

# 转换寄主对马尾松毛虫生长发育与繁殖的影响\*

梁玉勇<sup>1,2,3</sup> 李火苟<sup>2</sup> 何忠<sup>1</sup> 戈峰<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院动物研究所 农业虫害综合治理研究国家重点实验室 北京 100101;

2. 江西农业大学农学院 南昌 330045; 3. 江西农业科学院植物保护研究所 南昌 330200)

**Effect of alternative hosts on the growth and development of masson pine caterpillar, *Dendrolimus punctatus*.**

LIANG Yu-Yong<sup>1,2,3</sup>, LI Huo-Gou<sup>2</sup>, HE Zhong<sup>1</sup>, GE Feng<sup>1\*</sup> (1. State Key Laboratory of Integratal Management of Pest Insect and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China; 2. College of Agronomy, Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China; 3. Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

**Abstract** *Pinus massoniana* Lamb and *Pinus elliottii* Engelm are two main pines in southern China. The growth and development of masson pine caterpillar *Dendrolimus punctatus* Walker fed with pine leaves of two pines and with shifting leaves from the *P. massoniana* to the *P. elliottii* were examined during larval stage in laboratory. Significantly shorter development duration, greater mortality and pupation rate, and higher body weight and cocoon weight were observed in the higher instar larva than in the younger larva when they rearing with leaves from the *P. massoniana* to the *P. elliottii*. Moreover, the masson pine caterpillar have shorter developmental duration, lower mortality, higher larva body weight, cocoon weight and higher egg-laying rate when rearing with *P. massoniana* leaves than rearing with *P. elliottii* leaves. The results showed the development of masson pine caterpillar was disadvantageous when they first feed on *P. massoniana* and then move to *P. elliottii* leaves.

**Key words** masson pine caterpillar, *Pinus massoniana*, *Pinus elliottii*, growth and development

**摘要** 在室内条件下,分别用马尾松针叶(*Pinus massoniana* Lamb.)、湿地松针叶(*Pinus elliottii* Engelm.)、以及在不同的幼虫龄期从用马尾松针叶转移到用湿地松针叶饲养马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* Walker, 观察转换寄主对马尾松毛虫生长发育与繁殖的影响。结果表明: (1) 从用马尾松针叶饲养转换到用湿地松针叶饲养, 可显著影响马尾松毛虫生长发育和繁殖参数; 而且当在马尾松毛虫幼虫老龄期进行转换寄主饲养比低龄期转换寄主饲养, 可显著缩短马尾松毛虫幼虫的发育历期, 降低死亡率, 同时, 可显著增加幼虫体重、蛹重和化蛹率; 对食物的营养效应也越强。(2) 取食马尾松的松毛虫较取食湿地松的马尾松毛虫发育历期短, 死亡率低, 幼虫及蛹重增加, 产卵量高。结果说明, 马尾松毛虫从马尾松转换到湿地松上取食对其生长发育与繁殖是不利的。

**关键词** 转换寄主, 马尾松毛虫, 马尾松, 湿地松, 生长发育

植物—植食性昆虫的相互作用关系, 已成为昆虫生态学的研究热点之一<sup>[1]</sup>。对于多食性昆虫来说, 在取食和产卵之前, 必须在众多的植物中, 寻找到它适宜的寄主植物。当对某一种植物取食完后, 它又将转移到另一种寄主植物取食危害, 但不同的寄主植物对昆虫的生长发育、存活和繁殖作用不同。研究区域性景观内不同的寄主植物对昆虫生长发育和繁殖的影响, 对于了解昆虫种群动态, 有效开展害虫的区

域性生态调控有重要指导意义<sup>[2]</sup>。

马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* Walker 是我国南方马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 和湿地松 (*Pinus elliottii* Engelm.) 的主要食叶性害虫, 严重影响马尾松和湿地松林的生长<sup>[3]</sup>。马尾松分布于淮河和汉水流域以南, 西至四川、贵州和

\* 国家自然科学基金重点项目 (30330490)。

\*\* 通讯作者, E-mail: gef@ioz.ac.cn

收稿日期: 2008-02-22, 修回日期: 2008-05-29

云南,为我国长江流域各省重要的荒山造林树种。湿地松,原产美国东南部,分布于北纬 28°~35°地带,是高大乔木,松脂品质好,木材材质硬、重、强度大,是引种的优良树种,并且有一定的抗松毛虫特性<sup>[4]</sup>。由于我国 20 世纪 70 年代大量引种湿地松,并作为荒山绿化的主要树种,形成了大面积的湿地松栽培,使林区的林分状况发生了变化,从而使得原来对马尾松毛虫有一定抗性的湿地松也逐渐成为了马尾松毛虫的寄主,马尾松毛虫对湿地松形成了一定的危害<sup>[5-7]</sup>。

