

12/1-129

第13卷 第2期
1993年6月

生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.13, No. 2
Jun., 1993

油松林对油松毛虫危害的补偿 与超补偿效应的研究

夏乃斌 屠泉洪 宋长义 李镇宇

(北京林业大学, 北京, 100083)

张俊楼

(北京市林业局)

579/254

摘 要 本文从油松毛虫的优化管理出发, 在油松林-油松毛虫生态系统中, 将油松林视为一个子系统, 通过人工模拟摘叶和油松毛虫自然危害的方法, 从宏观上进行了油松生长指标的测定, 从微观上进行了油松生理指标的分析, 均证明了油松在一定失叶率条件下, 具有补偿与超补偿效应。并进一步组建了不同龄级油松的补偿与超补偿模型, 同时寻求了相应的补偿点和超补偿点。通过1988—1991年在北京部分地区的应用, 有力地说明了该项研究成果具有明显的经济效益和生态效益, 可为制定油松毛虫综合防治的新策略提供可靠的科学依据。

关键词: 油松, 油松毛虫, 经济阈值, 补偿与超补偿。

长期以来, 人们在与森林害虫作斗争的过程中, 总是力图使用各种不同的防治方法, 尽量减少其目标害虫的数量, 这种直观想法的背后却忽视了另一个重要问题, 即在生态系统的水平上, 根据害虫与其寄主植物之间的协同进化关系来考虑害虫的防治体系。本文基于油松毛虫优化管理的研究^[1], 在油松林子系统中, 通过油松毛虫对油松的危害及其油松对油松毛虫危害的反应, 发现油松在一定的失叶率条件下, 具有补偿与超补偿效应, 并且进一步把它引进到油松毛虫的动态经济阈值模型中, 这不仅可以大幅度地提高经济阈值, 从而减少使用化学农药, 保护生态环境, 而且还可以在油松毛虫的防治过程中明显地提高经济效益和生态效益, 以为进一步地制定油松毛虫综合防治的新策略提供可靠的科学依据。

1 材料与方法

1.1 标准地概况

分别于1985年和1987年, 在密云水库, (Miyun Reservoir, MR) 坝西区和平谷县(Pinggu county, PC) 刘店乡各选取了2块油松纯林作为人工模拟摘叶试验标准地(ESCPS), 又于1991年在延庆县(Yangting county, YC) 清泉铺乡和昌平县(Changping county, CC) 十三陵林场各选取了一块油松毛虫自然危害的试验标准地(ESCPD)。各标准地的概况汇总于表1。

1.2 试验方法

为了证明油松补偿与超补偿效应的存在, 我们一方面从宏观上采用人工模拟摘叶和油松毛虫自然危害的方法, 研究油松补偿与超补偿效应在生长指标上的反映; 另一方面从微观上研究油松失叶后补偿与超补偿效应在生理指标上的反映。

1.2.1 在ESCPS中, 对4种龄级(Age class, AC)的油松: 8—10年生、11—13年生、14—

• 本文系“七五”国家科技攻关课题。由张执中教授主持完成, 丁岩敏研究员给予指导, 李湛东负责计算, 在此一并致谢!

本文于1991年11月20日收到, 修改稿于1992年4月24日收到。

表 1 标准地概况

Table 1 General conditions of the experimental sites

标准地 Experimental sites		面积(hm ²) Area	坡 向 Slope orientation	海 拔(m) Above sea-level	郁闭度 Degree of closeness	树 龄(a) Age of tree
ESCPS	MR(I)	3.334	N	110	0.7	25—28
	MR(II)	3.334	W.N	110	0.6	25—28
	PC(I)	3.334	E	200	0.5	8—18
	PC(II)	3.334	E	200	0.6	8—18
ESCPD	YC	1.000	E.N	500	0.7	22—25
	CC	0.667	W.S	450	0.7	30

