔木	可达 10 m	抗菌	外来
26	黄槐	落叶乔木	5 m~7 m	杀虫	乡土
27	桂花	常绿乔木	可达 15 m	花芳香	外来
28	雪松	常绿乔木	可达 60 m~80 m	杀菌	外来
29	迎春	落叶灌木	0.4 m~0.5 m	花芳香	外来
30	玉兰	落叶乔木	10 m~15 m	花芳香	外来
31	栀子	常绿灌木	可达 2 m	花芳香	乡土
32	黄檀	落叶灌木或小乔木	可达 5 m	花芳香	乡土
33	牡荆	落叶灌木	1 m 左右	花芳香	乡土
34	荚蒾	落叶灌木	可达 3 m	花芳香	乡土
35	垂珠花	落叶灌木或小乔木	可达 8 m	花芳香	乡土
36	车前草	多年生草本	0.2 m~0.6 m	杀菌	乡土
37	马齿苋	一年生草本	0.2 m~0.3 m	杀菌	乡土
38	夹竹桃	常绿灌木	可达 5 m	杀虫	乡土
39	益母草	一年或二年生草本	可达 2.2 m	杀菌	乡土
40	丁香	乔木	可达 10 m	抗菌、驱虫	乡土
41	巨桉	常绿乔木	可达 50 m	抗菌、驱虫	外来
42	枫杨	常绿乔木	可达 40 m	杀虫	乡土
43	枫香	落叶乔木	可达 40 m	抗菌、驱虫	乡土

## (2) 化感灭螺作用:

研究表明,植物化学物质对钉螺有明显的杀灭作用。化感植物在生长过程分泌一些对动物有害或毒性物质,通过于土内和土表的植物分泌物或凋落物,溶于于水中或土体,钉螺食用或饮用后,对

钉螺生长、发育和繁殖都会产生不利影响,这些物质在体内积累一定数量会致钉螺死亡。这类化感物质更多的是植物枝、叶、花、果实在凋落地面后腐烂、游离或分解出一些毒性物质,对钉螺有毒杀作用见表 7。

表 7 酒精提取物 48 h  $L_{CS0}$  分析表

名称	$B_0$	$B_1$	$L_{CS0}$ 值	$L_{CS0}$ 上	$L_{CS0}$ 下	$X^2$	Sig
桉树叶	1.200	0.771	0.030			0.82	0.845 <sup>b</sup>
臭椿叶	0.640	0.565	0.070	0.000	0.810	4.07	0.254 <sup>b</sup>
香樟	0.166	0.341	0.330	0.000	3.640	1.57	0.666b
核桃叶	0.061	0.425	0.720	0.000	4.470	0.46	0.928b
桔叶	-0.072	0.508	1.390	0.010	5.800	1.44	0.696b
夹竹桃	-0.234	0.709	2.140			5.53	0.137 <sup>b</sup>
香根草根	-0.137	0.392	2.230	0.000	10.990	3.69	0.296b
桔皮	-0.585	0.929	4.260			11.18	0.011b
花椒叶	-0.442	0.518	7.120	0.550	22.270	4.63	0.201b
香根草叶	-0.661	0.596	12.820	2.730	35.530	4.89	0.180b
苦楝	-0.306	0.259	15.160			0.40	0.939b
生姜枝	-0.663	0.498	21.480	4.080	91.050	1.01	0.800 <sup>b</sup>
枫杨	-0.810	0.585	24.220			11.74	0.008 <sup>b</sup>
均值	-0.142	0.546	7.075	0.92	21.82	3.96	3

## 2.3 植物阻螺作用

除河道整治、沟渠硬化等工程措施阻断钉螺迁移蔓延外,利用抑螺植物的隔离作用和功能,阻断钉螺的迁移,达到阻螺的目的。

很显然,无论在水网区、湖沼区,还是在山丘区,沿河流、沟渠水系和路、坎边缘地带构建抑螺植物

带,如道路隔离林带、河岸阻螺带等,阻断钉螺在两个不同生态系统中的运动和不同生境钉螺之间的基因交流,使钉螺的生境片断化和破碎化,同时也可减少人畜对钉螺和疫水接触机率,起着隔离栏的作用和功能。

