

北京杨銼叶蜂研究*

周淑芷 黄孝运 张真 王鸿斌 张培毅

摘要 北京杨銼叶蜂在华北地区杨树苗圃中普遍发生,严重危害黑杨派杨树。在北京地区 1 a 发生 8~9 代,林间以个体群呈聚集分布,以老熟幼虫入土结茧越冬。孤雌生殖后代为雄虫,两性生殖为雌、雄虫。通常雄虫 4 龄、雌虫 5 龄。温度影响着北京杨銼叶蜂的羽化及孵化,是种群动态变化的决定因素。在温度适宜及食源充足的状况下,种群保持指数增长,世代差分方程中 $R_0=1.4$ 。有效积温为 4 000 日度。利用病毒、苏云金杆菌及线虫防治,效果分别达 92.9%、100%、85.1%。

关键词 北京杨銼叶蜂、生物学特性、种群动态、防治措施

北京杨銼叶蜂 *Pristiphora beijingensis* Zhou et Zhang 普遍发生在华北地区杨树 *Populus* spp. 苗圃,取食嫩叶并造成严重危害^[1]。为保护杨树的正常生长,1987~1992 年对此虫的生物学特性、种群动态及防治措施进行了研究,现报道如下。

1 材料和方法

1.1 室内饲养

将新羽化的北京杨銼叶蜂成虫接入直径 17.5 cm、高 48 cm、插有杨树枝条的玻璃罩中,顶端罩上纱布,观察成虫的交配和产卵。待卵孵化后,用直径 8 cm 的培养皿进行个体饲养,每天更换杨树叶,观察记录取食、脱皮及结茧情况。

1.2 有效积温

在人工气候箱内设 16、20、24、28 及 32 °C 进行个体饲养,将刚产的卵块置于其中,逐日记录发育情况,待孵化后立即逐条分开进行个体饲养,方法同室内饲养。

1.3 调查方法

早春在苗圃中出现蜂卵起至末代幼虫入土结茧止,隔日进行种群追踪调查。即标记新产卵或初孵幼虫的叶片,记录其上卵和各龄幼虫的数量,并对前次调查标记叶追踪观察其上叶蜂的发育状况。与此同时,调查记录其它害虫和天敌。每世代进行有虫株率调查。同时记录被害株上的叶蜂数量。

1.4 防治试验

1.4.1 病毒 将感染北京杨銼叶蜂 NPV 病毒的死虫捣碎、过滤、提纯,制成病毒制剂,配成每毫升含多角体 1.5×10^5 、 1.5×10^4 、 1.5×10^3 、 1.5×10^2 四个浓度水悬液,以清水作对

1994—03—22 收稿。

周淑芷副研究员,黄孝运,张真,王鸿斌,张培毅(中国林业科学研究院森林保护研究所 北京 100091)。

* 1990~1992 年国家自然科学基金资助项目。王贵成、吴燕参加 PbNPV 防治试验;戴莲韵提供苏云金杆菌试验数据;徐崇华、张时敏参加部分调查工作。

照,分别进行室内试验及林间喷洒。

1.4.2 苏云金杆菌 将从吉林长白山、北京百花山、海南岛尖峰岭等地分离出的 25 个菌株的斜面分别用无菌水洗下菌苔,均匀混合后涂在杨树叶片上,晾干后放入培养皿中,再放入杨叶蜂幼虫,观察 24、48 及 72 h 后的死亡情况。

1.4.3 线虫 将带有叶蜂幼虫的杨树枝插于水瓶中,在杨树叶背面喷线虫 *Steinernema fettiæ* Mex 悬液,罩以玻璃筒,4 d 后检查效果。

1.5 数据处理方法^[2]

1.5.1 空间分布型测定 (1)Iwao 的 $m^* - m$ 回归法: $m^* = a + \beta m$, (2)Taylor 幂法则: $s^2 = am^b$, 即 $\ln s^2 = \ln a + b \cdot \ln m$, (3)Lloyd 法: m^*/m 为聚集度指标, (4)David & Moore 法: I 为聚集度指标, $I = V/M - 1$ 。在以上各种方法中, (2)和(4)是以方差与密度的关系描述聚集的程度, (1)和(3)以平均拥挤度为指标。其中 m^* 为平均拥挤度, M, m 为密度, V, s^2 为方差, 其余均为常数。

