

蚂蚁光顾云南紫胶虫对其天敌紫胶黑虫种群的影响*

王思铭^{1**} 陈又清^{1***} 李巧² 卢志兴² 刘春菊² 郭祖学³

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所 昆明 650224;

2. 西南林学院保护生物学学院 昆明 650224; 3. 云南省墨江县林业局 普洱 654800)

The influence of ant-visiting *Kerria yunnanensis* on populations of *Holcocera pulvere*a in lac plantation.

WANG Si-Ming^{1**}, CHEN You-Qing^{1***}, LI Qiao², LU Zhi-Xing², LIU Chun-Ju², GUO Zu-Xue³ (1. *Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry*, Kunming 650224, China; 2. *School of conversation biology, Southwest Forestry University*, Kunming 650224, China; 3. *Forest Bureau of Mojiang County of Yunnan Province*, Puer 654800, China)

Abstract The effects of visits by ants to *Kerria yunnanensis* Ou et Hong on populations of its predator *Holcocera pulvere*a Meyr, and the commercial impact and population dynamic of *H. pulvere*a, were investigated in the presence and absence of ants in lac plantations in Yayi region, Mojiang County, Yunnan Province, China. The results show that the commercial impact of *H. pulvere*a on lac production was high and increased monthly, but that this was slightly reduced in the presence of ants. The presence of ants significantly reduced populations of *H. pulvere*a ($|t| = 2.764$, $df = 356$, $P < 0.01$) by interfering with oviposition, destroying their eggs and physically attacking eggs and larvae. These effects occurred mainly during the larval stage of *K. yunnanensis*. However, the presence of ants had no significant effect on the monthly increase of *H. pulvere*a populations after *K. yunnanensis* had reached the adult stage ($|t| = 0.970$, $df = 161$, $P > 0.05$), probably because ants could no longer encounter *H. pulvere*a who by this time live beneath the lac. There were significant differences in the behavioral responses of ants and *H. pulvere*a when these species encounter each other ($\chi^2 = 4.781$, $df = 1$, $P < 0.05$); ants prey on *H. pulvere*a. Ants and *K. yunnanensis* have a symbiotic relationship and visits by ants to lac insects may reduce commercial damage to lac crops by reducing numbers of *H. pulvere*a.

Key words ant, lac insect, interspecific relationship

摘 要 为了弄清蚂蚁光顾云南紫胶虫 *Kerria yunnanensis* Ou et Hong 对其天敌紫胶黑虫 *Holcocera pulvere*a Meyr 种群的影响,于云南紫胶虫成虫期,对有无蚂蚁光顾的胶被抽样,调查胶被上紫胶黑虫的为害率及种群数量变化。结果显示,紫胶黑虫对有无蚂蚁光顾的胶被的为害率均很高,并逐月增加;其中有蚂蚁光顾的胶被紫胶黑虫的为害率略小于无蚂蚁光顾的胶被。蚂蚁光顾能明显减少紫胶黑虫的种群数量($|t| = 2.764$, $df = 356$, $P < 0.01$),其原因可能是蚂蚁光顾能干扰紫胶黑虫的产卵行为、破坏卵、取食卵和幼虫并且这种保护主要发生在云南紫胶虫幼虫期;云南紫胶虫进入成虫期后,由于紫胶黑虫生活于胶被内,并且产卵于胶被的凹陷处或雄虫胶壳内或雌虫肛突孔处,蚂蚁很少与紫胶黑虫相遇,故蚂蚁光顾对紫胶黑虫每月增长量没有显著影响($|t| = 0.970$, $df = 161$, $P > 0.05$)。紫胶黑虫和蚂蚁相遇的