18年生和25—29年生(依次记为AC(I)、AC(II)、AC(III)和AC(IV))分别确定5个摘叶水平: 0%、25%、50%、75%和100%。其中MR(I)和MR(II)共选取了60株标准树, 自1985年起到1987年止连续3a于每年的5月底6月初(正值油松毛虫危害盛期)进行一次人工摘叶, 1988年停摘1a, 1989年进行树干解析, 在PC(I)和PC(II)中共选取了104株标准树, 1987至1988年连续2a摘叶, 1989年停摘1a, 1990年10月进行树干解析。在ESCPD中共选取了33株标准树, 其中在YC中, 根据1990年的自然危害程度, 选择了与人工模拟摘叶一样的5个失叶水平各5株, 在CC中选择了8株失叶水平为0%的标准树, 均在1991年进行树干解析。通过树干解析测得每年的高生长, 径生长和材积生长。

1.2.2 于1989年在MR(MR(I)+MR(II)), 1990在PC(I)和PC(II)以及1991年在YC中, 按失叶水平从每个标准树的干基下方, 取其长为7—10cm、宽为3—5cm、厚为0.5cm左右的木片(除去粗皮), 即时将表皮部和木质部分开, 然后分别浸入75%的酒精中, 起到杀菌和杀酶的作用, 取出凉晒后放入60℃的烘箱中干燥, 再将干燥后的样品在粉碎机中粉碎过40目筛, 最后应用蒽酮比色法^[3]测其样品中的淀粉、蔗糖和葡萄糖的百分含量。

2 结果与分析

2.1 油松补偿与补偿效应的存在

2.1.1 油松生长指标的分析结果 根据以上收集的数据, 从以下两个方面进行分析。

2.1.1.1 反应曲线的分析 油松受害后的损失, 不仅依赖于危害油松的油松毛虫种群密度, 而且也依赖于油松对油松毛虫危害后作出的反应。这种反应形式表现在油松生物产量的变化上(见图1)。

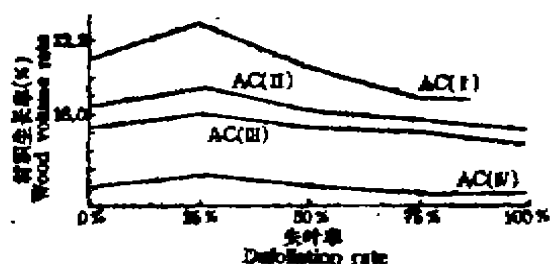


图 1 材积生长率与失叶率关系曲线

Fig. 1 The relative curves between wood volume rate and defoliation rate

由图1可以直观地看出, 油松失叶率与其材积生长率之间的关系曲线, 直接反映了油松毛虫对油松的危害, 只有达到一定的失叶率条件下, 油松材积生长才开始下降, 在此之前, 油松材积不但没有下降, 反而增加, 油松受到危害后的这一反应特性, 根据丁岩钦(1988)^[2]关于害虫为害对作物产量的关系, 求属于补偿型(即耐害性)和超补偿型。

2.1.1.2 方差分析 为了进一步揭示不同龄级的油松在不同失叶率下的补偿与超补偿效应, 对油松的高生长、径生长和材积生长进行了差异性检验:

不同失叶水平对材积生长的影响 以1987年为例, 对其4个年龄级油松的材积生长进行了方差分析, 以比较不同失叶水平间的差异, 其结果列入表2。

表 2 1987年材积生长方差分析

Table 2 Variance analysis of wood volume growth in 1987

误差来源 Sources of error		自由度 Degree of freedom	离差平方和 Sum of squares of deviation	均 方 Mean square deviation	F-值 F-value	F _α
A (I)	组 间 Between class	4	2.97477	0.74369	4.14*	F(0.05) = 2.85
	组 内 Inter class	21	3.77272	0.17965		F(0.01) = 4.37
	合 计 Sum	25	6.74749			
A (II)	组 间 Between class	4	2.79402	0.69851	4.24**	F(0.05) = 2.59
	组 内 Inter class	42	6.80900	0.16474		F(0.01) = 3.80
	合 计 Sum	46	9.70302			
A (III)	组 间 Between class	4	2.64972	0.66243	5.01**	F(0.05) = 2.78
	组 内 Inter class	24	3.17332	0.13222		F(0.01) = 4.22
	合 计 Sum	28	5.82304			
A (IV)	组 间 Between class	4	2.39525	0.59881	3.46*	F(0.05) = 2.68
	组 内 Inter class	45	7.78550	0.17301		F(0.01) = 3.78
	合 计 Sum	49	10.18075			