马尾松毛虫幼虫具有转移为害的习性。在松树林区,当马尾松毛虫暴发为害将马尾松针叶取食完后,其不同发育阶段的幼虫常从马尾松转移到附近的湿地松上为害。但不同龄期的马尾松毛虫幼虫转移到湿地松松针上取食,其生长发育如何,能否完成 1 个世代,目前尚未见这方面的报道。本研究在室内条件下用马尾松和湿地松针叶对不同龄期的马尾松毛虫进行转换寄主饲养,以明确转换寄主对马尾松毛虫生长发育与繁殖的影响,旨在为阐明马尾松毛虫种群的暴发机理及转移扩散规律提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 幼虫和卵的采集

2005 年 5 月中旬从江西赣州马尾松树上采回越冬代马尾松幼虫,在室内自然光照下用马尾松针叶饲养至成虫。将室内成虫产下卵孵化的初龄幼虫进行本试验。

### 1.2 供试寄主

在江西农业大学后山选择生长健壮、树龄、树态基本一致的 10 年树龄马尾松和湿地松作为寄主饲料来源。试验时每次从样树上采集一定的新鲜的松针,用水冲洗干净,晾干后用来饲养马尾松毛虫。

### 1.3 试验处理

将各试验处理置于温度(27±1)℃、光照 L16 D8 的空调温室中进行。试验设置以下 7 个处理:1~6 龄均饲养马尾松老叶(简称对照

CK);从 1 龄开始饲养湿地松老叶(简称 1 龄转);1 龄饲养马尾松老叶,2~6 龄饲养湿地松老叶(简称 2 龄转);1~2 饲养马尾松老叶,3~6 龄饲养湿地松老叶(简称 3 龄转);1~3 饲养马尾松老叶,4~6 龄饲养湿地松老叶(简称 4 龄转);1~4 饲养马尾松老叶,5~6 龄饲养湿地松老叶(简称 5 龄转);1~5 饲养马尾松老叶,6 龄饲养湿地松老叶(简称 6 龄转);采取 3 cm×25 cm 试管单养,每一处理用单管每管 1 头,重复 60~100 次(即分头饲养 60~100 头幼虫);同时使用 1 000 mL 烧杯进行群养,每个烧杯群养 50 头幼虫,重复 3~4 次。

### 1.4 马尾松毛虫生长发育观测

待幼虫开始饲养后,每日上午 8:00 观察上述 7 个试验处理中各龄幼虫的发育历期、死亡数、蛹重,羽化数以及成虫产卵量等,及时更换新鲜的松针以满足幼虫的取食需要。

### 1.5 马尾松毛虫各个营养指标

同时测定上述 7 个试验处理各龄幼虫的取食量、排粪量、幼虫体重,根据幼虫的初始重、终重、取食量、排泄量和发育天数,计算马尾松毛虫幼虫的各营养指标。分别以相对取食量(RCQ)、近似消化率(AD)、相对代谢速率(RGR)等各营养指标表示,其计算公式如下<sup>[8]</sup>:

相对取食量(RCQ) = 取食量/(平均体重×天数);

近似消化率(AD) = [(取食量-排粪量)/取食量]×100%;

相对代谢速率(RGR) = (取食量-排粪量-体重增加量)/(平均体重×天数)。

### 1.6 松针内 α-蒎烯和 β-蒎烯含量的测定

选择相同试验处理饲养马尾松幼虫的马尾松和湿地松各 5 棵树,分别在每棵树上部(7~8 轮树枝)上将新鲜健康的松针(大约每棵树 200 克)采回来后混合,洗干净,晾干,称重,剪碎,用重蒸过的正戊烷浸泡 12 h,将提取物分馏、蒸馏、定容,然后在气相色谱(Series 204 Chromatograph, SYE 公司,澳大利亚)上进行 α-蒎烯和 β-蒎烯定量分析。气相色谱条件为:色谱柱为 BP5(60 m×0.25 mm×颗粒直径

0.25 μm); HP3394A 积分仪设定程序。载气为高纯氮气(99.9%), 燃剂为氢气, 助燃剂为压缩空气; 程序升温, 40℃开始, 保持 8 min, 然后以 4℃/min 的速率升到 250℃; 进样口温度 280℃, 检测温度 250℃, 柱温 60℃; 进样量 1 μL, 分流进样; 最终保持时间 40 min。