* 资助项目:中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点项目(ririca200801z)。

**E-mail:wsm8539@yahoo.com.cn

***通讯作者,E-mail:cycqaf@yahoo.com.cn

收稿日期:2009-11-13,修回日期:2010-01-25

行为反应存在显著差异($\chi^2 = 4.781, df = 1, P < 0.05$),蚂蚁对紫胶黑虫有捕食作用。蚂蚁与云南紫胶虫之间存在互利关系。蚂蚁取食云南紫胶虫的蜜露,能降低紫胶黑虫的为害率,并减少紫胶黑虫的种群数量,从而保护云南紫胶虫。

关键词 蚂蚁, 紫胶虫, 种间关系

蚂蚁与半翅目昆虫之间的关系已成为昆虫生态学的一个研究热点^[1~4]。蚂蚁与半翅目昆虫之间的关系,多以蜜露为主线,探讨蚂蚁与半翅目昆虫之间的相互作用^[5~7]。半翅目昆虫通过自身分泌的蜜露吸引蚂蚁的光顾^[8],蚂蚁取食蜜露的同时,可提高半翅目昆虫的存活率和繁殖率^[9,10],减少半翅目昆虫的天敌数量^[11,12]和霉病的发生^[10,13,14],直接或间接保护半翅目昆虫^[15~18]。

紫胶虫是一种介壳虫,属半翅目 Hemiptera 胶蚧科 Kerriidae 胶蚧属 *Kerria*,是一类具有重要经济价值的资源昆虫^[19]。在紫胶生产的过程中,紫胶虫经常遭受各种捕食性天敌的危害,严重影响紫胶产量,其中包括紫胶白虫 *Eublemma amabilis* Moore 和紫胶黑虫 *Holcocera pulvere* Meyr^[20~22]。紫胶虫分泌紫胶的同时,也分泌蜜露,这些蜜露吸引大量的蚂蚁光顾。紫胶蚧与蚂蚁之间的互利关系研究偶有报道^[23]。本文在前人的研究基础上,进一步研究蚂蚁与紫胶虫的互利关系,探讨蚂蚁光顾云南紫胶虫 *Kerria yunnanensis* Ou et Hong 对其捕食性天敌紫胶黑虫种群数量的影响,为生态控制紫胶黑虫,提高紫胶产量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于云南省墨江县雅邑乡(23°14' N, 101°43' E),海拔 1 000 ~ 1 056 m 地段,该地区年干湿季节分明,属南亚热带半湿润山地季风气候,四季温差不大,年均气温 17.8℃,年平均降水量 1 315.4 mm,年平均日照 2 161.2 h,适宜紫胶生产。试验地林相不密,能透射太阳光,主要寄主植物为钝叶黄檀(*Dalbergia obtusifolia* Prain)和苏门答腊金合欢(*Acacia montana* Benth)。林地内有大量蚂蚁栖息,这

些蚂蚁光顾紫胶虫,并取食蜜露,其主要种类为粗纹举腹蚁 *Crematogaster macaoensis* Wheeler、黑可可臭蚁 *Dolichoderus thoracicus* (Smith) 和巴瑞弓背蚁 *Camponotus parius* Emery 等。于 2009 年 5 月放养云南紫胶虫,该虫种是中国紫胶生产的主要用种,7 月进入成虫期,9 月底至 10 月初完成夏季世代^[19]。试验于 2009 年 5 月至 9 月开展。

1.2 紫胶虫生物学特性

紫胶虫在中国主要分布于云南省南部地区,一般一年 2 代。在中国传统的紫胶生产方式中,将生活史从当年 10 月至翌年 5 月的一代称为冬代紫胶,将生活史在 5 月至 10 月的一代称为夏代紫胶。在紫胶虫人工放养过程中,选择 5 年以上生的植株放养紫胶虫。紫胶成熟后,将紫胶连同枝条一起采收,采收后可从枝条上将紫胶剥下作为原胶出售,也可以连同枝条一起作为种胶在其他寄主植物上挂放。采收过的寄主植物要轮歇 1 ~ 2 年,直至萌发的枝条能重新放养紫胶虫。

