

我国森林害虫“松毛虫”综合防治的实践及展望

蔡邦华 侯陶谦 黄复生

(中国科学院动物研究所)

一、前言

我国森林害虫的种类很多,其中以松毛虫类为害最严重。松毛虫的种类多,分布广,繁殖力强,猖獗时能食尽松针,引起大面积松林死亡。严重影响绿化成果的巩固及林产品产量和质量的提高。松毛虫体上的毒毛,触人肌肤引起肿痛,也影响人民的健康。

松毛虫猖獗成灾,在我国历史上早有记载,但历代反动统治者,从未重视这一问题,听之任之视为天灾,解放后党和政府重视森林资源的保护和发展,为此从中央到地方建立了科研机构,对于松毛虫的种类、分布、生物学、生态学、防治方法等作了大量工作,对控制松毛虫猖獗提供了科学依据。

在国际上,五十年代初为广泛利用农药防治害虫的兴旺时期,六十年代初,许多国家大规模连续施用剧毒农药防治害虫,不断引起害虫的抗性,尤其对人类环境造成严重的污染,引起人们很大震动。昆虫学工作者通过实践,认为综合防治是较好的措施,因为它以生态系统的理论为基础,根据实际需要求得最大效果的防治方案。对于森林害虫,比起短期的农作物害虫来说,尤有突出的重大意义,在防治森林害虫上,应该考虑到森林的综合价值:如水源涵养、气候调节、避免环境污染和自然区的保护,以及战备需要而创造隐蔽场所等问题。

森林害虫综合防治的含义:利用害虫和森林生态环境的辩证关系,以预防为主,以营林技术措施为基础,发展森林生物群落中不利于害虫猖獗,而利于林木健康生长的因素。因地制宜地,经济地,运用生物、物理、化学等相辅相成的系统措施,预防环境污染,把害虫控制在不成灾的水平,达到保护环境和促进林木速生丰产的目的,所以综合防治也可称为合理的全面防治。

二、我国森林害虫综合防治概况和发展

解放初期松毛虫的防治,主要是发动群众捕杀幼虫,采卵,梳茧,在一定程度上抑制了松毛虫的猖獗,随着有机杀虫药剂(氯制剂,磷制剂等)的发展,五十年代末到六十年代中期,广泛地应用飞机喷洒和施放烟剂的办法。为了探索有效防治害虫和保护天敌的具体措施,1958—1960年我们开展了白僵菌,苏云金杆菌防治松毛虫及稀浓度化学药剂防治越冬代松毛虫幼虫的研究。这些措施具有杀虫效率高,有利于保护天敌,节省农药等优点,是合理使用化学农药和生防结合的一个重要方面。

化学防治在多数情况下不是预防性措施,尤其在“农药万能”的错误思想指导下,施药不合理,杀伤了林区内大量有益昆虫和鱼蛙等动物,对于食虫鸟类影响尤大;造成松毛虫和其他虫害(如松干蚧)的猖獗频繁。有一个林场自 1953—1963 年以来都在春、秋两季大量施药防治,用药量和费用与年俱增。引起松毛虫抗药能力增高,害虫的天敌大量被杀死;林内生物群落非常贫乏,发生基地又没有得到改造,从而松毛虫历年发生为患;明显地表现出重于治而忽略预防的不良后果。为此我们提出防治林业害虫的途径:以发挥生物的潜能为基础,(如发挥先进农林技术的作用,选择抗虫优良树种、合理施肥和栽培管理、充分利用天敌,发挥生物群落学、遗传学、生态学、生物化学等因子的力量),以药剂防治为急救的综合防治的方针。

经过数年的研究,于 1966 年初,将综合防治的内容简称为五要点:1. 森林经营要混交;2. 发生基地要改造;3. 各种天敌要利用;4. 杀虫药剂要选择;5. 抗虫树种要推广。

由上述情况可以看出我国森林害虫“松毛虫”综合防治研究和实践过程,是在较大量施用化学农药开始时已进行了研究,但在局部地区由于单纯依靠农药,开始引起不良后果;以及对害虫研究逐渐深入、新的防治技术不断出现的情况下不良后果,更易突出。