### 1.7 统计分析

各个处理的试验数据均用 SAS 统计软件进行差异显著性的方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 马尾松毛虫幼虫发育历期

用马尾松针饲养马尾松毛虫初孵幼虫, 再在不同龄期转换用湿地松针叶饲养后, 发现各处理间马尾松毛虫的发育历期存在显著差异 ( $F = 3.75, df = 112, P = 0.0019$ )。其中, 以马尾松对照组 (1~6 龄饲喂马尾松老叶) 幼虫的发育历期最短, 为 (39.6 ± 2.8) d, 而 2 龄转的发育历期最长, 高达 (44.1 ± 5.3) d; 但 1 龄转喂湿地松针和 2 龄转湿地松针的 2 个处理间差异不显著, 6 龄转湿地松针和对照组间差异也不显著 (表 1)。说明从马尾松针叶转换到湿地松针叶的时间越早, 马尾松毛虫幼虫的发育历期就越长; 反之则越短。

表 1 不同龄期转换寄主后的对马尾松毛虫幼虫发育历期、死亡率和体重的变化

处理	发育指标		
	幼虫历期 (d)	幼虫死亡率 (%)	幼虫体重 (mg)
1 龄转	43.8 ± 3.7a	96.23	546.1 ± 64.4b
2 龄转	44.1 ± 5.1a	78.75	453.3 ± 93.2c
3 龄转	43.0 ± 4.9ab	78.55	487.2 ± 118.5bc
4 龄转	41.5 ± 3.6bc	60.66	501.7 ± 125.6bc
5 龄转	40.6 ± 2.4bc	79.10	525.4 ± 78.5b
6 龄转	39.8 ± 3.0c	43.33	554.8 ± 82.4b
CK	39.6 ± 2.8c	71.25	673.1 ± 111.3a

\* 表中数据为平均值 ± 标准差, 同一行中不同字母表示表示差异显著 ( $P < 0.01$ ), 下同。

### 2.2 马尾松毛虫死亡率

从表 1 还可知, 马尾松毛虫幼虫期间的死亡率以 1 龄转换喂湿地松针叶的为最大, 高达 96%; 而 6 龄转的最小, 仅为 43.3%; 但其它各

饲喂湿地松的处理间差异不十分明显。从图 1 各个处理在不同龄期的死亡率来看, 马尾松毛虫幼虫在 1、2 龄和 6 龄时的死亡率要明显大于 3、4、5 龄期时的死亡率, 说明 1、2 龄和 6 龄是马尾松毛虫存活的关键时期。

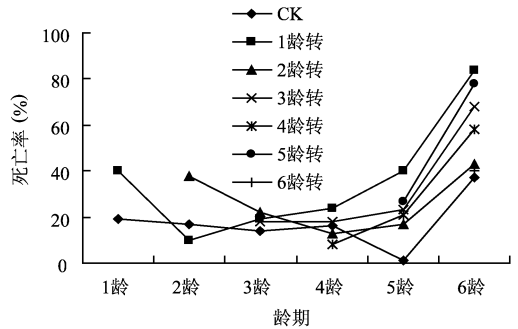


图 1 幼虫各个龄期的死亡率

### 2.3 马尾松毛虫幼虫体重

不同处理的马尾松毛虫的幼虫体重也存在显著差异 ( $F = 9.37, df = 112, P < 0.001$ )。从 2 龄开始, 随着幼虫龄期的增加, 马尾松毛虫喂养从马尾松转换到湿地松发生的时间越晚, 幼虫体重就越重, 但均远远小于对照组幼虫的体重 (表 1)。经检验各处理间和对照组间差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

比较表 1 和图 1 中 CK 和 1 龄转的数据可知, 取食马尾松的马尾松毛虫较取食湿地松的马尾松毛虫发育历期短, 死亡率低, 幼虫体重增加。

### 2.4 马尾松毛虫繁殖力

对马尾松毛虫在不同龄期进行转换寄主饲养表明, 不同处理间马尾松毛虫的化蛹率不同, 6 龄转换寄主的化蛹率高达 57.6% ± 6.1%, 4 龄转的为 39.3%, 而 1 龄转的只有 4% ± 0.8%, 前者是后者的 14 倍多。在蛹重方面, 对照组的蛹重为 (1 090 ± 342) mg, 比最低的 1 龄转处理的蛹重增加 44.1%, 各个处理组之间的差异达到了极显著水平 ( $F = 7.25, df = 59, P < 0.001$ )。在不同的龄期进行转寄主饲养对成虫的产卵量也有不同程度的影响。在马尾松毛虫老龄期进行转换寄主饲养的马尾松毛虫, 产卵量基本上