林业血防工程是通过栽植抑螺植物,改变钉螺

适生环境 特别是光照、水分和食物源达到环境抑螺而实现其功能和作用的,对钉螺起着多种抑螺作用,在进行林业血防工程建设模式构建时,应尽可的考虑多种功能组合的最大化,利用血防工程是一种较为综合的技术措施,是一种系统控制和生物防治的典范。

### 3 四川山丘型林业血防工程建设模式构建

#### 3.1 抑螺防病林模式构建

根据山丘型钉螺分布规律和抑螺防病林的作用机理,在抑螺植物筛选和林分结构调查评价的基础上,构建山丘型抑螺防病林模式。

##### 1) 抑螺防病林林分调查评价

四川山丘疫区主要分布在渠江、沱江、涪江三江流域的绵阳德阳地区,以及岷江上游的青衣江流域的雅安、眉山、成都一线,向西海拔逐渐升高经由大渡河流域进入大小凉山山区。在雅砻江、安宁河流域的西昌市、德昌、普格、昭觉、喜德县一线。对实施林业血防工程的邛崃市、大邑县、蒲江县、沙湾区、夹江县、东坡区、仁寿县、彭山县、洪雅县、丹棱县、芦山县、西昌市、德昌县、普格县、昭觉县、涪城、旌阳区、安县、广汉市、罗江县、中江县、天全县等 30 余个县市区进行考察与调研,经由各地林业局座谈、面上介绍、点上调查。对血防区代表性县市的抑螺防病林生长与经营管理状况进行调查,建立综合评价指标体系见表 8。

山丘区不同树种与林分类型的模式功能评价得分如表 8 所示。根据评价得分,划分为三类,一类是评价得分均为 15 以上的,主要树种类型为香辛类、药用类与油料类树种;二类是得分在 12 ~ 13 之间的,主要树种是用材类、水果类树种;其余(得分在 10 ~ 12 之间)为第三类,主要树种为生态防护类、饲料类树种。

##### 2) 螺防病林模式构建

按照功能配置抑螺防病林模式:

(1) 控螺防病林:通过造林改变钉螺生态位条件,控制钉螺迁移蔓延,主要在山丘坡地、平坝滩地,营建乔木型、乔草型控螺防病林。

(2) 阻螺防病林带:通过植物措施,配合工程措施,阻隔钉螺迁移和蔓延,主要在河道、沟渠、溪沟、库堰等边缘地带以及田、地坎营建阻螺防病林带。

(3) 驱螺灭螺防病林(带):利用植物的芳香、化感作用,进行驱螺、灭螺,主要在山丘水浸坡地、滩地

表 8 四川山丘区不同林分结构与功能评价

搭配 + 模式	评价指标						得分	
	适生性	经济性	他感性	复层性	复合性	生活型		
悬钩子	灌 + 草	3	1	1	2	1	2	10
蔷薇	灌 + 草	3	1	1	2	1	2	10
悬钩子、桑树	灌 + 草	3	1	1	2	1	2	10
柏木	芍药套种	3	1	1	2	2	3	12
栎树 + 慈竹	乔灌	3	1	3	3	1	3	14
杂交竹	乔草	2	2	1	2	1	2	10
杂交竹	乔草	2	2	1	2	1	2	10
雷竹	灌 + 草	2	2	1	2	1	2	10
麻竹	除草施肥	3	2	1	2	2	3	13
石榴	玉米套种	3	3	1	2	2	2	13
柑橘	除草剂	3	3	1	2	2	2	13
油桃	除草剂	3	3	1	2	2	2	13
柑橘	茶套种	3	3	1	2	2	2	13
猕猴桃	除草施肥	3	3	1	2	2	2	13
枇杷	除草施肥	3	3	1	2	2	2	13
梨树	未覆膜	3	3	1	2	1	2	12
梨树	覆膜	3	3	1	2	2	2	13
葡萄	除草施肥	3	3	1	2	2	2	13
枣	除草施肥	3	3	1	2	2	2	13
桑树	密植	3	2	1	2	2	2	12
香根草	草本	3	2	3	1	1	1	11
悬钩子、构树	灌 + 草	3	2	1	2	1	2	11
桑树 + 香根草	灌 + 草	3	2	1	2	1	2	11
花椒	半夏套种	3	3	3	2	2	2	15
花椒	黄豆套种	3	3	3	2	2	2	15
花椒	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
花椒	玉米套种	3	3	3	2	2	2	15
花椒	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
花椒	马铃薯套种	3	3	3	2	2	2	15
花椒	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
银杏	油菜套种	3	3	3	2	2	3	16
香樟 + 柑橘	庭院林业	3	3	2	3	1	3	15
厚朴	除草施肥	3	3	2	2	2	3	15
枫杨	乔草	3	2	3	2	1	3	14
杨树	乔草	3	2	1	2	1	3	12
桉树	乔草	2	2	2	2	3	3	14
桉树	乔草	2	2	2	2	1	3	12
桉树	乔草	2	2	2	2	1	3	12
慈竹	乔草	3	2	1	2	1	2	11
马尾松	乔草	3	2	1	2	1	3	12
慈竹	乔草	3	2	1	2	1	2	11
慈竹	乔草	3	2	1	2	1	2	11
桉树	乔草	3	3	2	2	1	3	14
天竺桂 + 香根草	灌 + 草	3	2	1	2	1	2	11
大叶樟 + 益母草	乔草	3	2	1	2	1	2	11
杨树 + 黄荆	乔 + 灌	3	2	1	3	1	3	13
杨树 + 枸杞	乔 + 灌	3	2	1	3	1	3	13
杨树 + 小叶女贞	乔 + 灌	3	2	1	3	1	3	13
桉树 + 柑橘	乔 + 灌	3	2	1	3	1	3	13
枫杨 + 构树 + 香根草	乔 + 灌	3	2	3	3	1	3	15
润楠 + 小叶女贞	乔 + 灌	3	3	3	3	1	3	16
油橄榄	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
核桃	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
麻疯树	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
山桐子	除草施肥	3	3	3	2	2	3	16
乌桕	除草施肥	3	3	3	2	2	2	15
油茶	除草施肥	3	3	2	2	2	2	14

注:适生性程度,依照热量水分适宜性分别赋值 3、2、1,分别表述良好、中等与较差;经济价值,经济林(水果、油料、药用、香辛) > 用材林 > 公益林,分别赋值 3、2、1;化感作用,落叶化感 > 不落叶化感 > 无化感树种,分别赋值 3、2、1,大量落叶枯落物积累快,增加了化感物质积累量且增加了冬季林内光照强度利于水分蒸发;复层性,(乔木 + 灌木) > (乔木 + 草本)或(灌木 + 草本) > (纯林),分别赋值 3、2、1,复层结构地下根系密集,耗水能力强,能代替水泥硬化土质;经营性,林禽(牧) > 除草松土管理 > 未管理,分别赋值 3、2、1,经营性能增强地表干扰而抑螺灭螺;生活型,乔木 > 灌木 > 草本,分别赋值 3、2、1,耗水性、滤光性等增强对钉螺生活史阻断加剧。

营建驱螺灭螺防病林;在河道、沟渠、溪沟、库堰等边缘地带以及田、地坎和庭院周围等地方营建驱螺灭

螺防病林带。

按照地类配置抑螺防病林模式见表 9:

表 9 山丘型抑螺防病林模式类型

类型	布局	功能	结构配置	主要植物	配置模式
河岸阻螺林(带)	沿河道滩地构建 5m 宽以上,且相对连续的林(带)。	隔离人畜,护岸固坡,改造生态位,阻螺隔螺、驱螺灭螺。	以乔木为主,灌木为辅。	慈竹、杂交竹、枫杨、杨树、桉木、夹竹桃等。	慈竹林、杂交竹林、枫杨林等
沟系、灌渠阻螺林带	从沟脚至沟坡、至沟埂栽植抑螺植物;沿河渠道两边栽植他感作用灌木和乔木,林带宽取决于渠道边坡宽度。	护渠护坡,阻螺隔螺、驱螺灭螺。	以灌木为主,乔木和草本为辅。若林带较窄时,林下栽植他感作用较强的草本。	香樟、夹竹桃、臭椿、巨桉、柑桔、益母草、麦冬、扁竹根、香根草。	夹竹桃-臭椿、臭椿林、香樟林、巨桉林。 香根草-夹竹桃,柑桔-香根草,柑桔-益母草。
田埂、土坎驱螺灭螺林带	根据田埂和土坎大小,栽植低灌或草本抑螺植物覆盖替代杂草。	护埂护坎,驱螺灭螺、阻螺隔螺。	以灌草为主,以灌木为辅,适当栽植经济林木。	饲料桑、马桑、柑桔、益母草、香根草、绞股兰。	桑树、构树-香根草;柑桔-益母草;柑桔-过路黄;柑桔-香根草、柑桔-麦冬;柑桔-麦冬-益母草。
道路抑螺林带	尽量栽植 2 排以上乔木树种,灌木(植物篱)、多年生草本	护坡保坎、隔离钉螺。	乔灌草复层结构,若太窄时可配置灌木和草本,栽植宽度至少在两行以上。	香樟、天竺桂、楠木、桉树、香根草、小叶女贞、益母草等。	桉树-小叶女贞-益母草;楠木-小叶女贞。
坡面控螺林	在山地水浸坡面或沟溪两侧坡面台地营建控螺林。	控制水土流失,改善生境,控螺、阻螺灭螺。	以乔木为主,品字型栽植,重点营造速生林、经济林	香樟、红椿、臭椿、巨桉、核桃等。	香樟林、红椿林、巨桉林。
村庄多功能抑螺林(带)	在人居房前屋后,栽满栽尽房前屋后空地,林分改造,培植绿化景观林相。	改善人居环境,阻螺驱螺灭螺。	栽植他感作用强烈乔木,林下栽植抑螺草本。	竹、香樟、楠木、天竺桂、柑桔等,小叶女贞、南天竹、黄杨、冬青;益母草、麦冬等。	慈竹-樟树-柑橘,柏木-慈竹-桉树。

### 3.2 林业血防工程建设模式构建

山丘区钉螺分布,在地理空间上,是不连续的、离散的,呈现以小流域(集水区)为单元的相对独立的点状分布,即集水区特征明显;在集水区内部,呈现山体广域分布特征(从山脚到山顶均有分布),边缘效应分布特征也很明显。因此,山丘型林业血防工程是基于小流域综合治理的一项复杂的系统工程,小流域综合治理是山丘区林业血防工程的基础。

依据小流域综合治理原理、流域生态系统管理理论和中国森林生态网络体系建设理论,以小流域为单元,开展山、水、田、林、路综合治理,点、线、面相结合整体推进,多部门多工程协调统筹组合开发,建立小流域抑螺防病林体系,完善小流域森林生态网络体系,优化小流域生态系统管理系统,构建山丘区林业血防安全体系,把林业血防工程建设与生态治理、防病治病、产业发展相结合,与农村经济结构调整、农民增收致富相结合,与新农村建设、城乡统筹一体化发展相结合,发展山丘区生态林业、民生林业和林业产业,达到治山、治水、治病、治穷的目的。

通过林业血防工程建设,在四川山丘血防区已初步形成了许多林业血防工程建设的不同类型模式,其中,具有代表性的典型模式:

#### 1) 浅丘竹一渔一乡村旅游发展模式

该模式主要以生态抑螺为主,调查显示,竹林成林后,林下灌草基本被消灭,加之较厚(超过 10m)的枯落物层,使钉螺失去了孳生环境,竹林形成无螺区。该模式在四川疫区发展较普遍,面积也较大,集中成片规模发展。眉山东坡区林业血防工程建设以产量较高的杂交竹为主,多数为业主承包经营,经营产品主要以竹材为主,0.067 hm<sup>2</sup> 产量在 2 t~3 t,并在林下养殖生态鸡;芦山县主要以四川本地慈竹为主,产量较杂交竹低一些,但因竹材纤维较好,单价格略高于杂交竹;浦江县以发展笋用雷竹为主,大多栽于河滩、河岸,成河滩阻螺林带,目前已发展 466.7 hm<sup>2</sup>。在此类模式中,以仁寿大桦村的竹一渔一乡村旅游发展模式为典型,兴林、抑螺、防病、生态、经济综合效益高。仁寿大桦村以林业血防工程建设为契机,利用浅丘缓坡地和村舍周围,栽植优良笋材两用的麻竹,大力发展笋用麻竹产业基地;并整合相关项目工程,整治沟渠,对下湿田进行改造,下湿田全部改成鱼塘;结合新农村建设,进行环境综合整治,硬化道路,改善村庄环境,开展乡村旅游开发。该模式极大地改善了农村生态环境,压缩了钉螺适生环境,使钉螺生境破碎化,阻断了钉螺迁徙和基因交流,降

