

# 森林害虫防治经济阈值研究进展

张中社, 赵俊侠, 李春茂, 杨勇辉

(杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**从我国森林害虫危害部位、危害树种、发生地区、防治指标等方面着手,对马尾松毛虫、黄斑星天牛、油松球果小卷蛾等主要森林害虫经济阈值研究的状况进行了综合评述,全面概括了害虫防治经济阈值的研究进展情况,针对害虫不同发生地区,提出了合理的害虫防治指标,总结出人工模拟危害及害虫直接危害二种害虫研究方法。

**关键词:**森林害虫;经济阈值;防治指标

**中图分类号:**S763.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2006)04-0113-04

## Research Progress in Economic Threshold For Forest Pest Control

ZHANG Zhong-she, ZHAO Jun-xia, LI Chun-mao, YANG Yong-hui

(Yangling Vocationa & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Research progress in economic thresholds of several major forest pests such as *Dendrolimus punctatus* Walker, *Anoplophora nobilis* Ganglbauer and *Gravata marmarotana* (Hein) are discussed extensively from the aspects of endangered position, tree species harmed by forest pests, locations of pest damage occurrence and control indexes. Practical pest control indexes in different areas are suggested and two method, for the study of economic threshold, i. e., simulative and direct pest harming are concluded.

**Key words:** forest pest; economic threshold; control indexes

在害虫防治中提倡综合治理,综合治理是对有害生物的一种管理系统,按照有害生物的种群动态与之相关的环境关系,利用天敌和适当的技术方法,尽可能互不矛盾,使有害生物的种群经常保持在某一经济允许水平之下。在化学防治仍作为森林害虫综合治理重要措施的今天,一个关键的问题是如何确定合理的防治指标,不可避免的牵涉到害虫种群的经济阈值。

## 1 经济阈值研究现状

经济阈值(economic threshold,简称ET),是现代害虫防治的基本决策依据。经济阈值的概念,是Stern等人<sup>[1]</sup>于1959年根据经典的经济学原理提出的。他们认为,经济阈值就是决定应用控制措施以阻止害虫达到经济危害水平(economic injury level,简称EIL)时的种群密度,EIL即为引起经济损失的最低虫口密度,且对经济损失没有做出严格的定义。盛承发<sup>[2,4]</sup>提出在国内不使用"EIL"一语,而使用产

值损失阈值(即产值开始下降时的害虫密度)和经济阈值(即产值损失等于防治代价时的害虫密度)这两个概念。目前,在国内森林害虫经济阈值研究工作中,人们通常应用的概念主要是经济阈值和防治指标,经济阈值是指防治后所挽回的损失等于防治代价时的害虫种群密度,人们通常认为,在该种群密度下实施防治,净收益将达到最大值。但防治指标的概念比较混乱,有的认为防治指标就是经济阈值,也有的将防治指标定义为与EIL相应的阈值,莫建初等<sup>[4]</sup>认为防治指标是国内害虫防治工作者在生产实际中提出的一个通俗性概念,是经济阈值的代名词。为避免应用上的混乱和便于对外交流,国内还是统一使用“经济阈值”一词较佳。

国内外对害虫防治指标进行了大量的、深入的研究。就国内而言,植物保护工作者对农林业害虫的防治指标进行了分地区、分树种、分部位、分阶段、分虫龄的研究。研究过的并制定出防治指标的害虫有150种以上,其中农业害虫占60%左右。林业害

虫中,食叶害虫占 80% 左右。研究的害虫主要包括直翅目、鞘翅目、鳞翅目、膜翅目、同翅目等。

1.1 食叶害虫

目前,国内森林食叶害虫的经济阈值研究,主要集中在危害松树的马尾松毛虫(*Dendrolimus puncta*-

*tus*)、赤松毛虫(*D. spectabilis*)、油松毛虫(*D. tabulaeformis*)、落叶松毛虫(*D. superans*)、落叶松鞘蛾(*Coleophora laricella*)和落叶松叶蜂(*Pristiphora erichsonii*),危害杨树的杨毒蛾(*Leucoma candida*)、