都要大于幼龄期就开始进行转换寄主饲养的,但都低于对照组的产卵量(332±66)粒。经方差分析,各处理间差异极显著( $F = 4.47, df = 42, P = 0.0067$ ) (表2)。

表2 不同龄期转换寄主对马尾松毛虫化蛹率、蛹重和产卵量的影响

处理	测定指标		
	化蛹率(%)	蛹重(mg)	产卵量(粒)
1龄转	4.2±0.8d	610.5±19.7c	209.8±24.5c
2龄转	21.3±2.7c	659.4±78.1bc	206.3±45.4c
3龄转	21.4±3.0c	628.2±137.6c	246.4±71.6bc
4龄转	39.3±4.8b	676.4±181.2c	280.2±53.5ab
5龄转	20.9±2.9c	690.9±150.5bc	252.6±67.4bc
6龄转	56.7±6.1a	871.6±203.7ab	283.8±52.5ab
CK	28.8±4.0bc	1090.9±342.7a	332.2±66.4a

### 2.5 马尾松毛虫取食效应

马尾松毛虫对2种食物利用和消耗的效应(表3)表明,转换喂湿地松越早,幼虫的相对取食量(RCQ)就越高,其中最高的(1龄转,0.61±0.14)为最低的(6龄转换,0.38±0.07)1.61倍,各处理组与对照组间差异极显著( $F = 17.51, df = 96, P < 0.001$ )。相对代谢速率(RGR)变化的规律与相对取食量(RCQ)的基本一致,也表现为取食湿地松越多,幼虫的相对代谢速率(RGR)就越大,最大的(1龄转,0.28±0.07)比最小的(6龄转,0.13±0.02)大53.6%,经方差分析,各处理组与对照组间差异极显著( $F = 9.99, df = 94, P < 0.001$ )。近似消化率(AD)的在处理组间变化较大,但处理组和对照组间差异极显著( $F = 3.71, df = 90, P < 0.001$ )。

表3 马尾松毛虫对食物的利用和消耗

处理	对食物的利用和消耗指标		
	相对取食量(RCQ)	近似消化率(AD)%	相对代谢速率(RGR)
1龄转	0.61±0.14A	49.2±8.1AB	0.28±0.07A
2龄转	0.52±0.08A	39.7±13.7B	0.24±0.03AB
3龄转	0.54±0.13A	39.6±6.1B	0.22±0.07AB
4龄转	0.54±0.13A	41.0±7.0B	0.21±0.05B
5龄转	0.52±0.13A	42.3±12.0B	0.20±0.02B
6龄转	0.38±0.07B	43.3±11.8B	0.13±0.02C
CK	0.42±0.09B	54.0±8.4A	0.19±0.06B
P(value)	< 0.001	0.0024	< 0.001

### 2.6 松针内α-蒎烯和β-蒎烯含量的比较

从图2可以看出,马尾松针叶内α-蒎烯和β-蒎烯的含量之比约为2.87,而湿地松上面的约为0.44,两者间达极显著差异水平( $P < 0.01$ )。

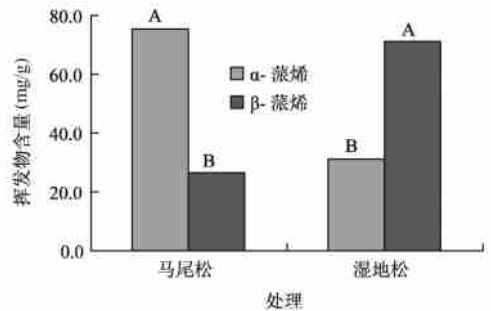


图2 2种松针内α-蒎烯与β-蒎烯比值的比较

### 3 讨论

松树是我国重要的森林资源。其中马尾松是我国南方红壤地最适宜造林的本地树种。近年来由于林业发展的需要,目前很多地方都大面积的种植湿地松,从而改变了以前的纯马尾松林,进而影响到马尾松毛虫对不同松树寄主的选择。通常在在马尾松毛虫暴发时,其越冬代幼虫将马尾松针叶基本吃光后,便转移到湿地松上继续为害<sup>[9]</sup>。

通过在不同龄期转喂湿地松的研究结果表明,马尾松毛虫的各个龄期由马尾松转移到湿地松上取食都能完成1个世代的发育过程。其中,从老龄期转换为取食湿地松的幼虫较从低龄期转换为取食湿地松的幼虫生长发育快,死亡率低,体重及蛹重增加,化蛹率和产卵量均提高,其食物的利用和消耗也更强。但与一直都饲喂马尾松的幼虫生长发育与繁殖相比,这些处理的生长发育速率和繁殖率都显著下降。说明马尾松毛虫从马尾松转移到湿地松上取食后,其种群有下降趋势。

