

茶园黑刺粉虱自然种群生命表

韩宝瑜, 崔 林

(中国农业科学院茶叶研究所 农业部茶叶化学工程重点开放实验室, 杭州 310008)

摘要:1989 年黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* 在我国茶区大发生。在皖南茶区选常年虫情较重的茶园, 每 5 天 1 次系统地调查了全年各个世代各虫态的种群波动及其与气候因子的关系, 及茶园生境、品种间虫口密度的差异, 连续研究了 3 个世代的自然种群生命表, 分析了粉虱种群暴发至衰退过程中各种致死因子的作用。2002 年轻年发生, 又调查了种群数量与天气的关系。经轻、重发生年份的比较分析认为, 该粉虱趋荫湿郁闭的茶丛中下层, 1988 年越冬代蛹的累积基数较大, 越冬期间天气稍温暖干燥, 死亡率较低。1989 年春温暖湿润宜于化蛹、羽化和第 1 代卵的孵化而暴发。至第 1 代蛹期, 寄生蜂的控制作用显著增强, 羽化的成蜂紧接着寄生第 2 代粉虱的 1、2 龄幼虫。自第 2 代 3 龄幼虫起, 长时期阴雨、高湿, 几种虫生真菌在粉虱种群中酿成流行病。第 1~3 代粉虱种群趋势指数分别为 0.47、0.09 和 0.02, 种群数量逐代锐减, 于 8 月下旬崩溃。经关键因子分析认为, 10 余种寄生蜂的寄生和 4 种虫生真菌的侵染为重要制约因子。斯氏寡节蚜小蜂 *Prospaltella smithi*、刺粉虱黑蜂 *Amitus hesperidum*、蛭侧链孢 *Pleurodesmospora coccora*、枝孢霉 *Cladosporium* sp.、顶孢霉 *Acremonium* sp. 和韦伯虫座孢 *Aegerita webberi* 是优势种天敌。

关键词:黑刺粉虱; 大发生; 种群动态; 生命表; 天敌

Natural population life table of citrus spiny whitefly (*Aleurocanthus spiniferus*) in tea garden

HAN Bao-Yu, CUI Lin (Key Laboratory of Tea Chemical Engineering, Ministry of Agriculture; Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1781~1790.

Abstract: Citrus spiny whitefly, *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance), usually damages tea, citrus, palm and other horticultural and ornamental plants. It has been found in Hawaii, Guam, Mauritius and East Africa, etc. It is also found in tea and citrus gardens in Japan and Indian. Being of apparent Asian origin, it is occasional a serious pest in Asia. Its larvae locate on the leaf back and suck the sap. Moreover, the larvae and adults excrete honeydew which induces the sooty moulds and retards the photosynthesis of plant. The pest outbreaks throughout the tea regions in Hainan Province, the Southern China, the middle

基金项目:中国农业科学院首批杰出人才科研基金资助项目([2002]382 号); 国家科技攻关资助项目(2001BA502B02)

收稿日期:2002-11-19; **修订日期:**2003-07-10

作者简介:韩宝瑜(1963~), 男, 安徽省寿县人, 博士, 研究员, 主要从事昆虫数学生态学、昆虫化学生态学和茶学的研究。
E-mail: han-insect@263.net

承安徽省宣郎广茶叶公司茶科所提供气象资料, 谨致衷心的感谢。

Foundation item: The subject from the science and research foundation for outstanding talents of Chinese Academy of Agricultural Sciences (2002-382 of Plan and Finance of CAAS); the national item of tackling key problem of the science and technology (2001BA502B02)

Received date:2002-11-19; **Accepted date:**2003-07-10

Biography: HAN Bao-Yu, Ph. D., Professor, Main research field: mathematical ecology of insects, chemical ecology of insects and tea sciences. E-mail: han-insect@263.net

and lower reaches of Changjiang River in the early 1960's, the early 1970's, the early 1980's, and from the end of 1980's to the beginning of 1990's, respectively. The mechanism of its outbreaking has not been understood clearly yet. In 1989, the pest was outbreaken all over the tea growing areas in China. We selected a plot of tea garden in the Southern Anhui Province, which is usually infested by the whitefly, to investigate the pest population fluctuation, the relationship between the changes in population and weather factors, and the population density difference amongst the different habitats of tea garden and the tea varieties. Three generations of natural population life tables were monitored, and the effect of the various death factors on the population outbreak and breakdown had also been analyzed. In 2002, the pest occurred in light degree, and the same investigations were carried out. The results showed that the whitefly prefers shady and humid habitats, and more than 80 % of population distributes within the middle and lower parts of tea bush. During the winter of 1988, the weather was warm and relatively dry, and the death rate was low. However, the accumulative basic number of population was higher. In spring of 1999, the weather was warm and moist which was favorable to pupation, eclosion and hatch. So the first generation was outbreaken severely. The suppressing effect of the parasitic wasps on the pest population did not exhibit obviously until the pupal stage of the whitefly. Then, a lot of these adult wasps deposited their eggs into the larvae of the first and second instars from the second generation. Several species of entomogenous fungi resulted in the epizootic in the third instar larvae of this generation. The population trend index of the first, second and third generation was estimated at 0.47, 0.09 and 0.02, respectively. *A. spiniferus* population decreased sharply from generation to generation, and finally collapsed in the late August. Over 10 species of parasitic wasps and 4 species of entomogenous fungi were jointly responsible for dynamics of the pest population. The dominant natural enemies were *Prospaltella smithi*, *Amitus hesperidum*, *Pleurodesmospora coccora*, *Cladosporium* sp., *Acremonium* sp. and *Aegerita webberi*.