1.5.2 虫口密度与有虫株率相应关系 Kono 和 Sngino 关系法: $P = 1 - \exp(-ax^b)$, 其中 P 为有虫株率, x 为种群密度, a, b 为常数。

1.5.3 种群动态 据调查结果做出种群曲线,据此再按卵及各龄幼虫世代峰值做出世代直方图,进行比较分析。分析中以 1991 年北京市海淀区气象站资料为对照,按温度、降雨及湿度三水平指标比较。

2 结果和分析

2.1 形态特征(见图 1)

雌虫:体长 5.8~7.6 mm。体背面黑色,腹面淡褐色。头部黑色。翅透明,翅膜上密生淡褐色细毛,体背淡色绒毛。雄虫:体长 4.7~5.9 mm。形态同雌虫。卵:白色晶莹透明,卵圆形、长约 1 mm。卵粒在叶缘依次按锯齿间隔排列于叶肉组织中。幼虫:初孵幼虫体色透明,头部呈灰色,3 对胸足亦呈灰色,尖端为深褐色,眼点红色,上颚红色,体长约 0.5 cm,2 龄以后头及胸足为黑色,体色黄绿色,且随着虫龄增加绿色加深。3 龄以后沿背线、亚背线、气门线、气门下线及基线各节分布 2~3 个黑色毛斑。老熟幼虫体长 11~13 mm,头宽 1.3~1.5 mm。茧:黄褐色,长椭圆形,丝质,长 7~10

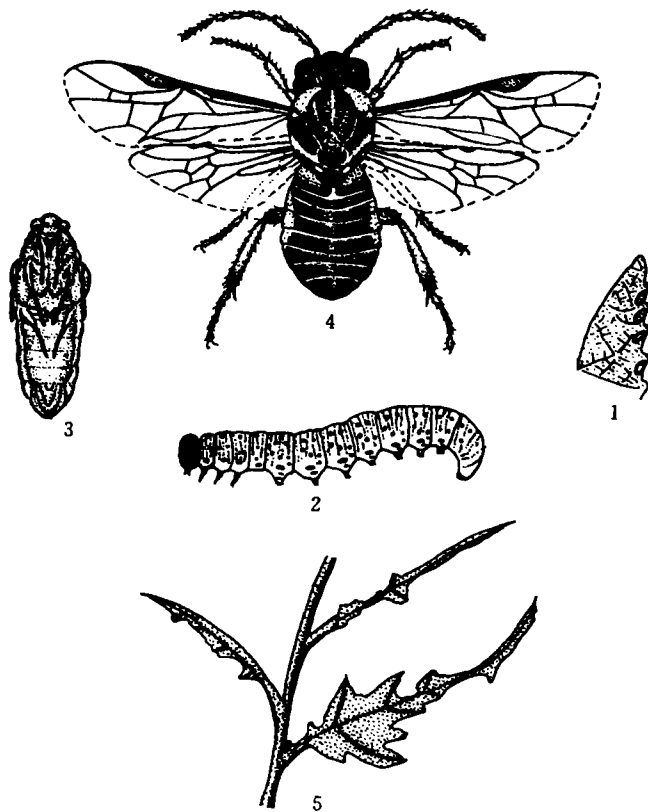


图 1 北京杨桧叶蜂 *Pristiphora beijingensis* Zhou et Zhang
1. 叶与卵; 2. 幼虫; 3. 蛹; 4. 成虫; 5. 被害状

mm, 径 3~4 mm。蛹淡绿色, 足、触角、翅芽白色。

2.2 生活史及生物学特征

2.2.1 生活史 根据 6a 的野外调查和室内饲养结果分析, 北京杨銼叶蜂年发生 8~9 代, 从 4 月上中旬开始有卵出现至 10 月中旬全部下地结茧越冬, 历时 6 个月, 各世代各虫期的历期见表 1。从表 1 分析其特点: (1) 年世代数多, 世代重叠现象普遍; (2) 夏季高温期世代历期明显短于其它世代, 无论从卵的孵化、幼虫的发育、茧的历期及成虫的寿命均是如此; (3) 幼虫高龄历期长于低龄, 尤其是 5 龄幼虫历期最长; (4) 4 龄幼虫结成茧的历期稍长于 5 龄幼虫, 第 6 代 5 龄茧期超长是因当年 8 月份高温成虫难以羽化所致。