表 3 1987年4个龄级材积生长的多重比较

Table 3 Multiple comparison of wood volume growth in 4 Age-classes in 1987

失叶水平 Defoliation levels	AC(I)均值 AC(I)mean	AC(II)均值 AC(II)mean	AC(III)均值 AC(III)mean	AC(IV)均值 AC(IV)mean
0 %	0.98731(a)	0.90424(a)	0.67261(a)	0.61621(a)
25%	1.90258(c)	1.55662(c)	0.92479(c)	1.22117(b)
50%	0.88589(ab)	0.80074(ab)	0.76814(ab)	0.584884(ab)
75%	0.48814(b)	0.36069(b)	0.30240(b)	0.21374(b)
100%	0.16874(b)	0.24979(b)	0.21371(b)	0.19155(b)

* () 内字母不同者为差异显著 ($\alpha = 0.05$)

In () *different letters is significantly at $\alpha = 0.05$.

由表 2 可以看出, 4 个年龄级的材积生长在 5 个失叶水平间均差异显著。

为了进一步分析各失叶水平之间的两两差异又进行了多重比较, 其结果列于表 3。

由表 3 可以看出, 4 个年龄级的油松都存在一个共同的特点, 即失叶水平为 25% 与其余各失叶水平间的材积生长均差异显著, 且均值较对照 (即失叶水平为 0%) 高, 这说明当失叶水平为 25% 左右时, 由于油松具有超补偿效应而导致材积生长有增加的趋势。

不同失叶水平对高生长和径生长的影响 与材积生长一样, 4 个龄级的高生长和径生长在 5 个失叶水平间均差异显著, 故以下只分别列出多重比较的结果, 见表 4 和表 5。

表 4 1987年4个龄级高生长的多重比较

Table 4 Multiple comparison of height growth in 4 Age-classes in 1987

失叶水平 Defoliation levels	AC(I)均值 AC(I)mean	AC(II)均值 AC(II)mean	AC(III)均值 AC(III)mean	AC(IV)均值 AC(IV)mean
0 %	34.8(a)	27.8(a)	21.8(a)	10.98(a)
25%	40.5(c)	33.6(c)	30.6(c)	14.90(c)
50%	24.5(b)	22.7(ab)	15.5(ab)	14.46(b)
75%	23.6(b)	19.9(b)	14.2(b)	14.13(b)
100%	19.7(b)	19.0(b)	13.9(b)	8.40(ab)

“()”内字母不同者为差异显著($\alpha=0.05$)。

表 5 1987年4个龄级径生长的多重比较

Table 5 Multiple comparison of diameter growth in 4 Age-classes in 1987

失叶水平 Defoliation levels	AC(I)均值 AC(I)mean	AC(II)均值 AC(II)mean	AC(III)均值 AC(III)mean	AC(IV)均值 AC(IV)mean
0 %	3.73(a)	2.62(a)	1.83(a)	1.91(a)
25%	4.81(a)	3.95(c)	3.31(c)	1.75(a)
50%	3.17(a)	2.54(ab)	1.72(ab)	1.37(ab)
75%	3.08(a)	1.08(b)	1.82(ab)	0.92(ab)
100%	2.93(a)	1.38(b)	0.84(b)	0.80(b)

“()”内字母不同者为差异显著($\alpha=0.05$)。

由表 4 和表 5 可以看出, 在 4 个龄级的油松中, 其失叶水平为 25% 左右的高生长和径生长都高于对照组, 这又一次说明由于油松的超补偿效应而导致高生长和径生长向增加的趋势方向发展。