Key words: *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance); outbreak; population dynamics; life table; natural enemy

文章编号:1000-0933(2003)09-1781-10 中图分类号:Q958,Q968 文献标识码:A

黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance) 是茶、柑桔和棕榈等园艺作物和观赏植物的重要害虫,在美国的夏威夷和佛罗里达、关岛、墨西哥、毛里求斯和东非等国家和地区已有报道,其源于亚洲,时而在亚洲严重危害^[1]。在日本和印度等国的茶园和桔园中危害程度不等^[2~4]。该粉虱以幼虫定居于茶树叶背刺吸汁液,成、幼虫均排泄蜜露,孳生烟霉菌而引发茶霉病。20 世纪 60 年代初、70 年代初、80 年代初、80 年代末至 20 世纪 90 年代初曾在我国长江中下游、华南和海南等茶区间歇性暴发,迄今未明确其种群猖獗成灾及崩溃的机理。其在浙、苏、皖、湘、鄂、豫、闽等地一年 4 代,广东省的一些地区一年 5 代^[5]。有关其生物学学习性、药剂防治和寄生蜂的空间格局已有报道^[6~9]。据以往的经验,约 10 多年大发生一次,一旦暴发则损失严重。比如,1989 年其在全国茶区大发生,茶丛中下层每片叶的背面虫口数十至数百头,引发茶霉病大流行,大片茶园一片漆黑。当年第 1 代种群数量骤增,第 2 代虫口下降,而第 3 代后期虫口锐减,作者在皖南麻姑山茶场,从早春至初秋定园定时系统地观测了该粉虱的种群动态及其与天气因子的相关性,调查了数种茶园生境中和茶树品种上的虫口差异,并以生命表法逐代研究自然种群的虫口波动,期望抓住这一难得的时机,揭示大发生期间种群兴衰过程中各种因子的致死效应。2002 年为轻发生年,作者在该茶场选另一块生产茶园调查了粉虱虫情,与 1989 年进行比较。为在该粉虱再度大发生之前,更好地了解其生态学特征、危害习性,评价天敌的自然控制潜能,在其暴发前后采用适宜的控制措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 黑刺粉虱种群动态和气象因子相关性的研究

1.1.1 大发生年份种群动态的调查 1989 年在皖南宣郎广茶区麻姑山茶场选黑刺粉虱常发的生产茶园,

面积约 1000 m²,品种为有性系福鼎大白茶,四周与其它茶园相连,树木很少。每 5 天 1 次平行跳跃法随机查 50 个样方。每样方为 1 m 茶行,随机调查其上、中、下层各 2 片成叶上卵和 1~3 龄幼虫及蛹的数量。再棋盘式取 10 个样方,每样方也为 1 m 茶行,将茶丛一分为二,用力拍打枝叶以塑料薄膜承接,计数成虫。分析供试茶园各虫态种群动态,比较茶丛上、中、下层虫口差异。就近取用宣郎广茶叶公司茶科学研究所 1982~1989 年的气象数据,分析大发生成因。

1.1.2 轻发生年份种群动态的调查 2002 年选该场另一块面积和品种相同的茶园,用同样的方法调查幼虫和蛹的数量,分析天气对粉虱种群的影响。

1.2 数种茶园生境中和茶树品种上黑刺粉虱虫口密度差异的调查

1989 年 6 月份大发生,于宣郎广茶区十字铺茶场选茶园,栽培管理一致的同一山丘上对称的阴坡茶园和阳坡茶园(坡度为 10°);茶行邻接的 3 年生幼龄茶园和 20 年生壮龄茶园。每类茶园各取 50 个样方,查每样方上、中、下层各 2 片成叶上的虫口。在皖南农学院自然生茶树品种园选 6 个茶树品种,每品种查 10 株茶树上、中、下层各 2 片成叶上的虫口,调查 3 次。分别对阴坡和阳坡茶园、幼龄和壮龄茶园、6 个茶树品种之间的虫口差异作统计分析。

1.3 黑刺粉虱自然种群生命表的组建和分析

该粉虱在皖南 1 年 4 代,第 4 代为越冬代。参照文献所述生命表的研究方法^[10~12],连续研究了第 1~3 代。每世代都分为 5 个阶段:卵期、1 和 2 龄幼虫期、3 龄幼虫期、蛹期、以及成虫期。在麻姑山茶叶蚕茧场另一块面积约 1000 m² 的生产茶园中,设 3 个试验点,每点均在茶丛上、中、下层若干健壮叶片上标定一定数量发育进度一致的卵,分做以下 3 种处理:① 第 1 试验点为自然状况;② 将第 2 试验点罩 20 目纱网隔去捕食性天敌昆虫;③ 将第 3 试验点罩 60 目纱网隔去捕食性和寄生性天敌昆虫。定时观测每个虫期的存活数,比较①、②和③的结果推算出捕食率、蜂寄生率、菌侵染率等。即:①和②相比较推算出捕食率;②和③相比较推算出寄生率;黑刺粉虱被虫生真菌侵染致死,虫体仍附于叶背但生出菌丝体,由①、②和③的观测结果推算出虫生真菌平均侵染率。正常或者被蜂类寄生致死的粉虱体色漆黑并具有光泽,但常常会有部分粉虱死亡后虫体仍附于叶背、体色暗淡,本研究称之为未明原因死亡。由于①为自然状况,有时采茶会采走少量虫口,则记为农事损失。