表 1 北京杨銼叶蜂各虫态虫龄历期及各代羽化率

(单位: d)

世代	1	2	3	4	5	6	7	8	9
卵			5.66	4.98					
1		1.90	1.72	1.02	1.94	1.25	1.00	1.59	1.00
幼虫 (龄)	2	1.19	1.85	1.05	1.95	1.40	1.10	1.17	1.38
	3	1.48	3.23	1.74	1.62	1.15	1.28	1.00	1.60
	4	2.42	2.00	2.54	4.29	1.47	1.78	1.00	2.44
	5	3.45	1.57	2.58	3.22	3.14	2.88	3.50	3.27
4 龄结茧		8.39	8.13	10.36	8.07	8.00	15.00	6.50	7.60
5 龄结茧		6.79	8.00	9.00	6.50	18.84	17.00		9.67
雌成虫			2.25	2.39	1.86	1.00	2.00		2.29
雄成虫			5.22	1.00	1.67	2.00	1.60	3.50	3.00
羽化率(%)	70	88	89	44	49	38	32	50	

2.2.2 生物学特性

2.2.2.1 交尾、产卵及孵化 成虫活动 6:00~18:00, 夜间一般不活动。交尾时间 3~226 s, 平均持续 81.1 s。可进行孤雌生殖, 后代全为雄虫。雌虫产卵多在中午及下午, 产一粒卵平均需要 46.3 s。雌虫将锯腹片从杨树嫩叶的边缘插入叶肉组织中, 从叶尖向叶柄沿缘依次顺序排列。一般在叶缘的一个锯齿产 1 粒卵。每叶具卵列 1~2 列, 1 列的卵数从几粒到 100 多粒不等, 平均 42.25 粒。平均产卵量孤雌生殖为 55.64 粒, 交配雌虫为 115.25 粒, 遗卵量为 0~12 粒, 平均 4.56 粒。随卵发育成熟, 从叶缘一侧向外突出, 可见到卵粒内的红色眼点逐变深为黑色, 幼虫的初步形态隐约可见。卵自中间向背稍隆起, 卵壁微皱, 一端变尖, 出现肛下板痕迹, 卵内体液不断流动, 持续一段后, 幼虫破壳孵化。

2.2.2.2 幼虫期 初孵幼虫即取食叶缘, 使杨叶边缘成网洞状并逐渐枯黄, 随着虫龄增加移向中心, 3 龄后遍及整叶, 4 龄幼虫转移取食, 食尽整株叶片。未受精卵孵化的幼虫均为 4 龄, 受精卵则有 4 龄和 5 龄。结茧前 1 龄幼虫历期通常较长(见表 1), 因要积蓄足够的能量。

2.2.2.3 茧期、羽化率及性比 结茧前停食, 虫体缩短, 结丝质茧, 预蛹期 1~6 d, 平均 4.11 d; 蛹期 3~7 d, 平均 4.59 d。蛹初期淡绿色, 足、触角、翅芽白色, 然后复眼变黑。腹部变成黄绿色, 接着头、触角、胸变黑, 单眼黑褐色, 足变黄, 最后翅芽变膜质, 腹部背面体节黄黑相间, 足跗节黄褐色, 紧接羽化。通常以 4 龄结茧的茧期较长, 为雄虫; 以 5 龄结茧的茧期较短, 为雌虫(见表 1)。雌雄性比为 0.7~1.62。从表 1 看出 1~3 代的羽化率较高, 处于种群上升阶段, 4~8 代

羽化率较低。

2.3 有效积温

试验发现,在 16 ℃ 及 32 ℃ 的状况下,大部分卵、幼虫、成虫滞育或迅速死亡。根据 1991 年北京市海淀区气象站的日观测气温资料,可使北京杨銼叶蜂发育的总积温为 4 000 日度,而每一代所需积温约为 504.83 日度,因此一年约可完成 8 代,与实际观测结果相符合。而积温预测各代产卵高峰期应在 1991 年中的第 98、130、158、182、205、227、250、283 天,实际观测结果为第 3 代第 160 天、第 4 代第 184 天、第 5 代第 203 天、第 6 代第 220 天、第 7 代第 240 天、第 8 代第 261 天,除 1、2 代数据不足未能比较外,其余的与实际均较接近,最后世代因严重重叠,产卵高峰期不明显,故差别较远(表 2)。