低了人畜感染血吸虫的机率,实现了控螺阻螺、驱螺灭螺;据调查,该区域钉螺数量大幅度下降,血防站调查显示:感染性钉螺比例多年为零。同时,推进了农村产业发展,农民脱贫致富,转变了农村生产生活方式;麻竹生长良好,栽植后第4年进入丰产期,其鲜笋每 $0.067\text{ hm}^2$ 产达 $20\ 000\text{ kg}\sim 3\ 000\text{ kg}$ ,竹材作纸浆材销售,麻竹叶和笋壳加工成食品包装盒,每 $0.067\text{ hm}^2$ 产值达1万元以上,农民已从传统生产者转变为土地的管理者。可以说,林业血防工程促进了疫区的经济发展方式的根本性转变。

### 2) 丘陵区花椒-鸡综合产业发展模式

花椒为芸香科花椒属灌木,是一种传统的调料经济作物,其枝叶、果均有强烈的刺激味,也是优良的抑螺植物材料,对钉螺具有他感作用,可有效地驱螺、灭螺。此类模式在四川省血防区比较普遍,其中以仁寿县方家镇疫区花椒-鸡模式为典型。该镇将依托林业血防工程建设,结合农村产业结构调整,将丘陵中下部的土地集中,交由业主承包经营,整合其它农业工程给与扶持,并成立花椒协会,重点组织市场销售,保证了产品的畅销。花椒栽植第2年开始挂果,第4年达到丰产,据实地调查:花椒栽植密度有 $3\text{ m}\times 2\text{ m}$ 、 $3\text{ m}\times 3\text{ m}$ 、 $4\text{ m}\times 3\text{ m}$ ,单株产量高达 $8\text{ kg}\sim 10\text{ kg}$ ,每 $0.067\text{ hm}^2$ 鲜椒产量可达 $1\ 000\text{ kg}$ ;按市场收购价 $8\text{元}\cdot\text{kg}^{-1}\sim 10\text{元}\cdot\text{kg}^{-1}$ 计算,其每 $0.067\text{ hm}^2$ 产值近1万元,以么麻子食品公司为主的企业建立种植园和加工厂,促进了花椒产业的大发展,目前该疫区已发展600多 $\text{hm}^2$ 。在第1、2年,花椒林地可种植药材如沙参、半夏等,以耕代抚,提高了土地利用率和产值,降低了投资成本,减少化肥施用量,并确保花椒产品生态安全。花椒进入盛产期,利用花椒林下空地养鸡,引进业主承包,发展规模化生态养殖业,形成一种高效的复合系统,进一步提高土地生产力,促进地方经济高效持续发展。

### 3) 丘陵坝区速丰林-种养殖产业模式

在疫区以营建速生工业用材林作为抑螺防病林的主要模式。所选用的树种主要有:杨树、巨桉等,在蒲江、中江、罗江、德阳、仁寿、芦山等县市以及凉山州均有较大规模。此类模式,主要利用速生树种生长快、郁闭成林早的特性,能较快改变钉螺孳生生境,抑螺防病成效快;在疫区发展速生工业用材林的同时,利用林下发展生态种养殖业,形成了林-禽、林-药模式,其中,林禽模式,利用郁闭林下昆虫、小

动物及杂草多的特点,在林下放养或建围栏,养殖鸡、鸭、鹅等家禽,充分体现了林禽共生、林禽互促的特点,实现了林“养”禽、禽“育”林的林禽互利共生良性循环。在眉山市的东坡区和仁寿县,林业血防工程实施后,结合低效林改造,营建巨桉速生丰产林基地,同时,在桉树林下发展养殖业,有效解决了林业血防与林业产业的结合,取得较好经济效益的同时,其抑螺效果也很好,据2010年仁寿县疾控中心的对比调查显示:龙正镇石顶村营造巨桉林后,与1990年(造林前)相比,较有螺面积百分率下降 $97.80\%$ 。