从田间收集大量刚羽化的成虫,计算雌、雄性比;分别把每代刚羽化的成虫接于 60 目纱网罩住的茶苗上让其产卵,测定每雌平均产卵量。

2 结果与分析

2.1 黑刺粉虱大发生期间的自然种群动态及与气象因子相关性

黑刺粉虱世代重叠,在茶园中同时有多种虫态。其以 3 龄幼虫越冬,翌年 3 月进入蛹期,4 月中旬羽化。1988 年 10~12 月该粉虱越冬代期间,月均温略高于历年月均温,降雨量低于历年,相对湿度低于历年(表 1),天气稍显温暖干燥,利于粉虱幼虫的存活,越冬虫口的存活率较高。1989 年 1~3 月,越冬幼虫逐渐解出冬眠而进入蛹期,这一阶段的月均温略高于历年,降雨量高于历年,相对湿度高于历年,天气较温暖湿润,越冬代蛹的化蛹率、羽化率较高,第 1 代卵的孵化率也高。由于 1988 年越冬代蛹的基数大,1989 年羽化出的成虫多,产下了大量的卵。1 龄幼虫盛孵后,该害虫暴发。成、幼虫排泄的蜜露落于下面的叶片正面,孳生烟煤菌 *Neocapnadium theae* Hara,又造成茶煤病的大流行,大片茶园漆黑,灾害惨重。田间调查发现,第 1 代蛹期,大量的成蜂羽化,钻出粉虱虫体,紧接着寄生第 2 代粉虱的 1、2 龄幼虫,衔接紧密。7~9 月份,雨量极显著地大于历年,连续阴湿多雨,茶园生境的湿度大。春季就发现几种虫生真菌在粉虱中侵染,至此时已累积了一定的菌量,在高湿的促进下,终于在高密度的粉虱中造成了大面积的流行病。在多种寄生蜂和虫生真菌制约下,第 2 代、第 3 代粉虱的种群数量逐代递减,8 月下旬种群崩溃(图 1)。

2002 年为轻发生年份(图 1),也是以第 1 代发生整齐,第 2 代、第 3 代世代重叠,第 4 代为越冬代,历期较长。虫口逐代减少,种群数量动态与 1989 年有所相似,但虫口密度很低。天气因子与历年比起来,无明显反常现象,为轻发生年份(表 1),不是极有利于粉虱的大发生。

表 1 气象资料
Table 1 Meteorological data

年-月 Year-month	月均气温 Average temperature(℃)		月均湿度 Average humidity(%)		月降水量 Monthly precipitation(mm)		年-月 Year-month	月均气温 Average temperature(℃)	月均湿度 Average humidity(%)	月降水量 Monthly precipitation(mm)
	大发生 Outbreak	历年 Past	大发生 Outbreak	历年 Past	大发生 Outbreak	历年 Past				
	year	years	year	years	year	years				
1988-10	17.9	17.9	78	82	25.2	116.7	2002-01	4.2	77	44
11	11.2	11.6	63	81	0.7	61.1	02	6.7	78	47.7
12	6.1	4.3	73	81	7.6	31.9	03	11.1	79	116
1989-01	4.41	2.95	88	84	73.8	38	04	15.6	81	212
02	4.59	4.52	84	83	104.5	59.5	05	20.3	71	62
03	9.58	8.21	78	79	101.5	107.9	06	24.7	76	166
04	15.7	15.6	82	76	163.4	113.9	07	28.4	78	152
05	20	21.7	80	76	136	132.4	08	29.2	72	40
06	24.68	24.4	80	81	133.9	289.5	09	20.8	76	211
07	26.8	28.3	86	81	325.6	195.1	10	17.8	73	28
08	26.7	27.9	85	81	247	111.1	11	11.6	71	55
09	22.7	22.9	88	83	220	122.2	12	4.2	80	69

2.2 不同生境中和品种上黑刺粉虱口密度的差异

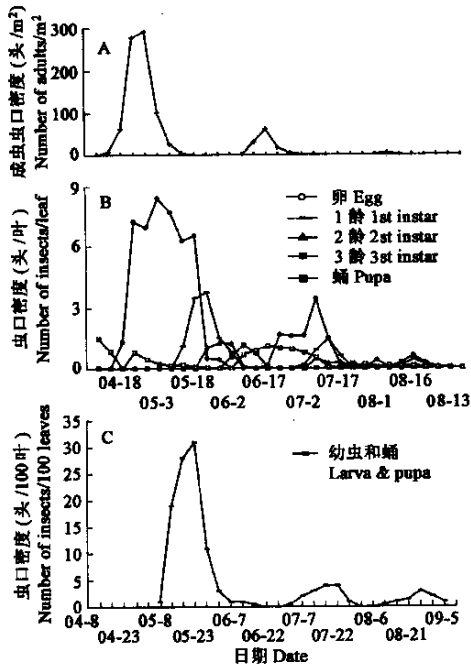


图 1 皖南 1989 年黑刺粉虱大发生期间成虫(A)和其它虫态(B)以及 2002 年轻发生年份幼虫和蛹(C)的种群动态

Fig. 1 Population dynamics of adult (A) and other stages (B) of *Aleurocanthus spiniferus* during its outbreak in 1989 and population fluctuation(C)in 2002 in tea gardens in the outhern Anhui Province