2.1.2 油松生理指标的分析结果 油松受到油松毛虫危害后, 由于针叶量的减少, 直接影响到油松光合作用的减弱, 进而表现为林木长势的衰退, 生物量下降, 甚至枯死。因此, 油松受到危害后所表现出来的外部症状实际上是树木内在生理指标的反映。为此, 在上述生长指标测定的基础上进一步分析了不同失叶水平条件下光合作用产物中部分转化物的变化。光合作用产物的转化物主要包括纤维素、淀粉和糖等, 其中纤维素占有很大的比例, 但由于它是糖的转化物, 且惰性很强, 因此淀粉和可溶性糖就成为松毛虫为害后反映油松体内生理指标的主要研究对象之一。样品中木质部和韧皮部的淀粉、蔗糖、葡萄糖和果糖各含量的测定结果表明了淀粉的含量最高, 并且随着失叶率的变化呈现有规律的变化 (见图 2)。

无论在人工模拟摘叶条件下, 还是在油松毛虫自然危害条件下, 油松干基淀粉的百分含量随着失叶率变化的趋势与生长指标测定的结果完全一致, 即失叶率为 25% 左右时, 淀粉的百分

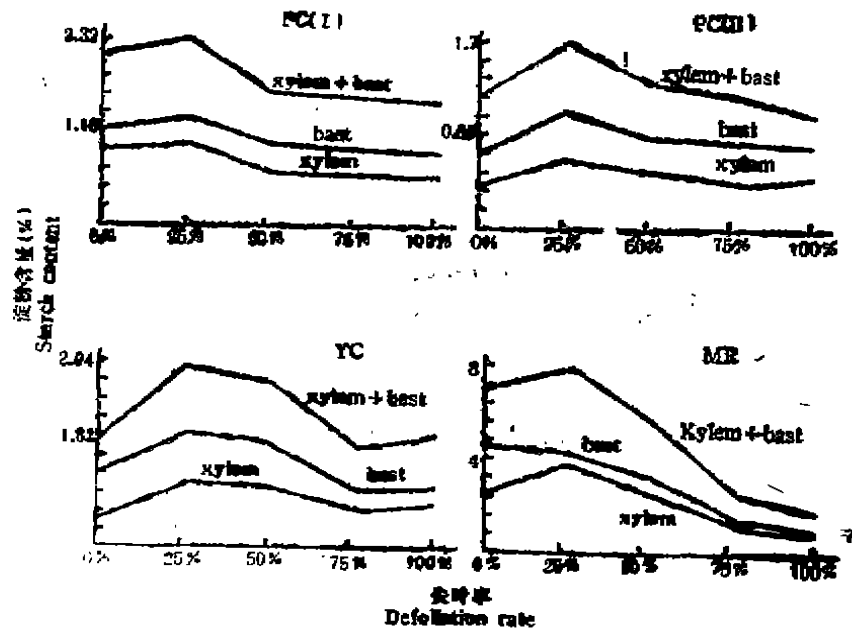


图 2 淀粉含量与失叶率的关系

Fig.2 Relationship between percentage of starch content and defoliation rate

含量均高于其它失叶水平下的含量。由此从生理水平上又一次说明油松具有补偿与超补偿效应。

2.2 油松补偿与超补偿模型

根据以上补偿与超补偿的分析结果, 分别组建 2 种补偿与超补偿模型。

2.2.1 以生长指标建模 为了进一步定量地描述不同年龄级的油松在不同失叶水平条件下的补偿与超补偿能力, 我们通过材积生长率或材积损失率分别与失叶率之间的关系, 建立不同年龄级的补偿与超补偿模型。

2.2.1.1 材积生长率与失叶率关系模型

1986年:

$$AC(V); Y = 2.19999 + 5.1489X - 10.3781X^2 + 5.3853X^3 \quad (1)$$

$$SSe = 0.03628 \quad r = 0.9567685$$

1987年:

$$AC(I); Y = 29.6042 + 65.1160X - 191.4530X^2 + 119.8440X^3 \quad (2)$$

$$SSe = 3.530372 \quad r = 0.9894594$$

$$AC(II); Y = 15.6958 + 16.6111X - 38.4435X^2 + 18.9092X^3 \quad (3)$$

$$SSe = 1.781046 \quad r = 0.9456439$$

$$AC(III); Y = 19.9204 + 23.9135X - 59.1530X^2 + 30.7678X^3 \quad (4)$$

$$SSe = 1.630941 \quad r = 0.9757081$$

$$AC(V); Y = 3.5260 + 3.5254X - 9.5313X^2 + 4.9674X^3 \quad (5)$$

$$SSe = 0.00087 \quad r = 0.9996546$$

1988年:

$$AC(I); Y = 0.0099 - 12.6184X + 35.3965X^2 - 19.9540X^3 \quad (6)$$

$$SSe = 0.00687 \quad r = 0.9996883$$

$$AC(II); Y = -0.0710 - 8.7188X + 25.9261X^2 - 5.4320X^3 \quad (7)$$

$$SSe = 0.35336 \quad r = 0.9620395$$

$$AC(III); Y = 0.0228 - 1.3251X + 7.9915X^2 - 3.6851X^3 \quad (8)$$

$$SSe = 1.83238 \quad r = 0.9906306$$

2.2.1.2 材积损失率与失叶率关系模型

1986年:

$$AC(VI); Y = -0.0143 - 1.6095X + 4.2620X^2 - 2.2141X^3 \quad (9)$$

$$SSe = 0.01425 \quad r = 0.9710528$$

1987年:

$$AC(I); Y = -0.2246 - 65.1168X + 191.4553X^2 - 117.8454X^3 \quad (10)$$

$$SSe = 3.53036 \quad r = 0.9894594$$

$$AC(II); Y = -0.1595 - 16.6110X + 38.4432X^2 - 18.9090X^3 \quad (11)$$

$$SSe = 1.78104 \quad r = 0.9456536$$

$$AC(III); Y = -0.1526 - 23.9132X + 59.1523X^2 - 30.7673X^3 \quad (12)$$

$$SSe = 1.63092 \quad r = 0.9757082$$

$$AC(IV); Y = -0.0035 - 3.5254X + 9.5313X^2 - 4.9674X^3 \quad (13)$$

$$SSe = 0.00087 \quad r = 0.9996546$$

1988年:

$$AC(I); Y = 0.0099 - 12.6184X + 35.3965X^2 - 19.9540X^3 \quad (14)$$

$$SSe = 0.00687 \quad r = 0.9996883$$

$$AC(II); Y = -0.0710 - 8.7188X + 25.9261X^2 - 5.4320X^3 \quad (15)$$

$$SSe = 0.35336 \quad r = 0.9620395$$

$$AC(III); Y = 0.0228 - 1.3251X + 7.9915X^2 - 3.6851X^3 \quad (16)$$

$$SSe = 1.83238 \quad r = 0.9906306$$

2.2.2 以生理指标建模 由以上生理指标分析所得到的数据, 令 X 为淀粉百分含量, Y 为失叶率。便可得到:

在PC(III)中:

$$Y = 15.73 - 15.48X + 3.80X^2 \quad (r = 0.99627) \quad (17)$$

在PC(VI)中:

$$Y = 10.61 - 10.54X + 2.66X^2 \quad (r = 0.802) \quad (18)$$

在YC中:

$$Y = -10.23 + 6.53X - 0.976X^2 \quad (r = 0.711) \quad (19)$$

在MR中:

$$Y = 4.8010 + 43.8090X - 5.6481X^2 \quad (r = 0.781) \quad (20)$$

2.3 补偿点与超补偿点

根据以上补偿与超补偿模型, 通过以下 2 种方法寻求不同年龄级油松的补偿点与超补偿点。

2.3.1 通过材积损失率寻求补偿点与超补偿点 以1987年和1988年为例, 材积损失率和失叶率的关系见图3。由图可以看出, AC(I)、AC(II)、AC(III)和AC(IV)均表现为失叶率在50%左右为油松的补偿点, 失叶率在25%左右为超补偿点。

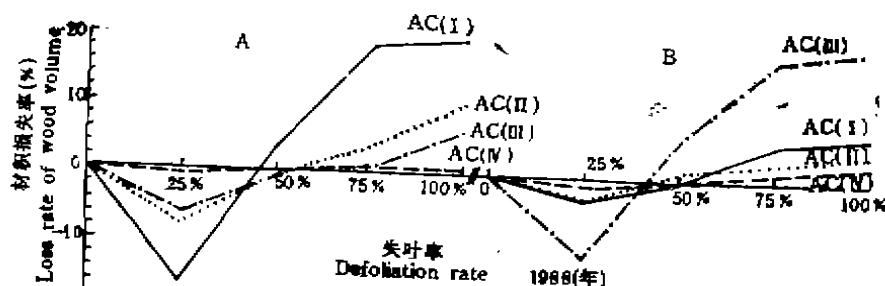


图3 材积损失率与失叶率的关系

Fig.3 Relationship curves between the loss rate of wood volume and defoliation rate