无产阶级文化大革命以来,林彪“四人帮”之流蔑视科学,在打倒一切的反动思潮指导下,对上述方案,大肆攻击,直到“四人帮”被粉碎后,综合防治才得到发展。白僵菌,苏云金杆菌,赤眼蜂等的繁殖和应用,各地区天敌的利用(包括蚂蚁引移、益鸟招引等)发展很快,特别在马尾松毛虫地区,已显示其优越性。各地对综合防治的概念,在认识上和理论上都有进一步提高。新的防治手段——不育剂、性引诱剂、黑光灯诱蛾、超低容量药剂等的研究和应用有了新的发展,充实了综合防治的内容。1972 年南方防治松毛虫协作会议上,我们提出了以林业技术防治和生物防治为基础,以药剂或其它防治急救的综合防治方案。全国各地区、大面积综合防治松毛虫的样板林也逐步建立起来,较长期的控制了松毛虫的猖獗,归纳其策略和综合措施有下列几点:

1. 认清松毛虫种类,区划发生类型,查明发生基地(虫源地),这是前提。
2. 掌握松毛虫发生规律、提高测报水平,这是关键。
3. 以林业技术措施为基础。
4. 以生物防治为主导。
5. 以化学技术为急救,力求合理使用化学农药。

三、森林害虫综合防治的理论根据

(一) 森林生态系统的原则

我国的森林大体分为天然林(即原始林)、天然次生林、人工林等不同类型。由于自然地理与气候环境的不同,又有不同的生态系统。这三种林型都以多年生林木为中心,比农田、牧场等生长周期长,林内多种生物经过长年累月群生在一起,互相沟通互相制约,通过种间信息调节而有机地联系在一起,构成森林的生物群落。森林生物群落又占有一定的空间(即生境),生物群落和生境间随着时间的变化进行演替,同时形成物质、能量交换系统,通过森林植被、害虫、天敌等直接或间接的营养关系,把动植物联系在一起,形成生态系统的基本结构,生态系统中任何一个组成部分的变动,都直接或间接或轻或重地影响整

个体系的稳定,使他们之间的关系发生变化,在关键的因素上,甚而牵制一点而动全局,从而影响害虫种群数量消长。人们利用这些自然规律,充分利用太阳能,加速物质与能量的传递效率,使林木速生丰产。森林保护工作也是利用这些规律,采取各种措施,发展有利于林木健壮生长的生物群落,促使天敌繁衍(如推广抗虫树种、繁殖天敌、改变森林类型等),抑制害虫猖獗。这就是综合防治的理论依据。

在正常的生物群落中,各种生物间处于相对稳定的状态。在森林营造和管理中,采取措施,使森林发生定向变化,这些变化要有利于天敌繁衍,而不利松毛虫猖獗。目前任何一种防治手段都不是万能的,只有依照基本的生态系统原则,采用多种措施,把它们有机的联系在一起,互相协调,彼此补充,因地制宜地才能获得最大效果。

(二) 松毛虫猖獗规律

松毛虫的猖獗和种类分布、发生代数、天敌、食料、林型、树种、发生基地类型等有着密切关系,其中与森林类型关系最为直接,现分述如下:

1. 松毛虫种类分布和生活习性

在我国危害针叶树种的毛虫,到目前为止约有 40 种,分莅于四个属:松毛虫属 *Dendrolimus*, 杂毛虫属 *Cyclophragma*, 云毛虫属 *Hocnimnema* 和 Y 毛虫属 *Metanastria*。其中主要的为松毛虫属,已知有 19 种,分布 24 个省、区,危害较重、分布广的有 6 种,即落叶松毛虫 *Dendrolimus superans* (Butler) (= *D. sibiricus* Tschetverikov)、油松毛虫 *D. tabulaeformis* Tsai et Liu、赤松毛虫 *D. spectabilis* Bulter、马尾松毛虫 *D. punctatus* (Walker)、云南松毛虫 *D. latipennis* (Walker) 和思茅松毛虫 *D. kikuchii* Matsumura。其中马尾松毛虫分布最广、南北跨 14 个省、区。