表 1 主要叶部害虫经济阈值

Table 1 Economic thresholds of major fdiage pests

害虫名称	为害树种	研究地区	防治指标
赤松毛虫	赤松	鲁中南山区	幼虫:15~20年生赤松初次受害时,春季35~40头/株,秋季38~47头/株。连续2a受害的松林春季17~20头/株,连续3a受害的为10~12头/株 <sup>[5-7]</sup>
油松毛虫	油松	河北	针叶损失率:50% <sup>[8,9]</sup>
马尾松毛虫	马尾松	江苏	幼虫:5年生松树4~5头/株,10年生为10~15头/株,15年以上为20头/株 <sup>[10,11]</sup>
马尾松毛虫	马尾松	河南	幼虫:幼龄林20~25头/株,中龄林35~40头/株 <sup>[12]</sup>
马尾松毛虫	马尾松	安徽	幼虫:30.5条/株。针叶损害率:50% <sup>[13]</sup>
马尾松毛虫	马尾松	浙江	针叶损失率:30%~50% <sup>[14]</sup>
马尾松毛虫	马尾松	广东	幼虫:12年生马尾松44头(4龄)/株,13年生86头/株 <sup>[4]</sup>
马尾松毛虫	黑松	安徽	幼虫:22.8头/株 <sup>[11]</sup>
马尾松毛虫	湿地松	广东	幼虫:5年生湿地松59头(4龄)/株,10年生81头/株,13年生136头/株 <sup>[4,13]</sup>
马尾松毛虫	湿地松	广西	针叶损失:2年生松树20%,4~6年生30%,8~10年生50% <sup>[15-17]</sup>
落叶松毛虫	落叶松	黑龙江	幼虫:虫口密度低于40条/株,以营林措施为主;40~60条/株,以生物防治为主;超过60条/株,采取化学防治 <sup>[18]</sup>
落叶松鞘蛾	落叶松	黑龙江	幼虫:9头/株 <sup>[19]</sup>
落叶松尺蠖	落叶松	湖南	幼虫:林分郁闭度0.8时为318.95头/株,林分郁闭度0.9时为291.29头/株 <sup>[20]</sup>
蜀柏毒蛾	柏木	四川	幼虫:幼林平均胸径4.4cm时为33头/株 <sup>[21]</sup>
松阿扁叶蜂	樟子松	黑龙江	幼虫:4头/50cm长标准枝 <sup>[22]</sup>
黄毒蛾	柏木	浙江	幼虫:胸径为10、12、14cm的柏木依次为474、614和795头/株 <sup>[23,24]</sup>
枣步曲	枣树	山西吕梁	幼虫:260头/株 <sup>[24]</sup>
枣步曲	枣树	鲁北平原	越冬蛹:20a左右的枣树3头/株,40~60a枣树18头/株,60a以上枣树9头/株 <sup>[24]</sup> 幼虫:初孵幼虫100头/m.枝,4~5龄7头/m.枝 <sup>[24]</sup> 。落粪量:白天1m <sup>2</sup> 树冠下1h平均20粒 <sup>[24]</sup>
春尺蠖	白榆	内蒙古	幼虫:5头/50cm标准枝,0.02头/片榆叶 <sup>[25]</sup>
油桐尺蠖	油桐	湖北	卵块:第1代1.07个/株,第2代1.12个/株,幼虫:第1代191.9头/株,第2代200.9头/株,蛹:第1代2.58个/株,第2代2.53个/株 <sup>[20]</sup>
杨(柳)毒蛾	杨、柳	辽宁	幼虫:620株/hm <sup>2</sup> 的3a丰产林中幼虫上树12~20d时332(156)头/株,发育结束时33(39)头/株。400株/hm <sup>2</sup> 的3a丰产林中16(20)头/株。3300株/hm <sup>2</sup> 的郁闭林分中为57(67)头/株 <sup>[21]</sup>
杨(柳)毒蛾	杨、柳	吉林	幼虫:11(16)头/m <sup>2</sup> 叶面积 <sup>[26,27]</sup>
杨(柳)毒蛾	杨、柳	黑龙江	幼虫食叶量30%(15%) <sup>[27]</sup>
杨扇舟蛾	杨	湖南	幼虫:第2代为0.03头/叶,第3~4代为0.2头/叶 <sup>[26]</sup>
杨扇舟蛾	杨	吉林	幼虫:28头/m <sup>2</sup> 叶面积 <sup>[26]</sup>
杨二尾舟蛾	杨	吉林	幼虫:7.6头/m <sup>2</sup> 叶面积 <sup>[26]</sup>
黑带二尾舟蛾	杨	吉林	幼虫:5头/m <sup>2</sup> 叶面积 <sup>[26]</sup>
杨小舟蛾	杨	陕西	幼虫:第一实施防治指标:14.13头/50cm枝,第二实施防治指标:21.21头/50cm枝 <sup>[28]</sup>
分月扇舟蛾	杨	黑龙江	叶损失:生长速度较慢的幼林1/3,较快的林分1/5~1/4。卵块:3~5年生4块/株 <sup>[29,30]</sup>
大袋蛾	泡桐	陕西	幼虫:4年生泡桐0.4头/叶 <sup>[31]</sup>
大袋蛾	泡桐	河南	幼虫:人工防治(幼树平均0.19头/叶,成龄树0.08头/叶)。飞机防治(幼树平均0.13头/叶,成龄树0.06头/叶 <sup>[32]</sup> )
大袋蛾	泡桐	山东	幼虫:幼树0.19头/叶,大树0.07头/叶
黄褐天幕毛虫	白榆	内蒙古	幼虫:3.4头/m标准枝 <sup>[33]</sup>
榆斑蛾	白榆	山东	卵:0.1粒/叶
针叶小爪螨	板栗	山东	幼虫:5~8头/叶
黄脊竹蝗	竹亚科	江西	成虫羽化:长势好的竹林13.7头/m <sup>2</sup> ,长势中等的竹林10.5头/m <sup>2</sup> ,长势差的竹林6头/m <sup>2</sup> <sup>[34]</sup> ,若虫孵化:9.7头/日.hm <sup>2</sup>
银杏超小卷叶蛾	银杏	湖北	活蛹:2.4~3.8个/0.2m×0.2m <sup>[35]</sup>
油茶尺蠖	油茶	浙江	幼虫:5头/丛(每亩茶园按1300丛茶树计) <sup>[36]</sup>