表 2 北京杨銼叶蜂各虫态发育积温历期及发育积温 K、C 值

虫 态	温 度(℃)			积温常数	
	20	24	28	K(日度)	C(℃)
卵	6.00	5.00	4.20	94.74	4.53
1	3.00	2.50	1.00		
幼虫 (龄)	2	4.20	3.50		
	3	1.96	1.05	239.37	3.15
	4	2.36	1.76		
5	2.75	2.57	2.15		
4 龄结茧	10.00	7.77	7.50	204.05	-0.63
5 龄结茧	10.00	7.54	6.82	162.75	3.42
雌成虫	7.33	2.58	2.00	20.98	16.89
雄成虫	6.00	3.64	2.90	44.21	12.41
总世代	30.27	23.92	20.49	504.83	3.19

2.4 发生与杨树品种间的关系

调查中发现北京杨銼叶蜂对杨树的品种有明显的选择性(见表 3)。白杨派杨苗未见受害,而黑杨派多品种受害较重。

表 3 杨树品系与被害率

品 系	拉 丁 名	被害率(%)
鲁克斯	<i>P. deltoides</i> Bartr. cv. 'Lux'	8.0
美×小	<i>P. pyramidalis</i> Salisb. × <i>P. simonii</i> Carr.	17.6
小黑	<i>P. xiaohei</i> T. S. Hwang et Liang	0
小美旱	<i>P. xiaozhuania</i> W. Y. Hsu et Ling cv. 'Popularis'	4.8
箭小	<i>P. nigra</i> L. var. <i>therestina</i> (Dode) Bean. × <i>P. simonii</i> Carr.	5.0
沙兰杨	<i>P. × euramericana</i> (Dode) Guinier cv. 'Sacrau 79'	1.1
北京杨	<i>P. × beijingensis</i> W. Y. Hsu ex C. Wang et Tung	3.7
合作杨	<i>P. × xiaozhuania</i> W. Y. Hsu et Ling cv. 'Opera 8277'	2.4
新疆黑杨	<i>P. alba</i> L. var. <i>pyramidalis</i> Bge.	30.0
加隆 5	<i>P. nigra</i> cv. 'Blanc de Garonne'	0
小青×美 7	<i>P. pseudo-simonii</i> Kitag. × <i>P. pyramidalis</i> Salisb.	2.6
昭林	<i>P. × xiaozhuania</i> W. Y. Hsu et Ling cv. 'Zaoling 6'	0
小青×中东	<i>P. pseudo-simonii</i> Kitag. × <i>P. berolinensis</i> Dipp.	11.4
意大利 214	<i>P. × euramericana</i> (Dode) Guineir cv. 'I-214'	0.6

2.5 空间分布型的确定

根据北京杨銼叶蜂林间调查结果,选择了8组典型性密度水平做了空间分布拟合,各项数据参数见表4。

表4 北京杨銼叶蜂分布型参数 (1991年)

日期 (月—日)	平均密度 M	方差 V	$\ln V$	$\ln M$	I	m^*	M^*/m
06—03	0.101 8	4.573 0	1.520 6	-2.282 8	43.85	44.01	432.4
06—05	0.088 3	2.588 2	0.950 9	-2.430 4	28.41	28.39	321.6
06—08	0.001 6	0.001 6	-6.437 8	-6.437 8	0	0	0
06—10	0.109 3	4.893 1	1.587 8	-2.216 4	43.89	43.83	400.8
06—12	0.273 2	11.434 3	2.436 6	-1.298 3	40.88	41.11	150.5
06—14	0.273 0	9.374 2	2.237 9	-1.298 3	33.23	33.58	123.0
06—17	0.374 2	10.164 0	2.318 9	-0.983 5	26.18	26.52	70.9
07—08	0.614 1	17.754 6	2.876 7	-0.487 8	27.90	28.50	46.4