为了精确地计算出补偿点和超补偿点, 由材积损失率与失叶率的关系模型看出, 它们皆为增函数, 于是令 $Y = 0$, 解方程(9)——(16), 便可求出补偿点。其结果列于表6。

表6 4个龄级油松的补偿点(以失叶率表示)

Table 6 The compensation points of Chinese pine in 4 Age-classes (expression in defoliation rate)

年份 Year	AC(I)	AC(II)	AC(III)	AC(IV)
1986	—	—	—	52.90%
1987	48.82%	64.27%	56.92%	51.80%
1988	49.28%	48.02%	44.81%	—

表7 4个龄级油松的超补偿点(以失叶率表示)

Table 7 The super compensation point of Chinese pine in 4 Age-classes (expression in defoliation rate)

年份 Year	AC(I)	AC(II)	AC(III)	AC(IV)
1986	—	—	—	23.01%
1987	21.13%	28.07%	23.28%	22.59%
1988	21.87%	20.65%	19.86%	—

2.4 油松补偿与超补偿的应用

为了具体说明油松补偿与超补偿研究的意义, 下面仅从2个方面来估计它在松毛虫防治决策中的经济效益。

2.4.1 可以大幅度地提高经济阈值 根据

若令(9)——(12)和(13)——(16)式的一阶导数为零, 即可求出超补偿点。其结果列于表7。

2.3.2 通过淀粉含量寻求补偿点与超补偿点 由(17)、(18)和(20)式以及失叶率与材积损失率关系模型的计算, 可求出补偿点与超补偿点, 其结果列于表8。

表8 以淀粉含量为指标测得的补偿点与超补偿点

Table 8 Use starch content as index of measuring point of compensation and super compensation

补偿点或* 超补偿点	淀粉含量(%) 及相应的失叶率** (%)	标准地***		
		PC(I)	PC(IV)	MR
补偿点	淀粉含量	1.641	1.583	6.452
	失叶率	56.03	58.89	52.35
超补偿点	淀粉含量	2.308	1.772	7.321
	失叶率	24.38	28.46	22.80

* Compensation point or super compensation point,

** Starch content and correspondent defoliation rate,

*** Experimental sites.

北京市林业局林保站1991年所提供的部分资料,近5a来北京有关地区每年用于油松毛虫的防治指标、防治费用等情况汇总于表9。

根据表9中所列出的数据,若用动态经济阈值进行计算,则分别为:延庆县为46头/株,平谷县为49头/株,密云县为63头/株,北京西山林场为60头/株。由于经济阈值模型中考虑到油松的补偿效应,所以目前北京地区油松毛虫的防治指标按照经济意义上的害虫水平定得过低。因此这笔防治费用完全可以节省下来。由此说明油松补偿效应引进到经济阈值模型中具有明显的经济效益。

2.4.2 油松超补偿点应用的经济效益 由表6和表7可知,油松的超补偿点约为补偿点的一半左右,此时若采取防治措施,则材积生长将比对照组(即失叶水平为0%)提高3%—7%,根据1988—1991年在密云、平谷和延庆3县合计1374.02万m²的应用,可新增产值为44.6万元。按照北京市林业局林保站从1984至1990年的统计,北京地区每年油松毛虫发生面积为5336m²,则可新增产值为179.93万元。