柳毒蛾(*Lymantria dispar*)和分月扇舟蛾(*Clostera anastomosis*),危害泡桐的大袋蛾(*Cryptothoelea varie-*

gata),危害榆树的春尺蠖(*Apocheima cinerarius*)以及危害枣树的枣步曲(*Sucra jujuba*)等几种重要害虫上。其中研究最为广泛的是马尾松毛虫,人们不仅对其在不同地理区域范围内年发生世代数及不同立地条件(林龄、土壤肥沃程度和林分密度)下危害马尾松的经济阈值作了研究,而且对它危害黑松、湿地松的经济阈值也作了研究,表1为部分害虫为动态经济阈值。

1.2 主要枝干害虫

在局部地区,对林木造成严重危害的枝干害虫

表2 主要枝干害虫防治指标

Table 2 Control indexes for major pests harming branches

害虫名称	为害树种	防治指标
大青叶蝉	杨	卵:1~2年生杨树卵痕0.033 6个/cm <sup>2</sup> ,一年生新疆杨苗上41.6个/株 <sup>[37]</sup> ,成虫:一年生新疆杨苗10.7头/株,二年生幼树13.66头/株 <sup>[37]</sup>
毛竹尖胸沫蝉	毛竹	幼虫:260.57头/株 <sup>[38]</sup>
杨圆蚧	杨	幼虫:第一受害允许限20.7头/cm <sup>2</sup> ,第二受害允许限30.8头/cm <sup>2</sup> ,第三受害允许限38.4头/cm <sup>2</sup> <sup>[39]</sup>
柳蛭蚧	杨	幼虫:一级受害允许密度14.7头/cm <sup>2</sup> ,二级21.93头/cm <sup>2</sup> ,三级37.39头/cm <sup>2</sup> <sup>[40]</sup>
黄斑星天牛	杨	幼虫:2头/株 <sup>[41]</sup>
光肩星天牛	毛白杨	幼虫:1头/株 <sup>[42]</sup>
桑天牛	毛白杨	幼虫:5年生杨树0.750头/株,0.080头/株,0.024头/株 <sup>[43]</sup>
松纵坑切梢小蠹	云南松	虫孔:0.215 1虫孔/株 <sup>[44]</sup>
落叶松八齿小蠹	落叶松	林分被害率:21.1% <sup>[44]</sup>
茶小绿蝉	茶树	幼虫:1.5~2.0头/丛 <sup>[37]</sup>
矢尖盾蚧	柑橘	雌蚧:0.2头/叶 <sup>[45]</sup>
分瓣臀凹盾蚧	茶树	幼虫:5头/叶 <sup>[45]</sup>