### 4) 低山区林茶种植模式

此类模式主要在低山丘陵区茶叶生产地区的一种良好的林业血防模式。林茶结合是一种高效的复合经营,利用林分适度遮荫,调节温度,提高空气湿度,增加土壤有机质和养分,改善茶树小气候环境,提高茶叶的品质。同时,以茶替代林下灌草,茶树高强度的管理(除草、施肥、排水)使钉螺适生生境条件被彻底改变,进而降低了钉螺数量,达到抑螺防病之目的。目前主要模式:茶-樱式、茶-桂、茶-银杏等混植模式。目前,蒲江县结合林业血防工程和退耕还林工程,发展林茶混交已达 $2\ 667\text{ hm}^2$ ,取得了较好的经济效益。据调查测算:每 $0.067\text{ hm}^2$ 茶地里混交30株樱桃树,每 $0.067\text{ hm}^2$ 茶地樱桃收入1800元,茶叶纯收入可达3000元以上,较传统农业相比,其经济产值得到很大的提升;同时,林茶模式也是当地发展茶乡的生态旅游模式,开辟了林中茶园采摘旅游,具有良好的经济、社会和生态效益。

### 5) 经济林果产业发展模式

此类模式是四川山丘陵区普遍发展的一种良好的林业血防模式。以旅游血防工程为契机,结合农村产业结构调整和新农村建设,进行低效林改造、下湿田改造,退田还林,完善水利设施,修建沉螺池,硬化沟渠,发展经济林果产业基地,使得钉螺失去孳生生境,无法完成生活史,形成高产值、抑螺防病的高效生产经营模式;同时,结合新农村“一村一品”打造等,建立具有规模的观光林果园区,开发各类旅游观光节,如枇杷节、桃花节、梨花节等,大力发展观光旅游业。主要经济林果种类主要有李、梨、石榴、柑橘、油桃、柑橘、猕猴桃、枇杷、油橄榄、核桃等。四川以蒲江、罗江、西昌等地发展面积较大。在罗江县万安镇芒江村按照“科研院所+种植基地+专合组织

+农户”的运作模式,在小流域内种植了 533 hm<sup>2</sup> 翠冠梨、金蜜西瓜、樱红李梨等,走上了一条旅游观光农业的路子,助农增收。翠冠梨 0.067 hm<sup>2</sup> 产在 1 000 kg 左右,出售的价格每 0.5 kg 在 1.5 元到 2.5 元之间,0.067 hm<sup>2</sup> 产值 3 000 元~5 000 元。

#### 4 小结

(1) 与湖沼及水网疫区相比,山丘型钉螺分布区呈现“离散性”、“单元性”的点状分布,以小流域沟系为单元分布特征明显;钉螺孳生境空间异质性强,遍布于流域区各水湿、阴暗区域,山体上下均有分布,多呈点状和线状分布特征;对钉螺孳生境研究表明,呈现明显的边缘效应分布特征。

(2) 根据植物的控螺、阻螺、驱螺、杀螺等功能,进行山丘区抑螺防病林的作用机理研究,表明,一是生态控螺作用,利用生态位调控、林下地被调节,改变钉螺适生所需的生境条件和食物条件,使钉螺失去其适宜的光、热、水条件的生态位,压缩钉螺生存空间,达到生态控螺的目的;二是化感作用驱螺灭螺作用,利用植物的他感作用,通过淋溶、挥发、分解和分泌释放到环境中的化学物质,打破了钉螺孳生生境和食物源,对钉螺具有驱赶、毒杀作用,达到驱螺灭螺的目的;三是植物阻螺作用:除河道整治、沟渠硬化等工程措施阻断钉螺迁移蔓延外,利用抑螺植物的隔离作用和功能,阻断钉螺的迁移,到底阻螺的目的。

(3) 根据山丘型钉螺分布规律和抑螺防病林的作用机理,在抑螺植物筛选的基础上,对四川山丘区 56 种林分模式进行了调查评价,依据适生性程度、经济价值、化感作用、复层性、经营性、生活型等评价指标,划分为三类,一类是评价得分均为 15 以上的,主要树种类型为香辛类、药用类与油料类树种;二类是得分在 12~13 之间的,主要树种是用材类、水果类树种;其余(得分在 10~12 之间)为第三类,主要树种为生态防护类、饲料类树种。

按照功能配置抑螺防病林模式有控螺防病林、阻螺防病林带和驱螺灭螺防病林(带),按照地类布局配置抑螺防病林模式有河岸滩地阻螺林(带)、沟系、灌渠阻螺林带、田埂、土坎驱螺灭螺林带、道路抑螺林带、坡面控螺林、村庄多功能抑螺林(带)。