以上六种松毛虫的分布概况示如图 1。

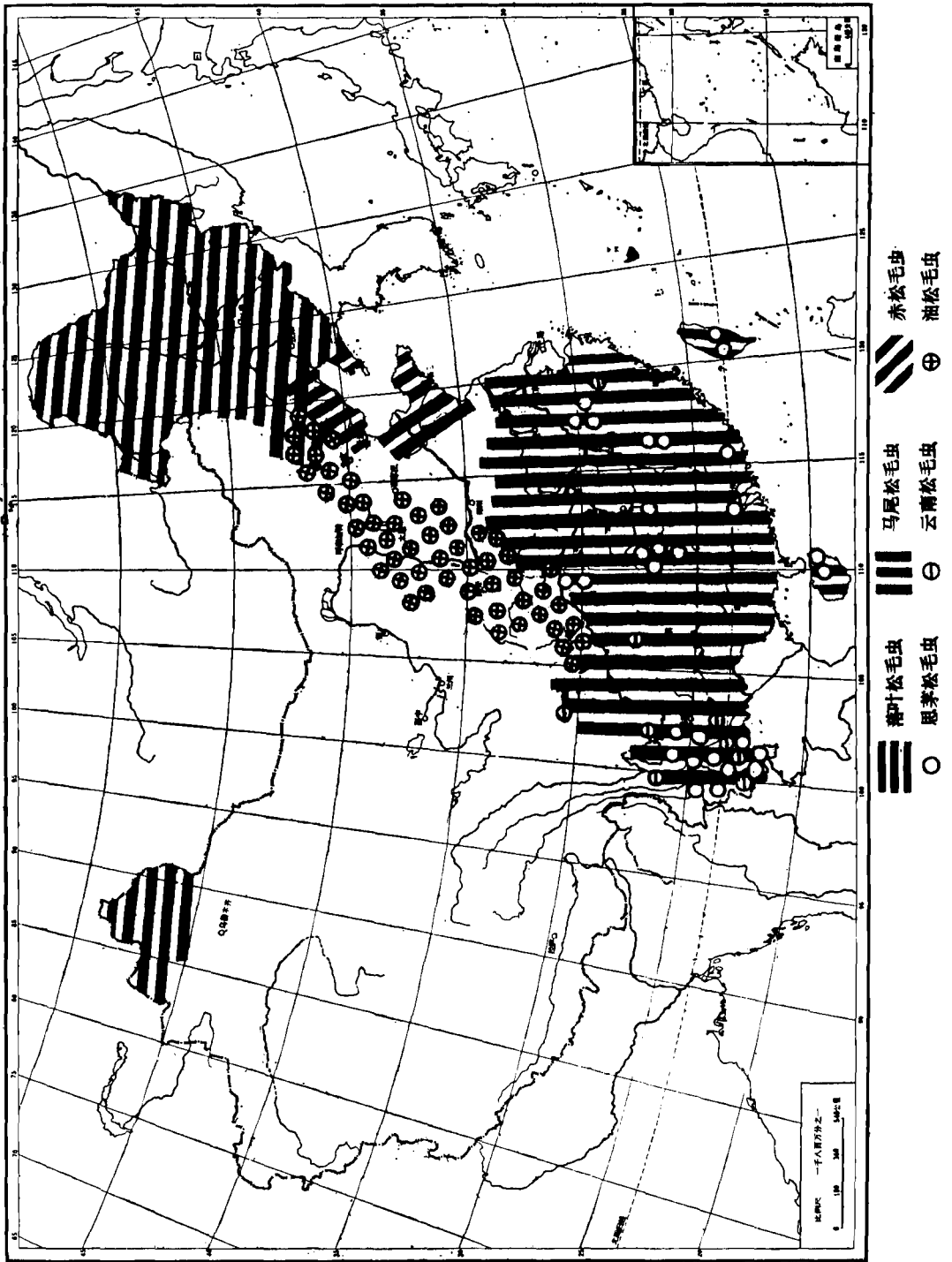
除思茅松毛虫外,各种松毛虫和松树种类的分布大致符合。重点地区的生活史见图 2。

因各地分布种类和发生世代的差异,其猖獗成灾的时期亦不相同,年发生多代的马尾松毛虫猖獗频繁。年发生一代或二年一代的赤松毛虫和落叶松毛虫,猖獗相隔时间则较长。

不同种的松毛虫,生活习性大致相近似,专食针叶树。雌蛾产卵于松针上,成块状,每一雌蛾产卵约 100—800 粒,一般 300—400 粒,幼虫一般在上午孵化,初孵幼虫到 3 龄前,比较集中,有吐丝下垂习性,借风力传播,3 龄后分散活动。幼虫期 6—8 龄。以 3—5 龄期越冬,越冬场所,在南方一般于针叶丛中,北方冬季气温在零度以下地区,多在树干裂缝、草被土层内。幼虫最后一个龄期,取食松针数量最大,占整个幼虫期食叶量 80% 以上,因此对松林危害最重。老熟幼虫在枝干上,针叶丛中或地被灌丛中结茧化蛹。茧上有毒毛。蛾子在晚间 9—12 时羽化,羽化后的雌蛾,由腹部末端分泌性腺激素,引诱雄蛾交配。交配历时 16 小时以上,随后即行产卵。产卵多少,依幼虫期取食营养优劣而异。蛾子夜间飞翔是扩散的主要方式。

2. 松树种类和松毛虫猖獗的关系

各种松毛虫对松树有一定选择。落叶松毛虫虽能同时危害红松、落叶松、白皮冷杉、鱼鳞松、红皮云杉、樟子松、黑松等,但其繁殖力以食红松者最佳,落叶松次之。油松毛虫除在四川沿长江两岸危害马尾松外、主要危害油松。赤松毛虫主要危害赤松。



在油松毛虫,赤松毛虫,落叶松毛虫分布交界地区(如河北北部,辽宁西部等),落叶松毛虫,油松毛虫或赤松毛虫可同时发生危害。但仅发现落叶松毛虫危害油松,没有发现油松毛虫,赤松毛虫危害落叶松的实例。