1.3 种实害虫

种实害虫危害种子、果实,对林木种子直接造成危害。目前,国内主要对危害油松球果的油松球果小卷蛾一种害虫经济阈值作了研究<sup>[46]</sup>,研究虽考虑了危害对种子产量和质量的影响,但未考虑种子品质下降后种子价格的变化。同时,由于单果落卵量与种子损失率之间的回归关系是建立在平均单果落卵量处于0~1范围基础上的,因此,其制定的经济阈值也只适用于平均单果落卵量在1以下的情形。

油松球果小卷蛾(*Gravitar mata margarotana*)在山西省沁源地区,该虫在球果上的落卵量( $X$ ),球果被害率( $Y$ )及种子产量损失率( $Z$ )之间的回归预测式为: $Y=0.094\ 4+0.888\ 3X(r=0.968\ 2)$ ;  $Z=0.069\ 0+0.672\ 1X(r=0.969\ 4)$ ;  $Z=0.758\ 0Y-0.002\ 1(r=0.999\ 7)$ ,确定该害虫的化学防治指标为0.32粒/果卵,在陕西地区,两年生球果上,防治指标为0.0797粒/果·卵<sup>[46]</sup>。

2 研究方法

在森林害虫经济阈值的研究中,由于生态环境复杂多样,树体高大,不如研究农业害虫那样易于控制试验对象,主要采用人工模拟危害和害虫直接危

虽种类较多,但这类害虫的危害难以采用人工模拟方式去研究,因而只对危害杨树的黄斑星天牛(*Anoplophora nobilis*)、光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)、杨圆蚧(*Quadraspidotus gigas*)和大青叶蝉(*Tettigella viridis*),危害马尾松的松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila*),以及危害茶树的分瓣臀凹盾蚧等几种枝干害虫制定了经济阈值,部分害虫为动态经济阈值。这些研究都是在害虫自然危害的情形下进行的(表2)。

害两种方法进行研究。

2.1 人工模拟危害

是指通过人为方式去除林木某种器官部分或全部组织来模拟害虫危害的方法,由于它具有操作方便、易于控制试验条件和危害量,以及对害虫造成的直接损失能有效的测定等优点,目前已广泛应用于食叶害虫的经济阈值研究。在利用人工去叶方式模拟害虫危害时,应充分考虑去叶时间、去叶部位和去叶方式,以使模拟危害尽可能地接近害虫的实际危害情况。然而,由于害虫发育期历时较长,人们不可能对其终生危害进完全模拟。所以,为了减少人工模拟危害的工作量,当利用这一方法确定害虫危害对林木生长发育的影响程度时,人工去叶时间通常应选在害虫暴食期。

2.2 害虫直接危害

是指在自然环境中,在相似的林地条件下,直接考察不同密度的害虫种群对林木生长发育所造成影响的情况。这种方法能直观、真实地揭示害虫危害与林木产量、质量损失之间的关系,因而,所得结果相对模拟研究具有更大的可靠性,但这种方法需采取一定措施控制林木上的害虫种群密度,使其具有一定的梯度关系,否则难以获得预期的害虫密度和

产量损失之间的相关资料。目前,枝干害虫、球果害虫和某些食叶害虫的经济阈值研究,采用的就是这一方法。

### 3 展望

经济阈值是进行害虫科学管理和决策的重要依据,是一个涉及经济、生态和社会等方面因素的复杂问题。目前,森林害虫经济阈值的研究已取得了明显的进展,但还存在一些问题,在今后的研究中,应充分考虑社会生产力、产品质量、价格和价值,林分的立地条件、林型、林木的抗虫性和补偿能力,害虫的种类、数量、虫态,危害时间、方式和部位,天敌的种类和数量,防治方法、规模 and 效果,实施防治的经济、生态影响等因素,制定动态的经济阈值。并且把同一时期相同危害类型的许多害虫纳入同一经济阈值中,使其具有更好的实用性和可操作性。相信随着科学技术和经济的进一步发展,害虫经济阈值的研究会更加广泛、更加完善,取得更为显著的成效。