(4) 通过林业血防工程建设,在四川山丘血防

区已初步形成了许多林业血防工程建设的不同类型模式,其中,具有代表性的典型模式有 5 种:浅丘竹一渔一乡村旅游发展模式、丘陵区花椒-鸡综合产业发展模式、丘陵坝区速丰林-种养殖产业模式、低山区林茶种植模式和经济林果产业发展模式。

山丘型林业血防工程是基于小流域综合治理的一项复杂的系统工程,小流域综合治理是山丘区林业血防工程的基础。依据小流域综合治理原理、流域生态系统管理理论和中国森林生态网络体系建设理论,以小流域为单元,开展山、水、田、林、路综合治理,点、线、面相结合整体推进,多部门多工程协调统筹组合开发,建立小流域抑螺防病林体系,完善小流域森林生态网络体系,优化小流域生态系统管理系统,构建山丘区林业血防安全体系,把林业血防工程建设与生态治理、防病治病、产业发展相结合,与农村经济结构调整、农民增收致富相结合,与新农村建设、城乡统筹一体化发展相结合,发展山丘区生态林业、民生林业和林业产业,达到治山、治水、治病、治穷的目的。

#### 参考文献:

- [1] Jackson R B, Esteban G, Jobbágy E G, et al. Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration. *Science*, 2005, 310 (5756): 1944~1947.
- [2] 陈红根, 谢曙英. 纪念血吸虫病在中国发现 100 周年学术会议论文集[A]. 2005
- [3] 戴卓建, 颜洁郑, 陈代荣, 等. 凉山彝山区日本血吸虫病流行因素及规律研究[J]. *西南农业学报*, 1991, 4(2): 115~120.
- [4] 邓厚培, 成同怡. 我国血吸虫病的地理分布[J]. *北京师范学院学报(自然科学版)*, 1986, 7(4): 47~51.
- [5] 方益民, 杨春芬. 山丘型流行区消灭血吸虫病策略和措施的回顾[J]. *实用寄生虫病学*, 1999, 1(增刊): 4~5.
- [6] 费世民. 川西南山地生态脆弱区植被恢复机理研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2004.
- [7] 费世民, 蒋俊明, 刘国华, 等. 山丘区流域治理与兴林抑螺[J]. *湿地科学与管理*, 2008.
- [8] 费世民, 周金星, 张旭东, 等. 抑螺防病林消除钉螺孳生环境机制[J]. *湿地科学与管理*, 2006.
- [9] 辜学广, 李玉祥, 等. 四川省大凉山山区血吸虫病地理分布规律及影响分布因素研究[J]. *中国血吸虫病防治杂志*, 1992, 4(6): 331~334.
- [10] 郭家钢. 我国山丘型血吸虫病的流行与防治[J]. *中华预防医学杂志*, 2008, 42(8): 547~548.
- [11] 郭玉红, 郎南军, 杨文灿, 等. 云南高原山地林分郁闭度与钉螺密度的关系[J]. *湿地科学与管理*, 2011, 7(1): 14~15.
- [12] 黄玲玲. 山丘型钉螺分布特征及其与环境因子的关系[D].