2.2.1 茶丛上、中、下层密度差异 1989 年 4 月 8 日至 9 月 7 日共查得上述定点调查茶园茶丛上、中、下层各虫态总虫量分别为 3004、7834 和 16956 头,依次占总虫口的 10.81 %、28.18 % 和 61.01 %。下层和中层荫湿郁闭、虫口密度大,层间虫口差异极显著($p<0.01$) (图 2)。

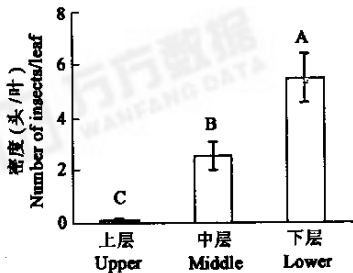


图 2 皖南茶区 1989 年茶丛各层黑刺粉虱口密度
Fig. 2 Densities of *Aleurocanthus spiniferus* in different parts of the same tea clump in the southern Anhui Province in 1989

图中图形显示平均值±标准差数据;柱端有不同大、小写字母,分别为在 0.01 和 0.05 水平上差异显著(邓肯氏新复极差检验),下同。The data in the figure show mean±SD. Different capital and small letters at the top of the cumluns indicate significant difference at $p<0.01$ and $p<0.05$ respectively by Duncan's multiple range test. The same for the following figures

2.2.2 不同茶园生境中密度差异 由于该粉虱偏嗜低洼、荫湿郁闭的小生境,以致阴坡茶园的虫口密度显著大于阳坡茶园 ($p<0.05$)、壮龄茶园虫口密度显著大于幼龄茶园 ($p<0.05$) (图 3)。

2.2.3 不同茶树品种上密度差异 茶树品种间虫口密度差异显著 ($p<0.05$),以毛蟹和上梅洲品种上虫口密度较大(图 4)。

2.3 黑刺粉虱自然种群生命表的分析

第 1 代卵的孵化率较高,从卵期进入幼虫期的幼虫虫口数量较大。3 龄幼虫有少量被真菌侵染。至第 1 代蛹期,从蛹内羽化出大量寄生蜂,粉虱的存活率下降,第 1 代种群趋势指数 <1 (表 2)。羽化的寄生蜂恰逢第 2 代粉虱 1、2 龄幼虫盛期,寄生率很高。此时茶园中虫生真菌菌量逐渐累积而增大,侵染粉虱幼虫和蛹。由于阴雨连绵,茶园生境持续高湿,促进了虫生真菌侵染。自 3 龄幼虫起,蚧链链孢霉 *Pleurodesmospora coccora* Samson, Gams et Evens^[13]、枝孢霉 *Cladosporium* sp. 和顶孢霉 *Acremonium* sp. 造成的真菌病逐渐流行。第 2 代种群趋势指数只有 0.09,种群数量锐减(表 3)。从第 3 代起,斯氏寡节蚜小蜂 *Prospaltella smithi* Silvestri、刺粉虱黑蜂 *Amitus hesperidum* Silvestri、长角广腹细蜂 *Amitus longicornis* F ster、蚜小蜂 *Encarsia* sp.、黄盾粉虱蚜小蜂 *Trichaporus formosus* (Gah)、单带巨角跳小蜂 *Comperiella unifasciata* Ishii、长腹扑虱蚜小蜂 *Prospaltella ishii* Silverstri 等 10 余种寄生蜂成群地在粉虱各龄幼虫和蛹之间搜索、敲打和产卵。韦伯虫座孢 *Aegerita webber* Fawcett 对幼虫和蛹的侵染率也显著加大,逐步在粉虱种群中流行。第 3 代粉虱种群趋势指数仅为 0.02,种群崩溃(表 4)。8 月下旬之后茶园中存活的粉虱极少。

由上述分析可见,每一代黑刺粉虱的死亡主要发生在生活史前、中期,存活曲线总体上呈凹线型,为第四种类型^[10]。该粉虱主要定居于茶丛中下层,采茶可以带走产于茶梢上的少量虫口,其它农事措施对其影响甚小。捕食性天敌昆虫只发现刀角瓢虫 *Serangium japonicum* Chapin 和食蚜瘿蚊 *Acaroletes* sp.。二者主要捕食幼虫,对该粉虱的控制作用很小。在第一代蛹期(表 2)、第二代 3 龄期和蛹期(表 3)、以及第三代 3 龄期和蛹期(表 4),大量虫口被菌类侵染和蜂类寄生,死亡率高,为关键虫态,寄生蜂和虫生真菌为关键制约因子^[14,15]。