### 参考文献:

- [1] Stern V M, Smith RF, Van den osch R, et al. The integrated control concept[J]. Hilgardia, 1959, 29: 81-101.
- [2] 盛承发. 经济阈值定义的高榷[J]. 生态学杂志, 1984, (3): 52-54.
- [3] 盛承发. 害虫经济阈值的研究进展[J]. 昆虫学报, 1989, (4): 492-499.
- [4] 莫建初, 王问学. 我国森林害虫经济阈值研究进展[J]. 中南林学院学报, 1998, 18(4): 96-103.
- [5] 张树林. 赤松毛虫种群变动规律及防治指标的研究[J]. 河北林学院学报, 1992, 7(2): 143-147.
- [6] 黄元保, 李伯瑾, 金健康. 丘陵区马尾松毛虫防治指标的研究[J]. 湖南林业科技, 1992, 19(4): 16-21.
- [7] 王西南. 赤松毛虫防治指标的研究[J]. 林业科学研究, 1990, 3(3): 292-295.
- [8] 杨占山, 李连琐. 油松飞播林油松毛虫防治指标的初步研究[J]. 河北林业科技, 1994, (1): 22-24.
- [9] 夏乃斌, 屠泉洪, 宁长义. 油松毛虫为害油松的动态经济阈值的研究[J]. 北京林业大学学报, 1992, 14(4): 9-19.
- [10] 葛庆杰, 关励巧, 李周直, 等. 马尾松毛虫防治指标的研究[J]. 南京林业大学学报, 1988, 12(3): 94-99.
- [11] 李奕震, 苏星, 何昭珩, 等. 马尾松毛虫防治指标的研究[J]. 华南农业大学学报, 1993, 14(2): 74-77.
- [12] 王光金, 杨志鹏. 马尾松毛虫防治指标的研究[J]. 林业病虫害防治, 1984, 8(3): 35-45.
- [13] 蹇永训, 盛茂领, 缪凯. 马尾松毛虫防治指标的初步研究[J]. 森林病虫通讯, 1988, (3): 7-11.
- [14] 方美献, 袁英根. 衢州市马尾松毛虫防治指标的初步研究[J]. 浙江林业科技, 1986, (2): 18-20.
- [15] 廖沛民. 2-3 代类型区马尾松毛虫防治指标研究[J]. 广西林业科技, 1992, 21(1): 32-36.
- [16] 庞正裴, 刘志祥, 冯炎文, 等. 马尾松毛虫危害湿地松的防治指标的初步研究[J]. 广西林业科学, 1994, 23(3): 132-136.
- [17] 奚福生, 庞联东, 孙明雅, 等. 马尾松用材林 3-4 代类型马尾松毛虫防治指标研究[J]. 广西林业科技, 1993, 22(2): 41-53.
- [18] 朱坤, 宋玉双, 刘汉夫, 等. 落叶松毛虫危害指标的研究[J]. 东北林业大学学报, 1985, 13(3): 22-27.
- [19] 李克政, 刘铨基, 黄敬林, 等. 落叶松鞘蛾防治指标的研究[J]. 东北林业大学学报, 1989, 7(1): 107-113.
- [20] 王问学, 莫建初, 周云龙, 等. 油桐尺蠖防治指标的研究[J]. 中南林学院学报, 1991, 11(11): 84-93.
- [21] 陈永学, 张希堂, 周凤忱, 等. 柳毒蛾危害指标的研究[J]. 辽宁林业科技, 1987(5): 28-60.