2.5.1 Iwao法 经计算,表4中8组数据的Iwao回归式为: $m^* = 28.09 + 11.53m$ 。

根据此法中参数的生物学意义: $\alpha = 28.09$ 代表分布的基本成分。而杨銼叶蜂产卵习性是在某些叶片、株上集中产卵,即以个体群的形式存在,从而构成分布的基本单元。生物学研究产卵量为55.64及115.25粒,均大于28.09,此是叶蜂并非将所有卵产在同一叶片或同株苗上的反映。 $\beta = 11.53 > 1$,表示杨銼叶蜂的个体群分布为聚集分布。

2.5.2 Taylor系数法 经方差与密度的拟合结果,得到经验公式: $\ln s^2 = -2.74 + 0.598m$ 。

此法主要显示聚集度对种群密度的依赖程度。 $\ln a = -2.74 < 0, b = 0.598 < 1$,表示随密度增加,其分布的聚集度逐渐减小,趋于均匀分布。根据杨銼叶蜂的生活习性,这一结果也是显然的。当苗圃中大量叶蜂卵块出现时,即其密度加大时,杨树苗的普遍感虫率必然提高,即其聚集度减少,均匀度增加。

2.5.3 Lloyd法 此方法以 m^*/m 做为聚集指标(见表4)。虽然8组数据中7组显示了很强的聚集性,但显然种群在密度低时的聚集度指标要大于密度高时,这同与Taylor方法所显示的结果是一致的。在种群密度极低的情况下,即06—08组,由于基本上无虫害,其分布型计算结果显示出均匀分布也是必然的。

2.5.4 David & Moore法 用此法计算结果和前法结果一致,只是不同密度间差异减小,虽然同属聚集分布。

2.6 杨銼叶蜂种群密度与有虫株率的关系

根据Kono和Sngino公式拟合结果为: $a = 28.5125, b = 4.2523, r = 0.774$ 。相关性不强,即种群密度水平难以用有虫株率的结果精确表示。根据实际调查,北京杨銼叶蜂的卵多产在林缘及向阳背风处,苗圃中间感虫率较少,故难以用所有苗株的被害比率来对实际种群密度估值,只能以小区抽样测定,所以在种群调查时必须设置适宜的样地及调查方式,才能正确反映种群的应有密度。

2.7 种群动态

1991年苗圃中北京杨銼叶蜂的种群动态曲线如图2所示。从开始有杨銼叶蜂出现直至9月初的前数代中,由于种群密度很低,而此期间的平均日温为 $18 \sim 28^\circ\text{C}$,极宜叶蜂的发育生

长,苗圃中又有充足的食物来源,因此其种群增长不受环境因子等条件的制约,一直保持高速增长,其世代高峰值间有明显的指数增长倾向。根据种群增长的差分模型 $N_t = R_0 N_0$,可求出这几代的内禀自然增长率为 $R_0 = 1.471$ 。