植物与害虫长期协同进化的过程中,昆虫有选择地取食对其生长发育较好的植物。不同的寄主植物影响昆虫的生长发育、存活和繁殖。

不同树种的针叶能极大地影响松毛虫的生长发育及繁殖<sup>[7]</sup>。国内外很多学者研究了植物次生物质含量与昆虫取食, 危害关系, 如戈峰等分析了受害松树内的酚类、单宁和氨基酸的变化, 发现这些物质对马尾松毛虫的生长发育有影响<sup>[9]</sup>; 邹运鼎等认为马尾松毛虫幼龄幼虫死亡率的大小主要受松针中可溶性糖的影响, 而老龄幼虫死亡率影响大的因子是维生素 B6 和低沸点物质(萜类物质)<sup>[10]</sup>。但普遍认为挥发性的萜类物质特别是  $\alpha$ - 蒎烯和  $\beta$ - 蒎烯的含量的高低与马尾松毛虫产卵选择、取食为害有一定的相关性<sup>[11]</sup>。从本试验可以看出, 取食  $\alpha$ - 蒎烯含量较高的马尾松的马尾松毛虫在生长发育、繁殖和对食物的利用和消耗方面都要优于取食  $\alpha$ - 蒎烯含量较低的湿地松的马尾松毛虫; 马尾松针叶  $\alpha$ - 蒎烯与  $\beta$ - 蒎烯的比率要远

远高于湿地松针叶的。至于  $\alpha$ - 蒎烯和  $\beta$ - 蒎烯在马尾松毛虫生长发育与繁殖中的作用尚待进一步研究。

#### 参 考 文 献

- 1 钦俊德. 植物与昆虫的关系. 北京, 科学出版社, 1987.
- 2 戈峰. 昆虫知识, 2001, 38(5): 337~ 341.
- 3 陈昌浩. 中国松毛虫综合管理. 中国林业出版社, 1990.
- 4 潘玉花. 湖北林业科技, 1994, 90(3): 28~ 29.
- 5 王辑健, 黄立文. 广西林业科技, 1991, 20(1): 46~ 49.
- 6 贝荣良, 李奕震, 苏星. 广西林业科学, 1996, 25(2): 78~ 79.
- 7 庞正羲, 刘志祥, 冯炎文, 等. 广西林业科学, 1994, 23(3): 132~ 136.
- 8 王荫长. 昆虫生理生化学. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- 9 戈峰, 李典谟, 邱业先, 等. 昆虫学报, 1997, 40(4): 337~ 342.
- 10 邹运鼎, 程扶玖, 查光济. 林业科学, 1990, 26(2): 142~ 148.
- 11 戈峰, 李镇宇, 谢映平, 等. 北京林业大学学报, 2002, 24(3): 61~ 65.

## 青杨脊虎天牛触角感器的分布特征及特殊的感器类型\*

程 红\*\* 严善春\*\*\* 徐 波 李 杰 彭 璐  
(东北林业大学林学院 哈尔滨 150040)

**Antennal sensilla of *Xylotrechus rusticus* and their distribution.** CHENG Hong\*\*, YAN Shan Chun\*\*\*, XU Bo, LI Jie, PENG Lu (Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract** The structure, number and distribution of antennal sensilla of the grey tiger longicorn (*Xylotrechus rusticus*) were observed with scanning electron microscope. The basiconica sensilla V, III, VII and VIII, chaetica sensilla II and III, sensilla ensiform II, dentiform sensilla and the wall pore beared chaetica sensilla were reported. Besides, other 3 special sensilla were found. The number of chaetica sensilla IV, basiconica sensilla I and chaetica sensilla II was 95 percent of all the sensilla number. The potential functions of sensilla were discussed on the basis of its distribution, shape character as well as the related references. The antennae of male and female adult were of sexually dimorphic difference: (1) the body size of males was shorter than that of females, but the antennae was longer at an average of 0.7 mm than that of females; (2) the distribution pattern of the same type sensilla was different in two sexes; (3) the number of the same type sensilla was also different in males and females; (4) the conformation of same sensilla differed in different sexes.

\* 黑龙江省重大攻关项目(CB06B3042); 国家林业局留学人员科技活动择优资助项目。

\*\* E-mail: Chenghong0451@126.com

\*\*\* 通讯作者, E-mail: yanshanchun@126.com

重登收稿日期 2007-12-17, 接受时期: 2008-05-20