1.3 紫胶黑虫

紫胶黑虫属鳞翅目 Lepidoptera 遮颜蛾科 Opostegidae,是紫胶虫重要的捕食性害虫之一。不仅取食活体紫胶虫,也取食死亡的紫胶虫和树脂分泌物。一年发生 2 ~ 3 个世代,世代重叠。雌虫产细小的卵于胶被的凹陷处或雄虫胶壳内或雌虫肛突孔处。幼虫孵化后钻入胶被,开始取食紫胶虫。紫胶黑虫幼虫取食活动过程中,基本隐藏在胶被中,受其他节肢动物的干扰较少。紫胶黑虫取食过程中吐丝把碎胶与粪便等织成长形隧道,1 只紫胶黑虫平均破坏 45 ~ 50 个紫胶成虫^[19]。紫胶黑虫生活于胶被内,会随着紫胶的采收而离开该寄主植物,在新的紫胶枝条上重新寄生。

1.4 紫胶黑虫种群调查

1.4.1 样地设置 在紫胶林内选择4块样地,每个样地面积为0.5 hm²,其中2块样地的主要寄主植物为钝叶黄檀,一块设置为蚂蚁能光顾云南紫胶虫,另一块设置为蚂蚁不能光顾云南紫胶虫;另外2块样地的主要寄主植物为苏门答腊金合欢,同样做蚂蚁能否光顾云南紫胶虫的两种设置。样地间距30 m。每个样地内五点法选择30株寄主植物,每株寄主植物上选择胶被长度大于30 cm的胶枝(带紫胶的枝条),所选择的每一个样本的胶被面积为100 cm²。每个样地选择30个样本,共120个。

1.4.2 蚂蚁能否光顾云南紫胶虫的试验处理 蚂蚁能光顾云南紫胶虫的试验,寄主植物不做任何处理;蚂蚁不能光顾云南紫胶虫的设置是首先清除树上的蚂蚁,然后放养云南紫胶虫,并在寄主植物树干距地面0.5 m处贴一圈透明胶带,并在胶带上刷粘虫胶,阻止蚂蚁通过树干光顾云南紫胶虫。为防止粘虫胶失效,每周重新刷胶。另外,清除一切蚂蚁能到达该寄主植物的通道,并定期检查、清除。

1.4.3 紫胶黑虫种群数量调查 采用直接观察法,用镊子仔细检查并统计每100 cm²胶被上紫胶黑虫的坑道数(一般一个坑道内有一头紫胶黑虫),从7月份开始,每月观察1次,每次记录120个数据,连续观察3个月,共记录360个数据。

1.5 蚂蚁与紫胶黑虫相遇行为反应

选择林地内的优势种蚂蚁——粗纹举腹蚁,人为设置蚂蚁与紫胶黑虫相遇后的行为反应试验。人工捕捉5头紫胶黑虫幼虫,每次将1头紫胶黑虫放在有蚂蚁光顾的胶被上,观察蚂蚁与紫胶黑虫相遇后的反应,并打分:相遇后无反应—0分,接触、理毛—1分,躲避—2分,追击、抵御、逃遁—3分,进攻—4分。每次观察10 min,重复5次^[24]。

1.6 数据分析

本次试验数据使用SPSS16.0,对有无蚂蚁光顾的胶被上紫胶黑虫的种群数量及每月增长量进行独立样本t检验,对有无蚂蚁光顾的、不同月份的胶被上紫胶黑虫种群数量及每月增长

量进行二因素方差分析,对蚂蚁与紫胶黑虫相遇后不同的行为反应进行非参数Kruskal-Wallis H检验。

2 结果与分析

2.1 紫胶黑虫对胶被的为害率

紫胶黑虫对有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的2种寄主植物上胶被的为害率均很高。由表1可看出,钝叶黄檀上,7月份有蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被紫胶黑虫为害率小于无蚂蚁光顾的胶被,8月以后有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上均有紫胶黑虫为害,为害率达到100%。苏门答腊金合欢上,7月和8月有蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被紫胶黑虫为害率略小于无蚂蚁光顾的胶被,9月以后,两种处理的胶被上紫胶黑虫的为害率都到达100%。