在山东沿海大多栽培赤松,油松,黑松较少,落叶松仅零星栽植,所以大部为赤松毛虫。油松毛虫仅在很小的地区(泰山顶,崂山顶)发生,该地区尚未发现落叶松毛虫。在山东地区似可适当种植落叶松,借以防止松毛虫的危害。

马尾松毛虫一般仅为害马尾松,对于其他松树则不易成灾,如我国南方马尾松地区所栽培的黑松 *Pinus thunbergii* L. 火炬松 *P. taeda* L. 湿地松 *P. elliotii* Engelm. 晚松 *P. rigida* var. *serotina* (Michaux) Loudon 海南二针松 *P. merkusii* Jungh et De Vries 等等;均可避免马尾松毛虫的猖獗危害。但在马尾松毛虫极度猖獗年度,马尾松针全部被食光后,也能蔓延食害邻近其他松树种类。就中以火炬松抗虫性较强。

马尾松毛虫在我国的分布范围限于马尾松生长地区,这显示了适生树种的影响。但在马尾松分布的边缘地区,如云南、四川、德昌等地区均生长它种松林,马尾松毛虫受了食物分化的影响,形成各地亚种,如文山松毛虫 *D. punctatus wenshanensis* Tsai et. Lin 德昌松毛虫: *D. punctatus tehchangensis* Tsai et Liu 等。杂毛虫属 *Cyclophragma* 一般属于杂食,例如:西昌杂毛虫(旧称西昌松毛虫) *C. xichangensis* (Tsai et Liu) 危害云南松及其他阔叶树达五科七种。波纹杂毛虫(旧称花松毛虫) *C. undans* (Walker) 危害油茶、白栎、栎、马尾松、华山松等。

