

## 秦岭华山松小蠹消化道结构与食性分化的研究

陈 辉, 刘 琳, 赵平娟

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**对华山松小蠹的消化道结构及食性的对比分析表明,小蠹虫的消化道结构随食性的不同而发生相应的结构变化。取食木质部营养的小蠹虫,由于主要利用在寄主树木木质部组织内培养的菌类,导致其消化道结构简单,取食韧皮部组织的小蠹虫消化道结构复杂。同时,寄主树木抗性与小蠹虫消化道结构间存在密切的关系,寄主树木抗性越强,则小蠹虫中肠越长,以更加有效地抵御健康寄主树木抗性和利用寄主树木树脂等营养物质。小蠹虫前胃板结构也表现出食性的分化和变异,入侵木质部的小蠹前胃板板状部缩短,韧皮部小蠹前胃板骨化程度较大,且前胃板的复杂程度与消化道的结构变化具有一致性。

**关键词:**华山松;小蠹虫;消化道;胃板;食性

**中图分类号:**S763.88

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7461(2004)02-0089-04

### Alimentary Canal and Feeding the Habits Division of *Pinus armandi* Beetles in Qinling Mountains

CHEN Hui, LIU Lin, ZHAO Ping-juan

万方数据

(College of Forestry, NW Sci-Tech Univ. of Agr. and For., Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Analysis on alimentary canal structure and contrast of the feeding habits of beetles, the results showed that alimentary canal structure of beetles with feeding habits took place corresponding to structure change. Beetles of damaged xylem nutrition utilized mainly fungus that was trained in host trees xylem tissue, so its alimentary canal structure was simple. Alimentary canal structure of beetles that damaged phloem tissue was more complicated. Besides, close relationship was found between host trees' resistibility and beetles' alimentary canal structure. The stronger resistance the host trees, the longer midgut the beetles. On this way, the beetles could resist the health host trees' resisting and utilize the resin and other nutrition. On the other hand, beetles' board structure of glandular stomach was the feeding habits division too. Invading xylem beetles' glandular stomach board tabular department was shorten, primary beetles' glandular stomach board relatively heavy to ossify degree. And consistency could be observed between glandular stomach complexity and structure change of the alimentary canal of board.

**Key words:** *Pinus armandi*; bark beetle; alimentary canal; stomach board; feeding habits

小蠹科昆虫是全球森林生态系统内最具毁灭性的害虫,现已知 6 000 余种,其中 70% 的种类主要危害针叶树<sup>[1]</sup>。在我国记载的 500 余种小蠹中,仅入侵危害秦岭巴山华山松 (*Pinus armandi*) 的小蠹虫就

高达 20 余种,并构成以华山松大小蠹 (*Dendroctonus armandi*) 为先锋虫种,松六齿小蠹 (*Ips acuminatus*)、暗额星坑小蠹 (*Pityogenes japonicus*) 和华山松梢小蠹 (*Cryphalus lipingensis*) 等为次期性害虫的

收稿日期:2003-04-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30070628);国家“十五”科技攻关课题“人工林病虫害防治技术研究”(2001BA509B1203)

作者简介:陈辉(1961-),男,甘肃酒泉人,教授,主要从事森林昆虫学的研究。

华山松小蠹生态系统,从而导致秦岭巴山林区 30 a 以上健康华山松的大量死亡和森林生态系统的破坏<sup>[2]</sup>。殷惠芬<sup>[3]</sup>、陈辉<sup>[4]</sup>依据小蠹虫对寄主树木树势的选择性将小蠹虫分为初期性小蠹、次期性小蠹;根据小蠹虫对寄主树木部位的选择性,将小蠹虫分为木质部小蠹、韧皮部小蠹、食菌小蠹。Flechtmann<sup>[5]</sup>则依据食性将小蠹虫分为韧皮部小蠹(Phloeophagous)、木质部食菌小蠹(Xylomycetophagous)、木质部小蠹(Xylophagous)、食菌小蠹(Myelophagous)、食草小蠹(Herbiphagous)和种食小蠹(Spermophagous)。