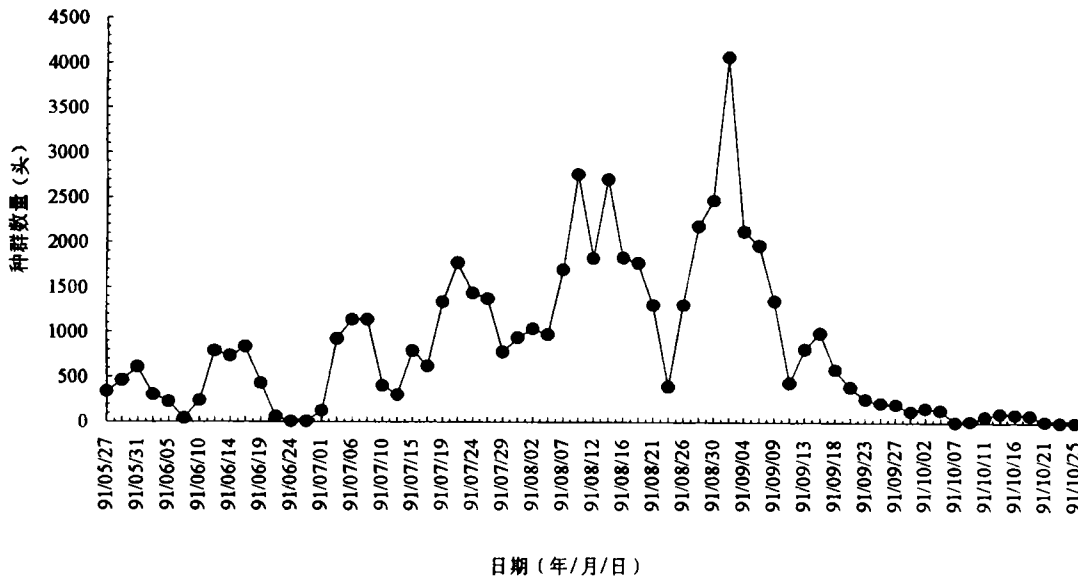


图2 北京杨銼叶蜂种群曲线

9月中旬以后,日平均气温已降低至 18℃ 以下,叶片开始脱落,种群数量陡然下降,直至入土结茧越冬。以 $\lg N - t$ 作图(图 3),可以更清晰地反映出环境因素等对低密度种群的影响。

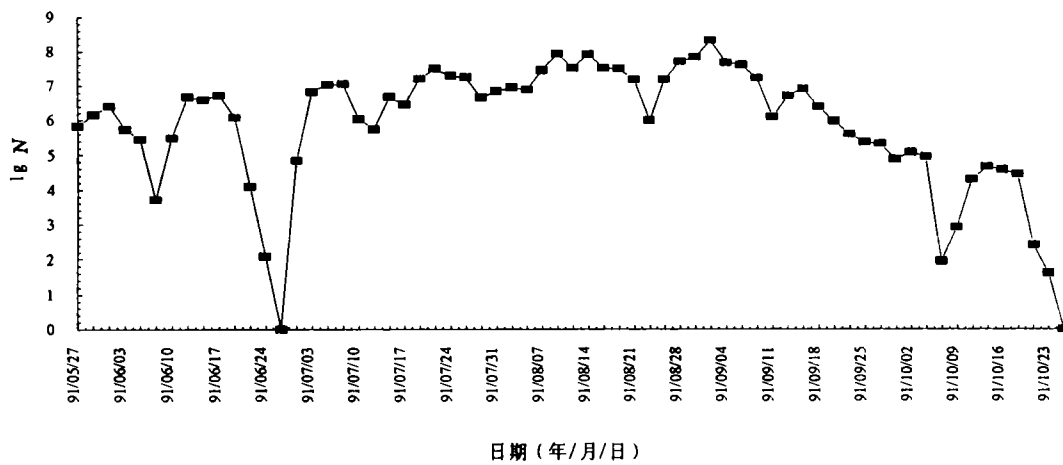


图3 北京杨銼叶蜂种群对数曲线

虽然在世代交叠处种群数量有较明显降低,如 6 月 8 日、6 月 26 日、7 月 15 日、7 月 29 日、8 月 23 日、9 月 11 日等,但在 6 月 26 日其种群数量几为 0,即此世代间没有重叠发生。根据 1991 年北京市海淀区气象观测站资料,6 月 24~26 日气温为 18~19℃,而此期前后均为 23~24℃,气温偏低,影响了杨銼叶蜂产卵和孵化,故此世代延后。这在变化明显的 8 月 23 日也

可得到证明,所不同的是此期的气温一直很高,卵一直未孵化。

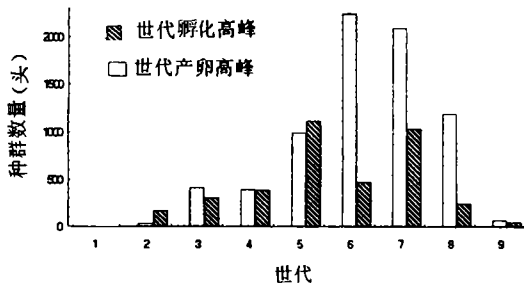


图4 北京杨銼叶蜂世代直方图

在世代直方图(图4)中,可明显看出2~5代的世代日产卵和孵化高峰一直呈上升趋势,在5代以后,其孵化率明显下降,导致了种群数量下降。显然孵化率受到温度的制约。

北京杨銼叶蜂的天敌主要有蠋敌 *Arma chinensis* Fallou、中华草蛉 *Chrysopa sinica* Tjeder 幼虫,主要取食叶蜂幼虫。从叶蜂幼虫上分离出一种NPV病毒,命名为PbNPV。此外,还发现一种寄生蜂。但据对野外天敌的动态