3. 混交林与松毛虫猖獗的关系

由于混交林、灌木茂盛、植被丰富,生物群落复杂,松毛虫的天敌丰富,这种林分可以抑制松毛虫猖獗。但不同的林区,天敌种类和数量均不相同。在安徽滁县混交林内,黑大蚁 (*Camponotus herculeanus japonicus* Mayr) 捕食第一代马尾松毛虫卵达 26—65%。双针蚁 *Pristomyrmex pungens* Mayr. 捕食第一代卵达 40—100%,这两种蚁在 62 平方米内达 12 窝。黑枕黄鹂 *Oxiolus chinensis diffusus* Sharpe 能食大量的松毛虫幼虫和茧蛹,尤以食越冬代茧蛹最多,高达 94.8%。其它捕食昆虫如土蝼蛄 *Gampsocleis sedakovii obscura* Walker。哑蝼蛄 *Anonconotus* sp. 草蛉 *Conocephalus* spp. 等捕食卵、幼虫、蛹的作用亦较明显。山东栖霞一混交林,71% 赤松毛虫茧蛹被蚕饰腹寄蝇 *Blepharipa zebina* (Walk.) 等所寄生;土蝼蛄捕食 23% 幼虫;草蛉食卵达 14%;大山雀 *Parus major artatis* Thayer et Bang) 大杜鹃 *Cuculus canorus fallax* Stresemann) 灰喜鹊 (*Cyanopica cyarra interposita* Hartert) 黑枕黄鹂等食虫鸟捕食越冬幼虫 11%。在这些混交林内,还有螳螂、胡蜂、猎蝽、蜻蜓、蜘蛛、哈蟆、寄生蜂等也起到一定作用。此外混交林土壤水肥条件好,林木生长健壮,抗虫性也比较强。实践证明它在抑制松毛虫猖獗方面起着重要作用。

4. 纯松林和松毛虫猖獗的关系

(1) 当松毛虫从发生基地扩散全林猖獗危害时,专食性天敌和致病菌类亦尾随增多,白僵菌 *Beauveria bassiana* (Bals)、苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis*、多角体病毒等,常在松毛虫猖獗后期大量流行。安徽滁县一纯松林内第一代马尾松毛虫卵期寄生的统计如下:赤眼蜂 (*Trichogramma dendrolimi* Mats.) 10.4%; 松毛虫黑卵蜂 (*Telenomus dendrolimus* Chu) 0.9%; 平腹小蜂 (*Anastatus gastropachae* Ash.) 0.3%; 到第二代时卵期寄生率增高

为：赤眼蜂 31.2%；黑卵蜂 7.1%；平腹小蜂 6.4%。又据江苏林科所彭趋贤等在南京连续 9 年（1954—1962 年）的考察结果证明，纯松林内一般第二代寄生率亦较高。据刘元福观察：广东海南地区纯海南松林内发生的思茅松毛虫 7 月下旬第二代卵期寄生率 10.3—44%，（其中松毛虫黑卵蜂曾高达 33%），10 月第三代卵寄生率增高至 82%（其中松毛虫黑卵蜂 74%）。再以年发生一代的赤松毛虫或二年一代的落叶松毛虫等为例，均是连续数年猖獗地区，其卵期寄生率高。

在纯松林内，虽然有时因林缘的灌木植被较多，而增高了寄生率，卵期寄生率高达 50% 以上则都是在猖獗后期。除卵期寄生蜂以外，幼虫期、蛹期的天敌也都尾随松毛虫数量的增多而增多。应该积极调查高效天敌、开展人工繁殖，创造适于天敌繁衍的生态环境，发挥它的最大作用。

（2）松树受害程度的不同对于松毛虫猖獗的影响 生活在被害程度不同的松树上的松毛虫，其生长发育会有显著的差异，以马尾松毛虫为例，松林被害愈重，蛹重愈轻，雌性比下降，产卵量减少，反之松林被害愈轻上列各项转向上升。林内虫口剧增时，引起早期食料缺乏，少部分幼虫迁入其它林分继续为害，绝大部分的虫子由于发育不良而死亡。松毛虫危害后引起树势衰弱、能终止松毛虫的继续猖獗。引起松毛虫猖獗此起彼伏的现象。

（3）纯松林容易形成松毛虫发生基地 松毛虫在大面积纯松林内容易形成猖獗，而且总是先从小面积开始，然后向四周蔓延扩大。这种最易发生松毛虫的小面积林地称为发生基地，亦称“虫源地”，“老虫窝”，这表明松毛虫猖獗和生物群落、地形条件有密切关系，具体的说就是：地势、地形、林木组成、灌木、草被、土壤以及营林措施等，相互影响而形成的适于松毛虫滋生、繁殖和猖獗的特殊生物地理群落。