3 讨论

茶树嫩梢是制作茶叶的原料,因其幼嫩富于营养而易于遭受多种病虫害,生产上通常采用茶丛蓬面快速喷药法以保护芽梢免受病虫害。天敌多匿于茶丛中,一般不向茶丛内喷药以减免杀伤。本文对多种生境中粉虱虫口密度研究表明,其偏嗜阴湿的生境,80% 以上的个体分布于茶丛中、下层成叶背面,习性荫蔽。其幼虫和蛹体表的蜡层又较厚,茶丛蓬面快速喷药对其杀伤甚微;且世代重叠,难以根治。这些因素

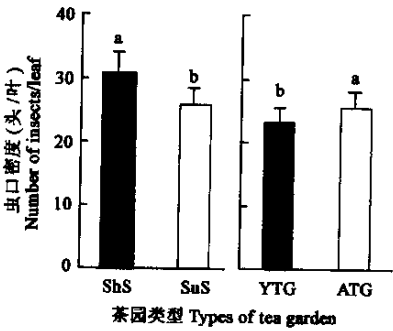


图 3 皖南茶区 1989 年几类茶园生境内的粉虱密度
Fig. 3 Densities of *Aleurocanthus spiniferus* in the tea gardens under different conditions in the Southern Anhui Province in 1989
ShS 阴坡 Shady slope; SuS 阳坡 Sunny slope; YTG 幼龄茶园 Young tea garden; ATG 壮龄茶园 Adult tea garden

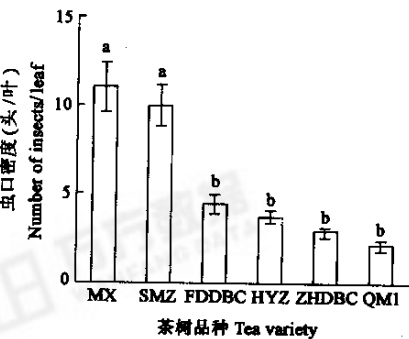


图 4 皖南茶区 1989 年不同茶树品种上粉虱密度
Fig. 4 Densities of *Aleurocanthus spiniferus* on the different varieties of tea in the Southern Anhui Province in 1989
MX 毛蟹 Maoxie; SMZ 上梅洲 Shangmeizhou; FDDBC 福鼎大白茶 Fundingdabaicha; HYZ 黄叶早 Huangye-zao; ZHDBC 政和大白茶 Zhenghedabaicha; QM1 祁门 1 号 Qimen No. 1

利于粉虱虫口的逐步累积。1989 年粉虱大发生,2002 年则轻发生,两年的种群波动趋势相似、第 1 代各虫态的发育进度都比较一致。然而,1988 年累积的越冬代虫口基数已很大,田间调查表明,茶丛上越冬死亡的虫口小。当地气象数据表明,1988 年 10~12 月天气比历年稍温暖干燥,是利于越冬幼虫存活的。1989 年的早春,天气又比历年稍温暖湿润^[7],有利于越冬幼虫的化蛹、羽化以及第 1 代卵的孵化^[6,7]。越冬代成虫产下的大量卵以高孵化率孵化后,茶园虫口骤增。2002 年越冬代虫口基数小,天气因子也无反常现象,虫情较轻。所以,越冬期间至早春的天气状况对翌年第 1 代虫口密度有较显著的影响;越冬虫口基数较大时如逢适宜的天气条件,则易于大发生。由于第 1 代的发育进度较一致,常年如果发现虫口较高,在越冬代羽化盛期和第 1 代 1、2 龄孵化盛期予以防治,可能较适宜。

寄生蜂在粉虱体内生长发育,至粉虱的蛹期成熟,从蛹背钻出。羽化出的寄生蜂恰好寄生下代 1、2 龄幼虫,衔接紧密。1989 年 6 月起,10 余种寄生蜂在各龄粉虱幼虫和蛹群之间用触角敲击、用产卵器刺探寻觅寄主。许多寄生蜂甚至重复向一些粉虱幼虫和蛹体内产卵,致使同一头蛹内可羽化出 2 头或 3 头蜂,这

表 2 第 1 代黑刺粉虱自然种群生命表

Table 2 Life table of <i>Aleurocanthus spiniferus</i> natural population during the first generation					
虫态 Stage <i>x</i>	开始虫数(<i>n</i>) Initial number <i>lx</i>	死亡原因 <i>dxF</i>	死亡数 (<i>n</i>) <i>dx</i>	死亡率 (%) 100 <i>qx</i>	存活率 (%) <i>Sx</i>
卵 Egg	1000	未孵化 Hatching failure	135	13.50	
		农事等原因 Farm work, etc.	300	30.00	
		小计 Subtotal	435	43.50	56.50
1~2 龄幼虫 1st &. 2nd larval instars	565	未明原因 Unknown causes	67	11.86	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>Serangium japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	35	6.19	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>Prospaltella smithi</i> and <i>Amitus hesperidum</i> , etc.	22	3.89	
		农事等原因 Farm work, etc.	65	11.50	
		小计 Subtotal	189	33.45	66.55
3 龄幼虫 3rd larval instar	376	未明原因 Unknown causes	31	8.24	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>S. japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp	9	2.39	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 parasited by <i>P. smithi</i> and <i>A. hesperidum</i> , etc.	10	2.66	
		蛭侧链孢和枝孢霉等感染 Infected by <i>Pleurodesmospora coccora</i> and <i>Cladosporium</i> sp., etc.	1	0.27	
		农事等原因 Farm work, etc.	9	2.39	
		小计 Subtotal	60	15.96	84.04
蛹 Pupa	316	未明原因 Unknown causes	65	20.57	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 predated by <i>S. japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	15	4.75	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>P. smithi</i> and <i>A. hesperidum</i> , etc.	122	38.61	
		虫生真菌感染 Infected by entomogenous fungi	18	5.70	
		农事等原因 Farm work, etc.	40	12.66	
		小计 Subtotal	260	82.28	17.72
		性比 Sex ratio (1:1)			
成虫 Adult	56	每雌平均产卵 16.64 粒 Eggs laid by per female averaged 16.64			
		下代卵量 Egg number of next generation: $N_2 = 56 \times 1/2 \times 16.64 = 466$			