表1 2种寄主植物有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫的为害率

树种	有无蚂蚁	样本量 (个)	为害率(%)		
			7月	8月	9月
钝叶黄檀	有	30	86.67	100	100
	无	30	100	100	100
苏门答腊金合欢	有	30	96.67	96.67	100
	无	30	100	100	100

2.2 紫胶黑虫种群数量及每月增长量

2.2.1 紫胶黑虫在有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上的种群数量 有无蚂蚁光顾云南紫胶虫对紫胶黑虫的种群数量存在极显著影响(|t|=2.764,df=356,P<0.01),即有蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫数量(9.37±0.58,n=180)明显少于无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫的数量(11.94±0.72,n=180)。

紫胶黑虫在有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上的种群数量从7月至9月一直处于增长状态(图1,2)。二因素方差分析结果显示,钝叶黄檀上,蚂蚁光顾云南紫胶虫能明显减少紫胶黑虫的数量(P<0.05),不同的月份之间,其胶被上紫胶黑虫的数量存在极显著差异(P<

0.001);苏门答腊金合欢上,蚂蚁光顾云南紫胶虫也能明显减少紫胶黑虫的数量($P < 0.01$),不同月份之间,其胶被上紫胶黑虫的数量也存在极显著差异($P < 0.01$)。

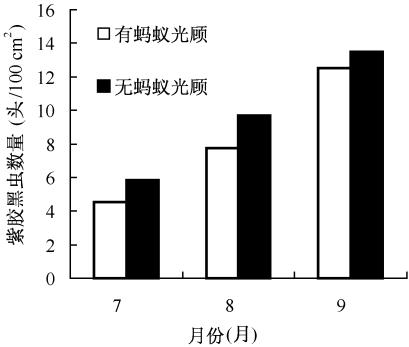


图1 钝叶黄檀有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫的种群数量(M±SE)

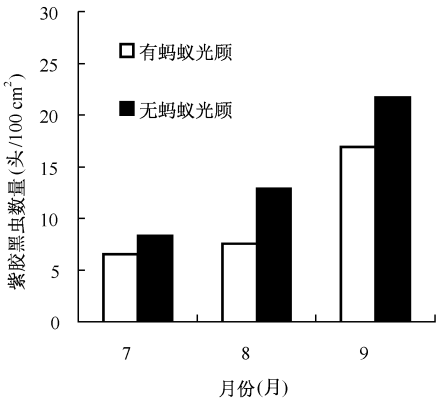


图2 苏门答腊金合欢有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫的种群数量(M±SE)

2.2.2 紫胶黑虫在有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上的每月增长量 有无蚂蚁光顾云南紫胶虫对紫胶黑虫每月增长量没有显著影响($|t| = 0.970, df = 161, P > 0.05$),即有蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫每月增长量($6.93 \pm 0.74, n = 83$)约等于无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被($7.99 \pm 0.82, n = 80$)。

紫胶黑虫在有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的钝叶黄檀和苏门答腊金合欢胶被上每月增长量二因素方差分析结果显示,钝叶黄檀胶被上,有无蚂蚁光顾云南紫胶虫对紫胶黑虫种群每月增长量没有显著影响($P > 0.05$),不同月份之间的

紫胶黑虫每月增长量没有显著差异($P > 0.05$);苏门答腊金合欢胶被上,有无蚂蚁光顾云南紫胶虫对紫胶黑虫种群每月增长量也没有显著影响($P > 0.05$),不同月份之间的紫胶黑虫每月增长量也没有显著差异($P > 0.05$)。