①发生基地的特征：据各地调查、发生基地的地势一般在四面环山，中间低洼的阳坡，或三面环山，马蹄形向阳山谷，以及座北向阳而开敞的阳坡山林。其特点是窝风、向阳，纯松林，郁闭度 0.5—0.7，林下灌木缺乏，植被稀少单纯，土壤贫瘠，土层薄或岩石裸露。气候温暖，林木长势差，一般为中、幼林。云南松毛虫、落叶松毛虫、思茅松毛虫，亦可发生在过熟林内。马尾松毛虫。赤松毛虫一般发生在海拔 400 米以下。而油松毛虫、云南松毛虫、思茅松毛虫可达 1,000 米上下。

在三面环山轻度起伏的山谷阳坡上，松毛虫发生后，向附近山坡蔓延成灾，使大片山脉阳侧松林枯萎，远视像一条线，这种灾象在长江流域山脉地带，尤易见到。

②发生基地内松毛虫易于猖獗的原因：由于基地内窝风、阳光充足，温度较高，有利于松毛虫的生长发育；越冬死亡率低。年发生 2—3 代的马尾松毛虫地区，基地内增多三代的比例。发生基地的位置和面积，通常在松毛虫尚未蔓延扩散前容易检查确定。在年发生多代地区，发生基地增殖的虫口容易扩散，若不及时观测就不易发现基地的位置，往往觉得松毛虫有突然猖獗成灾，突然灾害终止的现象。

③不合理的化学防治诱发松毛虫发生基地的形成：一些国营林场每年均有施药的习惯，不少地方过度依赖农药，造成年年施药、年年松毛虫成灾的现象。长期使用一种农药，使松毛虫产生了极大的抗药性。如常施 666 防治赤松毛虫，开始每亩用 1—2 斤有显著效果，随着抗药性的提高，每亩用药量需增至 10—20 斤，多者要用 2% 粉剂 100 余斤。经测定，连续 10 年（每年一代）每年春、秋两次喷撒 666，松毛虫抗药性增高 50—100 倍。这种

现象,在马尾松毛虫、油松毛虫地区亦很普遍,其他施以磷制剂,亦有抗药性现象,大大降低了药剂防治的效果。并破坏了生物群落结构、杀伤大量天敌,以赤松毛虫蛹期的蚕饰腹寄蝇来看,未施药的林地,寄生率可达40—80%;而常施药地区最高寄生率仅10%甚至更低;在施药的林地内,蜘蛛及食虫鸟类的数量亦很稀少。据江苏林科所彭趋贤等(1964年)对飞机喷洒六六六、滴滴涕混合剂防治马尾松毛虫的观测,施药24小时后调查了50平方米林地,被毒杀的昆虫有:瓢虫3,蚂蚁1,蜡象1,步行虫2,姬蜂1,胡蜂1,蝇类12,蝗虫17,象甲4,金花虫1,蛾类2,蚊类1,金龟子2,蜘蛛13只,同时也观察到在连年大面积用药防治的林地,幼虫期寄生蜂很少,卵期寄生率下降到7.9—1.76%。而在未施药地区,寄生幼虫的两色瘦姬蜂(*Campoplex bicolor* Ash.)和红头小茧蜂(*Rhogas spectabilis* Mats.)寄生率可达17.5%,卵寄生蜂的寄生率达42—53.8%。由此可见不合理的化学防治,严重影响林内生物间的有机联系,使土壤内营养物质更为缺乏,有利于松毛虫发生基地的形成。

如前所述,松毛虫猖獗后期天敌的种类和数量增多,对终止猖獗起着重要作用,简单的施用化学农药,杀伤了大量天敌,遗留的害虫迅速增殖,促使猖獗延续,尤其在年发生多世代的松毛虫地区,这种情况较为常见。因此,今后化学药剂应严禁在猖獗后期使用,以发挥天敌应有的作用。