本研究试图通过对华山松小蠹虫种间消化道的对比分析,探讨秦岭华山松小蠹虫对寄主树木的选择性、营养利用的差异性、消化道结构与食性间的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试华山松小蠹采自秦岭 30 a 以上被害华山松韧皮部和木质部组织内,包括黑根小蠹(*Hylastes parvulus*)、德昌根小蠹(*H. techangensis*)、长毛干小蠹(*Hylurgops longipilis*)、大干小蠹(*H. intersitialis*)、纵坑切梢小蠹(*Tomicus piniperda*)、华山松大小蠹(*Dendroctonus armandi*)、云杉四眼小蠹(*Polygraphus polygraphus*)、南方四眼小蠹(*P. rudis*)、额瘤四眼小蠹(*P. verrucifrons*)、油松四眼小蠹(*P. sinensis*)、华山松梢小蠹(*Cryphalus lipingensis*)、秦岭梢小蠹(*C. chinlingensis*)、伪秦岭梢小蠹(*C. pseudochinlingensis*)、暗额星坑小蠹(*Pityogenes japonicus*)、松六齿小蠹(*Ips acuminatus*)、松十二齿小蠹(*I. sexdentatus*)、中重齿小蠹(*I. mannsfeldi*)、云杉毛小蠹(*Dryocoetes hectographus*)、额毛小蠹(*D. luteus*)、肾点毛小蠹(*D. autographus*)和黑条木小蠹(*Xyloterus lineatus*)。

### 1.2 研究方法

小蠹成虫标本经回软,解剖消化道和制作前胃板切片(将解剖出的胃板部分取出,放入 10%NaOH 或 10%KOH 中煮约 30 min,溶解其脂肪部分,骨化部分的前胃板形状为多角形似灯笼状,将其打开,成扇形,展平封片,观察)。并依据各小蠹虫的危害状、入侵繁衍部位和利用寄主华山松营养的差异性,比较分析小蠹虫食性与消化道结构和前胃板结构间的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 小蠹虫消化道的基本结构

对秦岭华山松小蠹成虫消化道的解剖结果表明,小蠹虫消化道由前肠、中肠、后肠 3 部分组成<sup>[6]</sup>。其中前肠又分为咽喉、食道、嗦嚅和前胃 4 部分,用于接纳、磨碎食物和对暂存食物的初步消化。小蠹虫前肠中高度特化的前胃结构在小蠹虫食性选择和营养利用中具有特殊的作用,其不仅具有活瓣作用,调节食物进入中肠的速度,而且在结构和营养利用上存在种间、属间和食性的分化变异。中肠是小蠹虫分泌消化酶、消化食物和吸收养分的主要场所,食性和种间的差异主要表现在分泌消化酶的种类和能力方面,而结构的差异仅在于长度不同。后肠分为回肠、结肠和直肠,主要功能是排泄和吸收食物中未吸收的少量水分和无机盐类,其结构的差异性较小(图 1)。

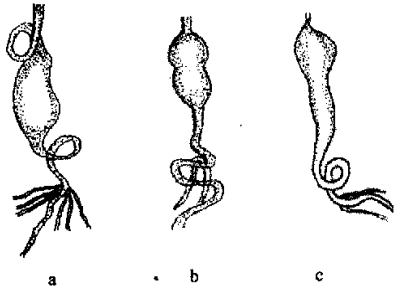


图 1 小蠹虫消化道结构

Fig. 1 Alimentary canal of bark beetles

### 2.2 小蠹虫消化道结构与寄主树木抗性和营养利用间的差异性

2.2.1 寄生部位对小蠹虫消化道结构的影响 韧皮部小蠹和木质部小蠹相比,由于木质部小蠹本身并不消化吸收寄主树木木质部营养物质,而是将木质部营养和其修筑的木质部坑道作为菌类营养源的培养场所,以菌类(如酵母菌、担子菌)为主要营养源,其消化道相对简单,中肠缩短,前端明显膨大,适宜于分解消化菌类细胞壁及细胞内含物(图 1b)。而韧皮部小蠹则以寄主树木韧皮部和木质部表层组织为食物源,中肠加长,前端不膨大(图 1a,c)。

2.2.2 寄主树木抗性与小蠹虫消化道的关系 初期性小蠹与次期性小蠹由于入侵寄主树木抗性差异较大,造成消化道结构的差异。初期性小蠹与强寄生性共生真菌共同入侵寄主树木,其中肠加长,用于加强对树木抗性物质的分解和消化,共生真菌有助于抵御寄主树木流脂。而次期性小蠹与弱寄生性共生真