- [22] 李孟楼, 刘朝斌, 吴定坤, 等. 落叶松叶蜂的防治阈值[J]. 西北林学院学报, 1992, 7(4): 107-113.
- [23] 郑永祥, 崔相富, 陈绘画, 等. 鞭角华扁叶蜂防治指标研究[J]. 中国森林病虫, 2002, 21(4): 121-125.
- [24] 刘光生. 枣步曲的预测预报及防治指标[J]. 昆虫知识, 1988, 25(2): 91-92.
- [25] 李兴龙. 榆树受害允许水平及春尺蠖防治指标的研究[J]. 森林病虫通讯, 1988, (3): 5-7.
- [26] 陈永学, 张希堂, 周凤忱, 等. 杨树五种食叶害虫危害指标研究[J]. 森林病虫通讯, 1990, (1): 17-20.
- [27] 姜巍, 安三玉, 邓立文, 等. 杨柳毒蛾防治指标的研究[J]. 东北林业大学学报, 1989, 17(2): 12-17.
- [28] 张军灵, 王小纪, 侯引侠. 杨小舟蛾防治指标研究[J]. 陕西林业科技, 1999, (4): 4-6.
- [29] 陈永学, 张希堂, 周凤忱, 等. 分月扇舟蛾危害指标的研究[J]. 吉林林业科技, 1992(2): 31-32.
- [30] 王福维, 牛延章, 陈域横, 等. 分月扇舟蛾生物学特性及其方针研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(3): 325-329.
- [31] 奥恒毅, 邵崇斌, 周嘉熹. 大袋蛾防治阈值的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(2): 167-171.
- [32] 赵忠懿, 张富思, 吴兰俊, 等. 泡桐大袋蛾防治指标的研究[J]. 河南林业科技, 1998, 18(3): 1-4.
- [33] 郝俊, 谭志刚, 陈自勇, 等. 黄褐天幕毛虫幼虫食叶量观测及防治指标测定[J]. 森林病虫通讯, 1998, (3): 5-8.
- [34] 练佑明. 黄脊竹黄危害防治指标的研究[J]. 林业科学研究, 1992, 5(6): 717-723.
- [35] 江德安, 刘永生, 苏杰, 等. 银杏超小卷叶蛾发生规律及其防治[J]. 昆虫知识, 1998, 35(3): 144-146.
- [36] 莫建初, 王问学, 李益辉, 等. 油茶尺蠖动态经济阈值的研究[J]. 经济林研究, 1994, 12(2): 40-45.
- [37] 王爱静, 王成祥, 李中焕. 大青叶蝉防治指标的研究[J]. 林业科学, 1995, 31(1): 81-85.
- [38] 陈顺立, 邓秀明, 蔡和谦, 等. 毛竹尖胸沫蝉防治指标的研究[J]. 中国森林病虫, 2002, 21(6): 122-124.
- [39] 胡隐月, 刘宽余, 王立纯, 等. 杨圆蚱防治阈值探讨[J]. 东北林业大学学报, 1985, 13(4): 43-49.
- [40] 刘宽余, 刘军侠, 严善春, 等. 柳蛱蚱防治阈值的研究[J]. 东北林业大学学报, 1997, 25(5): 1-4.
- [41] 周嘉熹, 邵崇斌, 黄斑星天牛经济阈值的探讨[J]. 森林病虫通讯, 1988, (3): 1-4.
- [42] 赵瑞良, 武祥云, 吕晓宏. 光肩星天牛经济阈值的研究[J]. 山西林业科技, 1991, (4): 29-32.