(三) 综合防治与环境污染

666等有机氯农药问世,曾轰动一时,不仅成为杀灭蚊、蝇,预防某些传染病的重要武器,而且也成为杀灭农林害虫,增加生产的重要手段。但通过实践,了解到它们属于高残留农药,在动植物体内容易蓄积为害,造成慢性中毒,受污染的水含有机氯的浓度虽不大,通过生物富集作用,可以把浓度很大的有机氯传给人。防治森林害虫不合理选用农药,长年累月的积毒和污染比农田更为严重,更有必要采取综合防治的方案。

四、展 望

我国森林害虫松毛虫的综合防治工作,虽开展较早,但目前各地发展很不平衡,各项措施还不完善。综合防治的根本目的是在于防止环境污染,提高防治害虫的效果,发挥森林群落的潜在力量,采取各种协调措施,把害虫数量控制在不猖獗为害的水平之下。因此全面地开展本地区森林生态系统的研究,了解害虫在猖獗情况下质能运转的规律是很必要的,特别是纯松林内进行定位观测气象变化,物质循环与害虫种群数量变动规律,从而提高测报的技术水平。

在造林设计规划中应注意以实地适树为原则,进行不同类型的混交,同时对纯松林进行改造。选择速生、优质的抗虫树种,加强种子、苗木等害虫的检疫。

过去全国各地开展了不少育蜂、育菌工作,进一步发挥了天敌的应有作用,今后应调查不同森林生物群落中,松毛虫天敌区系和重要种类的生物学及生态学以及在害虫消长中的作用。

对松毛虫的生理生态规律如光周期、积温、猖獗和遗传的关系,种下分类,迁飞扩散,营林技术,灯光引诱和抗虫树种等等需要进一步开展研究工作。防治新途径,新方法如病毒、不育剂、引诱剂、拒食剂、激素、植物杀虫剂、遗传不育等,已作了一些工作,尚需进一步

探索,丰富综合防治内容。对于高效低毒低残留农药以及适于林业的超低容量、高效器械和遥感侦查发生基地的技术,均需改进和创新。

我们相信为了保护环境,杜绝污染,在认识森林生态系统重要意义的基础上实施综合防治,控制森林害虫的猖獗,实现大地园林化,加速发展林业目的是一定能实现的。

ON THE PRACTICE AND PERSPECTIVES OF INTEGRATED CONTROL OF THE FORESTRIAL INSECT PESTS: “PINE CATERPILLARS” IN CHINA

TSAI PANG-HWA HOU TAU-CHIEN HWANG FU-SHENG

(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

We collected about 40 species of the so-called “pine caterpillars” infesting conifers and broad-leaved trees in China. They belong to four genera: *Dendrolimus*, *Cyclophragma*, *Hoenimnema* and *Metanastria*; and the following six species cause serious damages in forestry: 1. *Dendrolimus superans* (Butler) (= *D. sibiricus* Tsch.), distributed in the north-eastern provinces and the northern part of Sinkiang; 2. *D. tabulaeformis* Tsai et Liu, in North China; 3. *D. spectabilis* Butler, in the provinces around the gulf of Pohai; 4. *D. punctatus* (Walker), in South China; 5. *D. latipennis* Walker, in Yunnan Province; and 6. *D. kikuchii* Matsumura, in South China. Each species has its own preferred host trees, e.g., *D. punctatus* prefers *Pinus massoniana*, *D. spectabilis* to *P. densiflora* et al.

The observation on various forests has shown that the prime factors of synecological relationship for the outbreak center (or the outbreak beginning stand) of pine caterpillars may be summarized as having the following characteristics: pure pine stands, on the southern side or in the valley of a mountain with pines in weak growth status, poor soil condition, deficit in vegetation covering, deficit in natural enemies, et al. In the mixed forests where pines are mixed with broad-leaved trees to form rich vegetation coverings, caterpillar damage will be lessened because the mixed forests would harbour more natural enemies of the caterpillars such as entomophagous insects and entomophagous birds to suppress the population growth.

Through the practice of integrated control of pine caterpillars the following points may be summarized as essential to success: 1. caterpillar species identification and surveys on their distribution and the outbreak centers, 2. studies on their bionomics and the method of pest forecasting. 3. studies on forestial management for the prevention of the pest population growth, 4. to carry out biological control as the principal means of caterpillar population suppression, and 5. to carry out the reasonable application of chemical insecticides in urgent situation.