表 3 第 2 代黑刺粉虱自然种群生命表

Table 3 Life table of *A. spiniferus* natural population during the second generation

虫态 Stage	开始虫数 (<i>n</i>) <i>I</i> _x	死亡原因 <i>d</i> _x <i>F</i>	死亡数 (<i>n</i>) <i>d</i> _x	死亡率 (%) 100 <i>q</i> _x	存活率 (%) <i>S</i> _x
卵 Egg	1000	未孵化 Hatching failure	389	38.90	
		农事等原因 Farm work, etc.	214	21.40	
		小计 Subtotal	603	60.30	39.70
1~2 龄幼虫 1st & 2nd larval instars	397	未明原因 Unknown causes	68	17.13	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>Serangium japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	28	7.05	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>Prospaltella smithi</i> and <i>Amitus hesperidum</i> , etc.	21	5.29	
		农事等原因 Farm work, etc.	83	20.91	
		小计 Subtotal	200	50.37	49.63
3 龄幼虫 3rd larval instar	197	未明原因 Unknown causes	27	13.71	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>S. japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	11	5.58	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>P. smithi</i> and <i>A. hesperidum</i> , etc.	42	21.32	
		蚧侧链孢和枝孢霉等侵染 Infected by <i>Pleurodesmospora coccora</i> and <i>Cladosporium</i> sp., etc.	38	19.29	
		农事等原因 Farm work, etc.	20	10.15	
		小计 Subtotal	138	70.05	29.95
蛹 Pupa	59	未明原因 Unknown causes	3	5.08	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>S. japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	3	5.08	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>P. smithi</i> and <i>A. hesperidum</i> , etc.	17	28.81	
		虫生真菌侵染 Infected by entomogenous fungi	20	33.89	
		农事等原因 Farm work, etc.	5	8.47	
		小计 Subtotal	48	81.36	18.64
成虫 Adult	11	性比 Sex ratio 1:1			
		每雌平均产卵 17 粒 Eggs laid by per female averaged 17			
		下代产卵量 Egg number of next generation: $N_2=11\times1/2\times17=94$			
		种群趋势指数 Index of population trend: $I=94/1000=0.09$			

种多寄生率占总寄生率的 0.5%~4.0%。该粉虱第 2、3 代的 1、2 龄幼虫死亡率高,其中的一些可能就是过寄生致死的。再据宣郎广茶叶公司茶业科学研究所的气象资料,1989 年 7~9 月雨量超出常年同期的 85%;这 3 个月的平均雨日是 15d,月平均相对湿度≥85%,也显著超过常年^[17]。黑刺粉虱虽然偏嗜荫湿的小生境,但过度的高湿、多雨也会限制其种群的发展。高湿反而促使了虫生真菌病在寄主昆虫种群中的大流行^[17~20]。蚧侧链孢霉、枝孢霉、顶孢霉和韦伯虫座孢在该粉虱中流行盛期的侵染率为 1%~20%,局部高达 50%以上。对 1~3 代生命表的关键因子分析也表明,蜂类的大量寄生和真菌病的大规模流行是促使该害虫种群崩溃的重要因素。

印度的田间数据,Cladosporium sp. 对黑刺粉虱也有明显的控制作用^[4]。茶园环境荫湿郁闭,远比一般的农田稳定,茶园中寄生蜂和虫生真菌对该粉虱具有较强的控制潜能。通草粉虱 Dialeurodes citri

Ashmead、长白蚧 *Lopholeucaspis japonica* Cockerell、椰圆蚧 *Temnaspidotus destructor* Signore、蛇眼蚧 *Pseudaonidia duplex* Cockerell、红蜡蚧 *Ceroplastes rubens* Maskell 和龟蜡蚧 *Ceroplastes japonicus* Kuwana 等小型害虫具有程度不等的避光趋湿习性,在茶丛中、下层较多,它们也是韦伯虫座孢等虫生真菌的寄主或转主寄主^[16]。茶丛荫湿,利于虫生真菌在这些害虫中的侵染和宿存。如将虫生真菌子座连同茶树枝叶引种定殖于这类茶园中^[20],让其转换寄生,当寄主虫口升高时,侵染率也会加大,则将利于长期控制黑刺粉虱。