2.3 蚂蚁与紫胶黑虫相遇后的行为反应 蚂蚁与紫胶黑虫相遇后的行为反应存在显著差异($\chi^2 = 4.781, df = 1, P < 0.05$)。蚂蚁与紫胶黑虫相遇后,紫胶黑虫未能表现出进攻行为(得分百分比为0),更多的是躲避和逃遁(得分百分比分别为33.33%,29.12%);而蚂蚁则表现出明显的追击和进攻行为(得分百分比分别为25.00%,33.33%)。说明蚂蚁对紫胶黑虫有捕食作用,但部分紫胶黑虫幼虫能够逃脱(图3)。

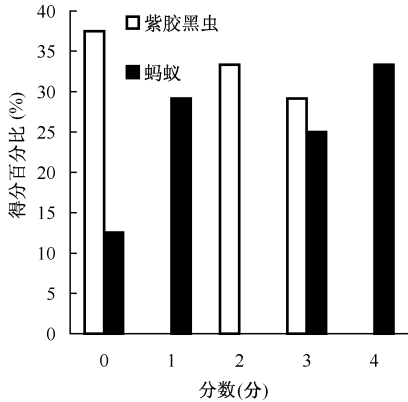


图3 蚂蚁与紫胶黑虫相遇行为反应分布
注:0分:相遇后无反应;1分:接触、理毛;
2分:躲避;3分:追击、抵御逃遁;4分:进攻。

3 讨论

蚂蚁与分泌蜜露的昆虫之间存在互利关系^[15,25]。蚂蚁取食蜜露的同时,可干扰被光顾昆虫天敌的产卵行为或破坏天敌的卵或取食卵、幼虫和成虫,减少被光顾昆虫的天敌数量,从而保护分泌蜜露的昆虫^[26~28]。本次试验结果显示蚂蚁取食云南紫胶虫分泌的蜜露,能降低云南紫胶虫的天敌紫胶黑虫的为害率,减少紫胶黑虫的种群数量,与前人研究结果一致^[26~28]。不同的是,7月以后对于紫胶黑虫的每月增长量没有显著影响。其原因可能是:在

云南紫胶虫成虫期(7月至9月),紫胶黑虫幼虫在云南紫胶虫的胶被内危害,很少能与蚂蚁相遇,这时,成虫的卵也大多产在胶被的凹陷处或雄虫胶壳内或雌虫肛突孔处,幼虫一旦孵化,迅速钻入胶被。因此,蚂蚁与黑虫相遇的几率很小。尽管在人为设置的紫胶黑虫与蚂蚁相遇的试验中,蚂蚁对紫胶黑虫有捕食行为,但紫胶黑虫大多可通过吐丝逃脱。另外,紫胶黑虫有世代重叠现象,在不同月份中均有卵产生。所以,在云南紫胶虫成虫期,蚂蚁光顾云南紫胶虫对紫胶黑虫种群的每月增长量没有显著影响。本次试验,白天未观察到紫胶黑虫的产卵行为及蚂蚁对其产卵行为的干扰和对卵的破坏及取食,但7月份有无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫种群数量存在显著差异($|t| = 2.220, df = 114, P < 0.05$),即有蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫数量($5.577 \pm 0.48, n = 60$)明显少于无蚂蚁光顾云南紫胶虫的胶被上紫胶黑虫数量($7.062 \pm 0.46, n = 60$),推断蚂蚁对云南紫胶虫的保护主要是在云南紫胶虫的幼虫期,其作用机制可能是紫胶黑虫暴露于枝条上,蚂蚁通过干扰紫胶黑虫的产卵行为或破坏、取食紫胶黑虫的卵或初孵幼虫,从而减少紫胶黑虫的种群的数量,保护云南紫胶虫。

蚂蚁与分泌蜜露的昆虫之间的互利关系是动态变化的^[3,29,30]。不同寄主植物生物学特性的差异,导致其上活动的蚂蚁种类和数量存在差异^[31],进而影响互利关系的强度^[32,33]。钝叶黄檀胶被上紫胶黑虫的数量($9.09 \pm 0.38, n = 180$)明显少于苏门答腊金合欢胶被上的紫胶黑虫的数量($12.29 \pm 0.84, n = 180$),这可能是与寄主植物本身的生物学特性及光顾的蚂蚁种类和数量有关。如钝叶黄檀中空的树枝中可为许多种类的蚂蚁提供栖息筑巢的场所。