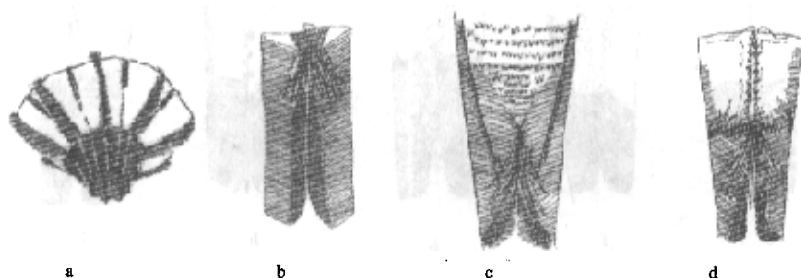
菌共同入侵寄主树木,消化道结构不特化<sup>[7]</sup>。

在长期的进化过程中,小蠹类昆虫的消化道的变化与不同入侵部位和食性需求相适应,致使不同小蠹虫消化道结构产生差异。

### 2.3 秦岭华山松小蠹前胃的比较

2.3.1 食性与胃板结构的关系 小蠹类昆虫的前胃是由8块相同的骨化板并排连结而成的环形似灯笼结构,在整个消化道上形成一段外突膨大的结构,在内部结构上,8块骨板间以间中线连接,每块骨化

板称为前胃板。前胃板分为前后两部分,前半部为板状部,包括前缘、横齿线、中线、中线齿、端齿和副关闭刚毛,后半部为片状部,包括斜面、斜面齿、咀嚼刷、咀嚼刚毛和关闭刚毛等。板状部用齿切断和进一步磨碎食物,副关闭刚毛控制进入片状部的食物量。片状部除参与研磨食物外,咀嚼刷起搅拌和分解食物的作用,关闭刚毛则控制食物进入中肠的速度和数量(图2a)。



a. 小蠹虫前胃板结构 b. 黑条木小蠹 c. 华山松大小蠹 d. 松六齿小蠹

图2 小蠹虫前胃板结构

Fig. 2 Proventricular plate of Scolytidae

### 2.3.2 寄主树木抗性与胃板结构的关系

从木质部小蠹胃板结构来看,由于木质部小蠹本身并不消化吸收木质部营养物质,而是取食坑道周围的真菌菌丝及孢子,所以其前胃板也相对简单,尤其是板状部缩短,有的只剩下一片缘片,靠片状部的咀嚼刷和关闭刚毛分解消化菌丝细胞壁及其内含物,所以板状部简单化(图2b)。而韧皮部小蠹的胃板相对复杂,板状部发达,较长,有发达的中线齿或横齿线,加强对食物的研磨和消化(图2c,d)。

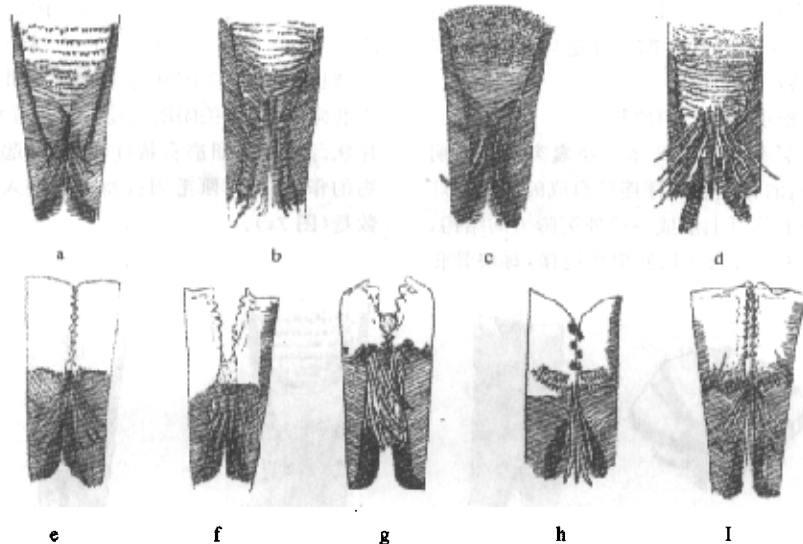
2.3.2 寄主树木抗性与胃板结构的关系 通过对初期性小蠹(华山松大小蠹)和次期性小蠹(黑根小蠹、长毛干小蠹、纵坑切梢小蠹、暗额星坑小蠹、油松四眼小蠹、云杉毛小蠹、秦岭梢小蠹、松六齿小蠹)<sup>[4]</sup>胃板结构的比较可以看出(图3),尽管初期性小蠹与次期性小蠹入侵时寄主树木的抗性差异较大,但小蠹虫胃板结构上的差异并不明显。这说明小蠹虫对寄主树木抗性的克服不依赖于胃板结构的特化,即小蠹虫胃板结构的变化不是对寄主树木抗性的适应性进化,这也进一步证明小蠹虫对寄主树木抗性的克服主要依赖于携带入侵的蓝变真菌,并通过蓝变真菌对寄主华山松泌脂细胞的破坏和堵塞树脂道为小蠹虫的入侵、定居和繁殖创造营养利用和生存的必要条件。