表 4 第 3 代黑刺粉虱自然种群生命表					
Table 4 Life table of <i>A. spiniferus</i> natural population during the third generation					
虫态 Stage	开始虫数(<i>n</i>) Initial number <i>lx</i>	死亡原因 <i>dxF</i>	死亡数 (<i>n</i>) <i>dx</i>	死亡率 (%) 100 <i>qx</i>	存活率 (%) <i>Sx</i>
卵 Egg	1000	未孵化 Hatching failure	680	68.00	
		农事等原因 Farm work, etc.	124	12.40	
		小计 Subtotal	804	80.40	19.60
1~2 龄幼虫	196	未明原因 Unknown causes	77	39.28	
1st &. 2nd larval instars		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>Serangium japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	20	10.20	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>Prospaltella smithi</i> and <i>Amitus hesperidum</i> , etc.	33	16.84	
		农事等原因 Farm work, etc.	41	20.92	
		小计 Subtotal	171	87.24	12.76
3 龄幼虫	25	未明原因 Unknown causes	6	24.00	
3rd larval instar		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>S. japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	2	8.00	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>P. smithi</i> and <i>A. hesperidum</i> , etc.	2	8.00	
		蚧侧链孢和枝孢霉等侵染 Infected by <i>Pleurodesmospora coccora</i> and <i>Cladosporium</i> sp., etc.	1	4.00	
		农事等原因 Farm work, etc.	1	4.00	
		小计 Subtotal	12	48.00	52.00
		未明原因 Unknown causes	3	23.01	
		刀角瓢虫和食螨瘿蚊捕食 Predated by <i>S. japonicum</i> and <i>Acaroletes</i> sp.	2	15.38	
		斯氏寡节蚜小蜂和刺粉虱黑蜂等寄生 Parasited by <i>P. smithi</i> and <i>A. hesperidum</i> , etc.	2	15.38	
蛹 Pupa	13	虫生真菌侵染 Infected by entomogenous fungi	2	15.38	
		农事等原因 Farm work, etc.	2	15.38	
		小计 Subtotal	11	84.62	15.38
		性比 Sex ratio 1:1			
		每雌平均产卵 17 粒 Eggs laid by perfemale averaged 17			
成虫 Adult	2	后代卵量 Egg number of next generation; $N_2=2\times1/2\times17=17$			
		种群趋势指数 Index of population trend; $I=17/1000=0.02$			

这类小型节肢动物黑刺粉虱寄生蜂的寄主或转主寄主,例如刺粉虱黑蜂寄生通草粉虱,单带巨角跳小蜂寄生龟蜡蚧和红蜡蚧,等等。保护寄生蜂资源,充分利用优势种——斯氏寡节蚜小蜂、刺粉虱黑蜂——防

治黑刺粉虱,也可能是一条有效的途径。20 世纪 20 年代,日本从中国引进寄生蜂 *Encarsia smithi* 防治黑刺粉虱^[2],发现该蜂可以完全地控制该害虫^[3]。1951~1952 年,黑刺粉虱在关岛出现,从墨西哥引入该蜂,也具有显著的制约效应^[21]。南非的桔园中使用寄生蜂 *Encarsia cf. smithi* 有效地控制黑刺粉虱^[22]。本研究中的蚜小蜂 *Encarsia* sp. 是不是 *Encarsia smithi* 尚待鉴定,本研究中 *Encarsia* sp. 虽不是优势种,但其具有一定的控制效应。可以肯定优势种天敌的制约效应是显著的,如何将寄生蜂和虫生真菌 2 个类群有效地结合起来联合防治黑刺粉虱,更好地利用自然控制潜能,值得进一步探讨。

茶树品种之间粉虱密度的显著差异可能源于不同茶树品种化学组分质和量的差别,因为茶树品种间芽梢的化学组成有明显差异^[23],茶皂素对菜粉蝶 *Pieris rapae* L. 5 龄幼虫就具有很强的饲喂拒食活性^[24]。茶树品种的抗虫性少见报道,而我国拥有丰富的茶树种质资源,宜深入研究。

References:

- [1] Kennett C E, McMurtry J A, Beardsley J W. Biological control in subtropical and tropical crops. In: Bellows T S & Fisher T W eds. *Handbook of Biological Control: Principles and Applications*. San Diego, New York: Academic Press, 1999. 1046.
- [2] Kuwana I, Ishii T. On *Prospaltella smithi* Silv., and *Cryptognatha* sp., the enemies of *Aleurocanthus spiniferus*, imported from Canton, China. *J. Okitsu Hort. Soc.*, 1927, **22**: 77~80.
- [3] DeBach P ed. *Biological control by natural enemies*. London & New York: Cambridge Univ. Press, 1974. 323.
- [4] Tandon P L. *Problem and prospects of insect pest management in fruit trees*. In: Dhaliwal G S & Arora R eds. New Delhi: Common wealth Publishers, 1991.
- [5] Chen B X, Huang H J, Liu J M, *et al.* Studies on the bionomics and control of citrus spiny whitefly. *Acta Phytophylacica Sin.*, 1999, **12**(4):338~342.
- [6] Zhu J Q. Preliminary observation of citrus spiny whitefly. *Tea*, 1979, **5**(1):37~39.
- [7] Han B Y. Bionomics of citrus spiny whitefly and its integrated management. *Entomological Knowledge*, 1996, **33**(3):149~150.
- [8] Chen X F, Sun J D, Wu G Y, *et al.* Integrated management technology of citrus black spiny whitefly *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance). *J. Tea Sci.*, 1997, **17**(1):15~20.
- [9] Han B Y, Zhang H G. Studies on the number dynamics and the three dimensional spatial patterns of *Aleurocanthus spiniferus* pupae and the pupae parasitized by wasps. *J. Biol. Math.*, 1994, **9**(4):189~200.
- [10] Ding Y Q. Survival curve. In: Editorial Committee of Insect volume of Chinese Encyclopaedia of Agriculture ed. *The Chinese Encyclopaedia of Agriculture (Insect volume)*. Beijing: Agricultural Press, 1990. 41~42.
- [11] Zhou C Q. Life table. In: Editorial Committee of Insect volume of Chinese Encyclopaedia of Agriculture ed. *The Chinese Encyclopaedia of Agriculture (Insect volume)*. Beijing: Agricultural Press, 1990. 339~341.
- [12] Bellows T S Jr, van Driesche R G, Elkinton J S. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. *Ann. Rev. Entomol.*, 1992, **37**: 587~614.
- [13] Li Z Z, Han B Y, Fan M Z. Genus and species of entomogenous fungi newly recorded in China. *Acta Mycologica Sin.*, 1991, **10**(2):166~167.
- [14] Ding Y Q ed. *Mathematical Ecology of Insects*. Beijing: Science Press, 1981. 277~281.
- [15] Casanova C, Prado A P d. Key-factor analysis of immature stages of *Aedes scapularis* (Diptera: Culicidae) populations in southeastern Brazil. *Bull. Entomol. Resear.*, 2002, **92**(4): 271~ 277.
- [16] Han B Y, Li Z Z. Pathogenetic tables and Pathogenetic chains of main entomogenous fungi in tea plantations in southern Anhui. *J. Anhui Agricul. Univ.*, 1996, **23**(4):480~483.
- [17] Han B Y, Zhang H G, Cui L. Epizootic infection and spatial pattern within epizootic peak period of *Cladosporium* sp. to the population of *Aleurocanthus spiniferus*. *Entomol. J. East China*, 1997, **6**(1):66~70.
- [18] Fuxa 万方数据 and consideration for the use of entomopathogens. *Ann. Rev. Entomol.*, 1987, **32**: 225~251.
- [19] Gottwald T R, Tedders W L. Suppression of pecan weevil populations with entomopathogenic fungi. *Environ.*

Entomol. , 1984, **12**: 471~474.

[20] Han B Y. On pathogenetic characteristics of insect pathogenies and their applications under the integrated control of tea plant pests. *Fujian Tea*, 1995, (4):32~34.

[21] Peterson G D Jr. Biological control of the spiny whitefly in Guam. *J. Econ. Ent.* , 1955, **48**: 681~683.

[22] Berg M A V D, Hoppner G, Greenland J. An economic study of the biological control of the spiny blackfly, *Aleurocanthus spiniferus* (Hemiptera: Aleyrodidae), in a citrus orchard in Swaziland. *Biocont. Sci. Tech.* , 2000, **10** (1): 27 ~32.

[23] Wang Z N ed. *The principle of tea biological chemistry*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1981. 277~281.

[24] Wang X Y, Huang B Q. Studies on modes and mechanism of antifeeding action of tea saponin against imported cabbage worm *Pieris rapae* L. *Entomological Knowledge*, 1999, **36**(5):277~281.

参考文献:

[5] 陈炳旭,黄汉杰,刘景梅,等. 柑桔黑刺粉虱发生规律及防治. 植物保护学报,1999, **12**(4):338~342.

[6] 朱俊庆. 黑刺粉虱的初步观察. 茶叶,1979, **5**(1):37~39.

[7] 韩宝瑜. 茶园黑刺粉虱的生物学习性及综合治理. 昆虫知识,1996,**33**(3):149 ~150.

[8] 陈雪芬,孙椒德,吴光远,等. 黑刺粉虱综合防治技术研究. 茶叶科学,1997,**17**(1):15~20.

[9] 韩宝瑜,张汉鹄. 黑刺粉虱蛹与其蜂寄生蛹数量动态和三维空间格局研究. 生物数学学报,1994,**9**(4):189~200.

[10] 丁岩钦. 存活曲线. 见:中国农业百科全书昆虫卷编辑委员会主编. 中国农业百科全书(昆虫卷). 北京:农业出版社,1990. 41~42.

[11] 周昌清. 生命表. 见:中国农业百科全书昆虫卷编辑委员会主编. 中国农业百科全书(昆虫卷). 北京:农业出版社,1990. 339~341 .

[13] 李增智,韩宝瑜,樊美珍. 中国虫生真菌新记录属. 真菌学报, 1991,**10**(2):166~167.

[14] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社,1994. 201~209.

[16] 韩宝瑜,李增智. 皖南茶园群落主要虫生真菌的致病谱及致病链. 安徽农业大学学报,1996,**23**(4):480~483.

[17] 韩宝瑜,张汉鹄,崔林. 枝孢霉在黑刺粉虱种群中侵染、流行及流行盛期时的空间格局. 华东昆虫学报,1997,**6**(1): 66~70.

[20] 韩宝瑜. 论昆虫病原物的致病特点及其在茶虫防治中的应用. 福建茶叶,1995, (4):32~34.

[23] 王泽农. 茶叶生化原理. 北京:中国农业出版社,1981. 277~281.

[24] 王小艺,黄炳球. 茶皂素对菜青虫的拒食作用方式及机制. 昆虫知识,1999,**36**(5):277~281.