- 北京:中国林业科学研究院,2006.
- [13] 江泽慧. 兴林灭螺论文选集[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [14] 蒋俊明,辜建军,高贵东,等. 山丘型抑螺防病林的功能分析[J]. 湿地科学与管理,2010,16(2):4~8.
- [15] 李久涛,黄起芳,等. 玉山县山丘型地区钉螺扩散原因分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志,1993,5(4):223.
- [16] 李明三,袁佳,等. 2005-2009年德昌县血吸虫病监测点疫情分析[J]. 寄生虫病与感染性疾病,2010,8(4):195~197.
- [17] 李玉祥,赵文贤,等. 四川省大凉山区河谷阶地型血吸虫病流行区感染性钉螺分布特点的研究[J]. 实用寄生虫病杂志,1993,1(3):45.
- [18] 刘伯钊,毛勇,王福华,等. 山丘型地区血吸虫病流行特点[J]. 中国血吸虫病防治杂志,1992,4(4):305~307.
- [19] 刘桃菊,陈美球. 鄱阳湖区湿地生态功能衰退分析及其恢复对策探讨[J]. 生态学杂志,2001,20(3):74~77.
- [20] 刘小香,谢龙莲,陈秋波,等. 桉树化感作用研究进展[J]. 热带农业科学,2004,24(2):54~61.
- [21] 卢象连. 山丘型地区残存钉螺的原因分析[J]. 寄生虫学与寄生虫病杂志,1986,4(4):250.
- [22] 吕新华,刘清. 长江流域的湿地资源及其恢复保护[J]. 地理与地理信息科学,2003,19(1):70~73.
- [23] 毛勇,蒙先洪,杨长虹,等. 四川省西昌市河谷阶地沟渠感染性钉螺分布与负二项分布配合适度的检验[J]. 寄生虫病与感染性疾病,2004,2(1):44.
- [24] 彭镇华. 林业生态工程与血吸虫病防治[J]. 中国工程科学,2001,3(7):12~16.
- [25] 彭镇华. 长江中下游滩地的独特性与血吸虫病防治[J]. 湿地科学与管理,2005,12(1):16~19.
- [26] 彭镇华,江泽慧. 中国新林种——抑螺防病林研究[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [27] 苏德隆. 钉螺负二项分布规律[J]. 中华卫生杂志,1963,8(1):59.
- [28] 卫文学,陈阴萍,张敬平,等. 太湖平原城市化背景下残存钉螺复燃因素及对策研究[J]. 预防医学论坛,2011,17(6):483~489.
- [29] 吴刚,苏瑞平,张旭东. 长江下游滩地植被与钉螺孳生关系的研究[J]. 生态学报,1999,19(1):118~121.
- [30] 吴立勋,汤玉喜,等. 滩地钉螺种群消长与杨树人工林关系的研究[J]. 湖南林业科技,2004,31(6):5~9.
- [31] 项艳,彭镇华,张旭东. 滩地地下水对钉螺分布密度和1-72杨生长量的影响[J]. 安徽农业大学学报,1999,26(2):208~211.
- [32] 谢华友. 山丘型疫区基本控制阶段灭螺方法探讨[J]. 中国血吸虫病防治杂志,1998,10(5):313.
- [33] 谢玉先,张敏,等. 西昌市邛海湖盆周边钉螺分布情况调查[J]. 医学信息,2011,24(7):4128~4129.
- [34] 熊晓皎,刘立德,等. 滩地林分郁闭度与钉螺密度关系的研究[J]. 湖北林业科技,2008,(2):14~16.
- [35] 许发森,钱晓洪,等. 安宁河流域植物、土壤特征与钉螺分布的关系[J]. 四川动物,1999,18(2):62~63.
- [36] 叶友琴,吴子松,等. 西昌市梯田沟渠钉螺分布特点调查[J]. 寄生虫病与感染性疾病,2009,7(4):212~213.
- [37] 张菊英,袁文福,尼惹衣洛. 四川省昭觉县山区阳性钉螺分布及防治对策[J]. 寄生虫病与感染性疾病,2003,1(3):100.
- [38] 张世清,张功华,等. 山丘型血吸虫病流行区小环境改造的费用-效果分析[J]. 中国寄生虫病防治杂志,1998,11(1):47~50.
- [39] 张旭东. 长江中下游滩地抑螺林业生态工程研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,1997.
- [40] 张旭东,费世民,周金星. 中国西部生态脆弱区植被恢复[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [41] 张旭东,吴刚,彭镇华. 滩地林业生态工程与钉螺孳生关系的研究[J]. 应用生态学报,1998,9(5):468~470.
- [42] 张旭东,杨晓春,彭镇华. 钉螺分布与滩地环境因子的关系[J]. 生态学报,1999,19(2):265~269.
- [43] 赵飞,张志杰,等. 山丘型血吸虫病流行区钉螺分布的动态分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志,2010,22(1):35~39.
- [44] 赵文贤,尹洪志,赵联合国,等. 四川省大凉山区河谷地形血吸虫病的流行区感染性钉螺分布特点研究[J]. 实用寄生虫病杂志,1993,1(3):45.
- [45] 赵文贤,赵联合国,辜学广,等. 四川大凉山西昌的钉螺生态观察[J]. 四川动物,1995,14(3):119~121.