- 的研究[J]. 赣南医学院学报, 2002, 22(3): 227-229.
- [27] 王敦, 胡景江, 保从方. 从金龟子体中提取甲壳素的初步研究[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(4): 57-59.
- [28] 王敦, 胡景江, 刘铭汤. 从臭蛱蝶中提取甲壳素/壳聚糖的研究[J]. 林业科学, 2004, 40(5): 180-185.
- [29] Molinaro G, Leroux J C, Damasc J, Adam A. Biocompatibility of thermosensitive chitosan-based hydrogels: an in vivo experimental approach to injectable biomaterials [J]. Biomaterials. 2002, 23: 2717-2722.
- [30] Onishi H, Machida Y. Biodegradation and distribution of water-soluble chitosan in mice [J]. Biomaterials. 1999, 20: 175-182.
- [31] Bianco I D, Balsinde J, Beltramo D M, et al. chitosan-induced phospholipase A2 activation and arachidonic acid mobilization in P388D1 macrophages [J]. FEBS Letters. 2000, 466: 292-294.
- [32] Jeon T I, Hwang S G, Park N G, et al. Antioxidative effect of chitosan on chronic carbon tetrachloride induced hepatic injury in rats [J]. Toxicology. 2003, 187: 67-73.
- [33] Cho Y W, Cho Y N, Chung S H, et al. Water-soluble chitin as a wound healing accelerator [J]. Biomaterials. 1999, 20: 2139-2145.
- [34] Khanal D R, Okamoto Y, Miyatake K, et al. Protective effects of phosphated chitin (P-chitin) in a mice model of acute respiratory distress syndrome (ARDS) [J]. Carbohydr. Polym., 2001, 44: 99-106.
- [35] Vongchan P, Sajomsang W, Subyen D, et al. Anticoagulant activity of a sulfated chitosan [J]. Carbohydr. Polym., 2002, 337: 1233-1236.
- [36] Trautwein E A, Jurgensen U, Erbersdobler H F. Cholesterol-lowering and gallstone-preventing action of chitosans with different degrees of deacetylation in hamsters fed cholesterol-rich diets [J]. Nutr. Res., 1997, 17: 1053-1065.
- [37] Yonekura L, Tamura H, Suzuki H. Chitosan and resistant starch restore zinc bioavailability, suppressed by dietary phytate, through different mechanisms in marginally zinc-deficient rats [J]. Nutr. Res., 2004, 24: 121-132.
- [38] Lee H W, Parkb Y S, Jung J S, et al. Chitosan oligosaccharides, dp 2 - 8, have prebiotic effect on the *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus* sp [J]. Anaerobe, 2002, (8): 319-324.
- [39] 王敦, 徐英男, 翟少伟. 虫源性壳聚糖对产蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. 中国家禽, 2004, (17): 7-9.
- [40] 张丽英, 王宝维, 闫桂玲. 壳聚糖对产蛋鸡血清和蛋黄胆固醇含量的影响[J]. 饲料研究, 1998, (10): 31-32.
- [41] 张丽英, 王宝维, 单虎, 等. 壳聚糖对肉鸡体内胆固醇及 PUFA 含量的影响[J]. 中国家禽, 1998, (1): 19-20.
- [42] 王敦, 翟少伟, 白耀宇. 虫源性壳聚糖对 0-3 周龄 AA 肉仔鸡生产性能的影响[J]. 当代畜牧, 2004, (1): 35-36.
- [43] 应自忠, 张慧, 韩志红. 壳聚糖对荷瘤小鼠红细胞免疫功能的影响[J]. 中国公共卫生, 2000, 16(9): 831.
- [44] 朱立贤, 宋志刚, 林海, 等. 壳聚糖对肉仔鸡生长与免疫功能的影响研究[J]. 中国饲料, 2003, (4): 15-17.
- [45] 胡萃. 资源昆虫及其利用[M] 北京: 中国农业出版社, 1996. 219-246.
- [46] 赵锐, 何德顺, 刘隽彦. 柞蚕蛹油研究报告[J]. 蚕业科学, 1991, 17(4): 227-229.
- [47] 周从照, 杨铁. 蚕蛹的综合开发利用[J]. 生物学通报, 1993, 28(10): 44-47.
- [48] 任维美. 饲料中添加亚油酸可提高鲢鱼的生长[J]. 饲料研究, 2003, (7): 23.
- [49] 裴素俭. 蚕蛹的综合利用[J]. 特种经济动植物, 2001, (5): 13-14.
- [50] 钟裕容, 崔淑莲, 杨智, 等. 蛹虫草菌丝与冬虫夏草中氨基酸、甘露醇的含量[J]. 中国中药杂志, 1990, 15(4): 39-40.
- [51] 詹松, 李海棠. 冬虫夏草与蔗蛾虫草菌丝体化学成分的比较研究[J]. 中药材, 1993, 16(4): 30.
- [52] 陈建明, 张彦明. 疯牛病发病机理和跨物种传播研究进展[J]. 动物医学进展, 2002, 23(3): 11-14.
- [53] 王琼. 浅谈疯牛病之病因及其检测手段[J]. 化学教育, 2002, (9): 1-3.

(上接第 116 页)

- [43] 黄大庄, 关慧元, 张九森, 等. 桑天牛的防治阈值[J]. 东北林业大学学报, 1997, 25(2): 78-82.
- [44] 郭树平. 用材林害虫管理经济阈值模式的研究[J]. 森林病虫害通讯, 2000, (3): 145-148.
- [45] 王海林, 严鲁生, 吴琳, 等. 分瓣臀凹盾蚧 *Phenacaspis kentiae* Kuwana 防治指标的研究[J]. 西南林学院学报, 1992, 12(1): 63-69.
- [46] 张养贤, 王国和, 刘随存, 等. 油松球果小卷蛾防治指标及应用的初步探讨[J]. 山西林业科技, 1988, (1): 20-23.