虽然两种寄主植物胶被上紫胶黑虫的数量存在差异,却都支持蚂蚁光顾云南紫胶虫能明显减少紫胶黑虫种群数量的结论,即蚂蚁与云南紫胶虫之间存在互利关系。进一步研究这种互利关系,对生态控制紫胶虫的天敌,保护林地内的蚂蚁,以提高紫胶产量,有一定理论和现实

意义。

参 考 文 献

- 1 Molnár N., Kovács É., Gallé L. *et al.* Habitat selection of ant-tended aphids on willow tree. *Tiscia*, 2000, **32**:31 ~ 34.
- 2 Queiroz J. M., Oliveira P. S. Tending ants protect honeyew-producing whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.*, 2001, **30**(2):295 ~ 297.
- 3 Eastwood R. Successive replacement of tending ant species at aggregations of scale insects (Hemiptera: Margarodidae and Eriococcidae) on *Eucalyptus* in south-east Queensland. *Aust. J. Entomol.*, 2004, **43**:1 ~ 4.
- 4 Perfecto I., Vandermeer J. The effect of an ant-hemipteran mutualism on the coffee beery borer (*Hypothenemus hampei*) in southern Mexico. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2006, **117**:218 ~ 221.
- 5 Völkl W., Woodring J., Fischer M., *et al.* Ant aphid mutualisms: the impact of honeydew production and honeydew sugar composition on ant preferences. *Oecologia*, 1999, **118**(4):483 ~ 491.
- 6 Fischer M. K., Hoffmann K. H., Völkl W. Competition for mutualists in an ant-homopteran interaction mediated by hierarchies of ant attendance. *Oikos*, 2001, **92**(3):531 ~ 541.
- 7 Kaneko S. Aphid-attending ants increase the number of emerging adults of the aphid's primary parasitoid and hyperparasitoids by repelling intraguild predators. *Entomol. Sci.*, 2002, **5**(2):131 ~ 146.
- 8 Del-Claro, K., Oliveira P. S. Honeydew flicking by treehoppers provides cues to potential tending ants. *Anim. Behav.*, 1996, **51**:1 071 ~ 1 075.
- 9 Del-Claro K., Byk J., Yague G. M., *et al.* Conservative benefits in an ant-hemipteran association in the Brazilian tropical savanna. *Sociobiology*, 2006, **47**:1 ~ 7.
- 10 Rauch G., Simon J. C., Chaubet B., *et al.* The influence of ant-attendance on aphid behaviour investigated with the electrical penetration graph technique. *Entomol. Exp. Appl.*, 2002, **102**(1):13 ~ 20.
- 11 Renault C. K., Buffa L. M., Delfino M. A. An aphid-ant interaction: effects on different trophic levels. *Ecol. Res.*, 2005, **20**:71 ~ 74.
- 12 Schatz B., Proffitt M., Rakhi B. V., *et al.* Complex interactions on fig trees: ants capturing parasitic wasps as possible indirect mutualism of the fig-fig wasp interaction. *Oikos*, 2006, **113**:344 ~ 352.
- 13 Bishop D. B., Bristow C. M. Effect of Allegheny mound ant (Hymenoptera: Formicidae) presence on homopteran and predator populations in Michigan jack pine forests. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2001, **94**(43):33 ~ 40.