### 2.3.3 入侵部位与胃板结构的关系 秦岭华山松

小蠹按照入侵部位可划分为根部小蠹(黑根小蠹、德昌根小蠹)、树干小蠹(华山松大小蠹、黑条木小蠹、松十二齿小蠹、中重齿小蠹、松六齿小蠹、长毛干小蠹、大干小蠹、纵坑切梢小蠹、暗额星坑小蠹、油松四眼小蠹、云杉四眼小蠹、南方四眼小蠹、额瘤四眼小蠹、云杉毛小蠹、额毛小蠹、肾点毛小蠹)和枝梢小蠹(暗额星坑小蠹、纵坑切梢小蠹、华山松梢小蠹、秦岭梢小蠹、伪秦岭梢小蠹)。

比较入侵部位与小蠹虫胃板结构可以看出,以寄主树木树干下部和根部韧皮部组织为食物源的小蠹虫胃板板状部骨质化程度弱,横齿线非常发达,有利于对韧皮部组织营养物的分解(图3a,b,c,d)。同时这类小蠹虫入侵和取食的部位寄主华山松韧皮部组织较厚,小蠹虫也以韧皮部组织为主要食物,所以在寄主华山松木质部表层的痕迹较浅。而以寄主树木树干上部和枝梢韧皮部和木质部表层组织为食物源的小蠹虫板状部骨质化程度高,中线齿、端齿发达,以利于对寄主树木韧皮部和木质部表层组织的研磨,分解则由片状部承担(图3e,f,g,h,i)。同时这类小蠹虫取食的部位华山松韧皮部组织薄,食物源包括寄主华山松韧皮部和木质部表层组织,这就迫使其胃板板状部骨质化程度加深,进一步加强对寄主木质部组织的研磨和切割,也必然在木质部

表层留下明显的取食坑道。



a. 华山松大小蠹 b. 黑根小蠹 c. 长毛干小蠹 d. 纵坑切梢小蠹 e. 暗额星坑小蠹  
f. 油松四眼小蠹 g. 云杉毛小蠹 h. 秦岭梢小蠹 i. 松六齿小蠹

图3 小蠹虫胃板

Fig. 3 Proventricular plate of Scolytidae

万方数据

### 3 结论

小蠹虫消化道结构是对食性差异的适应性变化,也是食性和生存策略的具体表现,由于食性的差异使小蠹虫营养分解吸收的消化道结构发生一致的变化,这种变化不仅表现在小蠹虫特化而形成的前胃结构上,而且表现在消化道中肠长度,以及携带真菌的能力和种类等方面,这种变化促使各小蠹虫有效利用寄主树木营养的同时,避免空间和营养生态位的竞争,并形成各异的生存策略<sup>[8]</sup>。

小蠹虫特化的胃板结构是对食性、入侵时序和定居部位的进化结果,他们的相对稳定性造就了消化道胃板结构种间、属间的稳定性。

小蠹虫对寄主树木种类和抗性的选择主要依赖自身对寄主次生代谢物的识别、感应、调控和与共生生物间的关系,小蠹虫依赖特化的贮菌器结构携带入侵的共生真菌克服寄主树木树脂等抗性系统,而并不依赖自身消化道和胃板等结构的变异,达到克服寄主树木树脂的目的,也即小蠹虫消化道和胃板结构的变异不是对寄主树木抗性系统的适应性进化<sup>[9,10]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 沃特斯 W E, 斯塔克 R W, 伍德 D L. 松树与小蠹虫生态系统——害虫综合管理[M]. 梁其伟译. 北京: 中国林业出版社, 1991.
- [2] 陈辉, 袁峰. 秦岭华山松小蠹虫生态系统与综合治理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [3] 殷慧芬, 黄复生, 李兆麟. 中国经济昆虫志. 鞘翅目. 小蠹科[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [4] 陈辉, 唐明, 叶宏谋, 等. 秦岭华山松小蠹生态位研究[J]. 林业科学, 1999, 35(4): 40-44.
- [5] Flechtmann C A H. Scolytidae in pine plantation: overviews and situation in Brazil. Escolitideos nas florestas de *Pinus* no Brasil[J]. Serie Technica IPEF, 2000, 13 (33): 49-56.
- [6] 王荫长. 昆虫生理生化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [7] 唐明, 陈辉. 华山松大小蠹共生真菌对寄主树木的影响[J]. 林业科学, 1999, 35(6): 63-66.
- [8] 陈辉, 袁峰. 树木抗性与小蠹虫生存策略的进化[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 147-151.
- [9] 陈辉, 袁峰. 森林生态系统中昆虫与真菌的互惠共生[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(2): 95-101.
- [10] 陈辉. 信息素在小蠹综合治理中应用的现状与展望[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(2): 60-63.