3 结论与讨论

根据近年国内、外的研究^[4-7],补偿与超补偿效应广泛存在于自然界的许多植物中(Banks, C.J.et al., 1967, Dunnam, E.W.et al., 1943, Eaton, F.M.1931, Kincaide, R.T.et al., 1970, Scott, D.R.1970, Wilson, A.G.L.et al., 1972,盛承发等1985、1986、1988、1989、1990等),例如棉花、蕃茄、马铃薯、瓜类、豆类、蔬菜、果树和粮食植物等,但在森林植物中,国外学者(富桢等1977,佐藤等1979等)虽然提及到有关松树失叶后的补偿效应,但缺乏定量的分析或从生理水平上揭示补偿、特别是超补偿的机理问题。本文有关油松补偿和超补偿效应的研究,是从油松毛虫的优化管理出发,通过在北京地区3个县的小面积应用,已经有力地证明了补偿与超补偿功能在油松毛虫综合防治中具有明显的经济效益和生态效益,这将对我国森林害虫的防治决策具有重要的理论意义和实践意义。

需要指出的是,油松是多年生植物,其补偿与超补偿效应是在油松生长发育过程中不断变化的,为了进一步揭示这一变化的规律性,必需继续沿着宏观和微观相结合的研究路线,从本质上深入探讨补偿与超补偿的机理及其所需要的条件,并且与当前林业生产上的遗传育种、森林管理、抚育和间伐等营林措施联系起来,从而综合地定量地定出油松补偿效应的优化指标体系,以便把害虫的科学管理从经济效益和生态效益上迅速地推向一个新的水平。

表9 北京地区部分县的油松毛虫防治指标和防治费用

Table 9 The control quota and control cost of chinese pine caterpillar in part counties of Beijing region

项 目 Item	延庆县 Yang qing county	平谷县 Ping gu county	密云县 Mi yun county	西山林场 Xi shan Forest station
年防治费用(元) Control cost in every year (yuan)	40000	45000	70000	2900
防治措施 Control measure	飞防 Air- control 毒笔 Poison- ous chalk	飞防 Air- control 毒笔 Poison- ous ch- alk	飞防 Air- control 毒笔 Poiso- nous chalk	塑料环 Plastic ring
防治指标(带/株) Control quota (Number/Indi- viduality)	20	15	10	20

参 考 文 献

- [1] 夏乃斌等. 油松毛虫优化管理的研究. 生态学报, 1991, 11(3):197—208
- [2] 丁岩钦. 害虫种群经济阈值的概念及其数学模型. 动物学研究, 1988, 9(2):152—162
- [3] 张友杰. 以萘酚分光光度法测定果蔬中的葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉. 分析化学, 1976, 5(3):167—171
- [4] 盛承发等. 棉铃虫二代期模拟为害蕾的经济生态效益. 生态学报, 1986, 6(2):148—158
- [5] 盛承发. 对于棉花早期蕾损失的补偿作用分析. 生态学报, 1988, 8(2):97—103
- [6] Bank C J et al. Effect of *Aphis fabae* Scop. and of its attendant ants and insect predators on yields of field beans (*Vicia faba*). *Ann. Appl. Biol.* 1976, 60:445—453
- [7] Kincade, R T et al. Effect on cotton yield of various levels of simulated *Heliothis* damage to squares and bolls. *J. Econ. Ent.* 1970, 63:613—615

A STUDY ON THE EFFECTS OF COMPENSATION AND SUPER COMPENSATION OF CHINESE PINE DAMAGED BY CHINESE PINE CATERPILLAR

Xia Nai-Bin Tu Quan-Hong Song Chang-Yi Li Zhen-Yu

(Beijing Forestry University 100083)

Zhang Jun-Lou

(Beijing Municipal Forest Department)

From the point of view of the optimal management of Chinese pine caterpillar (*Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu), the ecosystem of the Chinese pine-Chinese pine caterpillar was studied. In the Chinese pine subsystem, using the methods of the artificially simulative defoliation and of the natural damage to needle leave by Chinese pine caterpillar, the growing index and physiological index of Chinese pine were measured, and Chinese pine proved to have the effects of compensation and super compensation under the conditions of certain defoliation rate. Then the mathematical models of compensation and super compensation of Chinese pine in 4 Age-classes were built and the points of compensation and super compensation were correspondingly obtained. By application in controlling Chinese pine caterpillar in 1988-1991, this study has produced economic and ecological benefits. It provides the reliable scientific basis for developing a new strategy for the IPC of Chinese pine caterpillar.

Key words: Chinese pine, Chinese pine caterpillar, economic threshold, compensation and super compensation, optimal management,