- 14 Flatt T. , Weisser W. W. The effects of mutualistic ants on aphid life history traits. *Ecology*, 2000, **81** (12) : 3 522 ~ 3 529.
- 15 Way M. J. Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. *Annu. Rev. Entomol.* ,1963, **8**:307 ~ 344.
- 16 Buckley R. C. Ant-plant-homopteran interactions. *Adv. Ecol. Res.* ,1987,**16**:53 ~ 85.
- 17 Del-Claro K. , Oliveira P. S. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association; temporal and species-specific effects. *Oecologia* , 2000,**124**:156 ~ 165.
- 18 Oliveira P. S. , Del-Claro K. Multitrophic interactions in a neotropical savanna: Ant- hemipteran systems, associated insect herbivores, and a host plant. *Biol. Inter. Trop.* , 2005,414 ~ 438.
- 19 陈晓鸣,陈又清,张弘,等. 紫胶虫培育与紫胶加工. 北京: 中国林业出版社,2008. 1 ~ 3.
- 20 Rahman M. M. , Ahmed K. N. , Karim S. K. N. , *et al.* Bionomics of *Eublemma amabilis* Moore (Lepidoptera: Noctuidae) , a major predator of lac insect and its control measure. *Ban. J. Sci. Ind.* , 2009,**44**(1) :57 ~ 64.
- 21 Pemberton R. W. Potential for biological control of the lobate lac scale, *Paratachardina labata labata* (Hemiptera: Kerriidae). *Fla. Entomol.* ,2003,**86**(3) :353 ~ 360.
- 22 Bhattacharya A. , Kumar S. , Jaiswal A. K. Evaluation of trichogramma species for the suppression of lepidopteran insect predator, *Eublemma amabilis* Moore, in lac culture on *Flemingia macrophylla*. *J. Biol. Control*,2007,**21** (2) :267 ~ 270.
- 23 陈又清,王绍云. 蚂蚁和紫胶蚧互利关系中的行为机制. 生态学杂志,2006,**25**(6) :663 ~ 666.
- 24 Abbott K. L. , Greaves S. N. J. , Ritchie P. A. , *et al.* Behaviourally and genetically distinct populations of an invasive ant provide insight into invasion history and impacts on a tropical ant community. *Biol. Invasions* , 2007,**9**:453 ~ 463.
- 25 Addicott J. F. A multispecies aphid-ant association: density dependence and species-specific effects. *Can. J. Zool.* , 1979,**56**:2 093 ~ 2 096.
- 26 Das G. M. Observations on the association of ants with Coccids of tea. *Bull. Entomol. Res.* ,1959, **50**:437 ~ 448.
- 27 Oliver T. H. , Jones I. , Cook J. M. , *et al.* Avoidance responses of an aphidophagous ladybird, *Adalia bipunctata* , to aphid-tending ants. *Ecol. Entomol.* ,2008,**33**(4) :523 ~ 528.
- 28 Herbert J. J. , Horn D. J. Effect of ant attendance by *Monomorium minimum*(Buckley) (Hymenoptera: Formicidae) on predation and parasitism of the soybean aphid *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* ,2008,**37**(5) :1 258 ~ 1 263.
- 29 Cushman J. H. , Addicott J. F. Intra- and interspecific competition for mutualists; ants as a limited and limiting resource for aphids. *Oecologia* ,1989,**79**:315 ~ 321.
- 30 Fischer M. K. , Shingleton A. W. Host plant and ants influence the honeydew sugar composition of aphids. *Funct. Ecol.* ,2001,**15**:544 ~ 550.
- 31 Jackson D. A. Ant distribution patterns in a cameroonian cocoa plantation; investigation of the ant mosaic hypothesis. *Oecologia* ,1984,**62**(3) :318 ~ 324.
- 32 Cushman J. H. , Whitham T. G. Competition mediating the outcome of a mutualism; protective services of ants as a limiting resource for menbracids. *Am. Nat.* , 1991,**138**:851 ~ 865.
- 33 Kaneko S. Different impacts of two species of aphid-attending ants with different aggressi- veness on the number of emerging adults of the aphid's primary parasitoid and hyperparasitoids. *Ecol. Res.* , 2003,**18**:199 ~ 212.