调查分析,其密度极低,不为杨銼叶蜂种群消长的决定因子。

综上所述,温度是种群动态的重要决定因子,食物因子在一定条件下也影响种群动态,而其它因子对杨銼叶蜂种群的作用较小。

2.8 防治试验

2.8.1 PbNPV 防治效果 从表5中看出, 1.5×10^4 以上浓度效果较好。林间喷洒防治效果达80%以上,次年尚观察到有病毒流行现象。

2.8.2 *B. t.* 防治效果 表6中效果较好的5、6号菌株,经鉴定为 *B. t. subsp. dendrolimus*,血清型为H 4a4b,12、16、24号菌株鉴定为 *B. t. subsp. kurstaki*,血清型为H 3a3b,4、7、10、13、21号学名待定。

2.8.3 线虫防治效果 线虫 *S. feltiae* Mex 悬液用量1500头/mL防治叶蜂,死亡率达85.1%。

表5 室内PbNPV对北京杨銼叶蜂幼虫的毒力测定

浓度	试虫头数	死亡率(%)	校正死亡率(%)
1.5×10^5	55	100.0	92.9
1.5×10^4	74	93.2	86.1
1.5×10^3	59	69.5	62.4
1.5×10^2	59	44.1	37.0
对照	65	7.1	0

表6 *B. t.* 防治北京杨銼叶蜂结果

菌株	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
死亡率(%)	10	10	0	100	100	100	100	0	100	100	0	100	100
菌株	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	CK
死亡率(%)	10	0	100	0	0	20	0	100	0	100	100	0	0

3 结论

北京杨銼叶蜂世代数多、世代重叠、危害较严重。该虫可进行孤雌生殖,其后代为雄虫,两性生殖后代雄、雌虫都有。通常雄虫4龄,雌虫5龄。7、8月虫口密度较高、危害严重,最好在6月份进行防治。

北京杨銼叶蜂属聚集性分布,基本型是以个体群分布,个体群大小为29。且随密度水平的

不断加大,其分布也趋向于均匀分布。其种群密度可以用有虫株率粗略估值, $P=1-e^{28.51x^{4.25}}$ 。种群增长在环境适宜情况下为指数增长,世代种群差分方程中: $R_0=1.4$ 。温度是影响其种群增长的主要影响因素,主要影响成虫产卵量和茧的羽化率。

用三种生物制剂进行防治试验表明:(1)PbNPV 防治效果较好;(2)试验中筛选出 10 个效果较好的 *B. t.* 菌株,其中两个菌株为 *B. t. dendrolimus* 亚种;三个菌株为 *B. t. kurstaki* 亚种;(3)线虫试验结果也很好。

参 考 文 献

- 1 周淑芷,张真. 叶蜂科一新种和一新记录(膜翅目:广腰亚目). 林业科学研究,1993,6(专刊):57~59.
- 2 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京:北京师范大学出版社,1987.

Study on the Sawfly *Pristiphora beijingensis*

Zhou Shuzhi Huang Xiaoyun Zhang Zhen Wang Hongbin Zhang Peiyi

Abstract *Pristiphora beijingensis*, distributing in North China, is an important pest in poplar nursery. It attacks mainly poplar trees belonging to Section Aigeiros. With both amphimixis and parthenogenesis it can develop 8~9 generations a year in Beijing area and overwinters as prepupae in cocoon in the soil. It produces only males if without mating, but both males and females after mating. The females have five instars while males have four instars. According to the study in 1991~1992, the spatial pattern of *P. beijingensis* is aggregation, the basic unit is clump. Temperature is the key factor for the population dynamics, which influences emergence and hatching. Under the condition of sufficient food and suitable temperature, the population will have an exponential increase with the inner natural increase rate $R_0=1.4$. Using PbNPV, *B. t.*, and entomopathogenic nematodes to control it, the mortality could reach 92.9%, 100% and 85.1% respectively.

Key words *Pristiphora beijingensis*, ecology, biology, control

Zhou Shuzhi, Associate Professor, Huang Xiaoyun, Zhang Zhen, Wang Hongbin, Zhang Peiyi (The Research Institute of Forest Protection, CAF Beijing 100091).