应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2015, 52(3): 759−769. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2015.089

野外昆虫采样方法专题

寄生蜂采集与田间调查取样技术*

吴 琼 唐 璞 陈学新**

（浙江大学昆虫科学研究所，水稻生物学国家重点实验室，农业部农业昆虫学重点实验室，杭州 310058）

摘 要 寄生蜂是一类十分重要的害虫天敌，在自然控制害虫数量方面发挥着巨大作用。针对寄生蜂种类繁多、寄主类型复杂、寄生方式多样等情况，发展了寄生蜂的采集和田间调查技术，并对不同采集方法的效果、不同寄主类型的调查细节进行了探讨。

关键词 寄生蜂，天敌资源，寄主，害虫防治，取样，调查

Methods and techniques for surveying and sampling parasitoid wasps

WU Qiong TANG Pu CHEN Xue-Xin**

(State Key Laboratory of Rice Biology and Ministry of Agriculture Key Laboratory of Agricultural Entomology, Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract Parasitoid wasps play an important role in suppressing populations of insect pests. Parasitoid wasps are diverse in species, parasitic habits and host range. In order to survey parasitoid wasps in general and on pests in particular, we developed a suite of technologies for the surveying and sampling of parasitoid wasps in nature and in agroecosystems.

Key words parasitoid wasp, natural enemy, host, pest control, sampling, survey

寄生于昆虫及近缘节肢动物的天敌昆虫种类非常多，其中膜翅目含有最多寄生性种类，常统称为寄生蜂。膜翅目昆虫已知 15 万余种，估计至少 25 万种，其中寄生蜂占了 70%，是膜翅目中最大的类群（LaSalle and Gauld，1993；Zhang，2013），其自然资源丰盛，对害虫自然控制作用强，是一类十分重要的害虫天敌。寄生蜂成虫自由生活而幼期营寄生生活（Hajek and Hajek，2004；Chen *et al.*，2014），生活方式极其复杂多样。单从寄主类型来看，可分为单期寄生和跨期寄生两种，前者又可细分为卵寄生、幼虫寄生、蛹寄生和成虫寄生；后者则有卵-幼虫寄生、卵-蛹寄生和幼虫-蛹寄生（Quicke，1997；何俊华等，2000）。寄生蜂的寄主范围非常广泛，几乎覆盖所有目昆虫。据统计，在释放 860 种天敌防治 2 941 种害虫的事例中，216 例成功事例就涉及到了 393 种寄生蜂种类（戴建昌和林乃铨，2000；Eilenberg and Hokkanen，2006），其中有很多在农林生产中起到关键作用的寄生性蜂类。寄生蜂由于数量繁多，寄生习性纷繁复杂，栖居场所几乎遍布各种生境，针对寄生蜂的采集和田间调查相应的工作量和工作难度也比较大。作为重要的天敌资源，对寄生蜂进行系统、科学的采集和调查，不但可供分类鉴定使用，更可为保护和利用天敌，促进生物防治工作提供重要依据。因此，在采集寄生蜂标本和进行田间调查时，善于观察利用寄生蜂的生活习性，采用合适的采集和

* 资助项目 Supported projects：公益性行业(农业)科研专项（批准号: 201303019）；973 计划项目（批准号: 2013CB127600）

**通讯作者 Corresponding author，E-mail：xxchen@zju.edu.cn

收稿日期 Received：2015-01-07，接受日期 Accepted：2015-04-21

调查方法，详细记录采集和调查信息，是保障调查结果的非常重要的环节。本文简述了常见的寄生蜂采集和调查方法，并对一些调查过程中的细节提出建议，以资探讨。

1 寄生蜂调查的一般方法

调查寄生蜂时，可根据实际情况（调查目的、作物类型、寄主类型、寄生蜂类型、寄主和寄生蜂生活习性等）采用一种调查方法或数种调查方法相结合。在实际调查中，需要确定的主要方面有：调查时间、调查地点、调查对象、寄主虫态和采集部位、采集方法、调查方式等，以及进行田间调查时的取样方法。

1.1 调查时间

寄生蜂成蜂出现时间一般在晚春至秋末，用网捕法、诱集法、吸虫器法等采集成虫时应在这段时间进行。进行专项调查时则要结合植物生长季、寄主发生时间、寄主类型，被寄生寄主的形态特征等。如调查粉虱寄生蜂，需要在粉虱成虫初次出现一周后开始采集。再如，稻眼蝶 *Mycalesis gotama* Moore 卵初产为淡青绿色，被寄生卵整粒灰褐色，蜂羽化后卵壳灰黄色。调查稻眼蝶卵寄生蜂时，在稻眼蝶卵期观察到卵被寄生后即可采集被寄生卵，或者采集已出蜂的卵壳（赵修复，1999）。每次调查的时间都要详细记录。

1.2 调查地点

寄生蜂的调查地点根据调查目的设定。不论是野外采集还是田间调查，都要记录调查地的详细信息，如经纬度、海拔、气候信息、周围植被环境、农事操作情况等。

1.3 调查对象

1.3.1 调查特定害虫的寄生蜂 确定某类寄主害虫后，根据害虫的取食喜好选择将要调查的寄主植物，如调查粉虱类寄生蜂，首先确定寄主种类，烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)、桑粉虱 *Bemisia myricae* Kuwana、黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintanca)或稻粉虱 *Aleurocybotus indicus* David et Subramaniam 等，然后根据某种或某几种粉虱寄主确定要调查的寄主植物，调查可能持续数个生长季或数年，确定寄主植物类型时应保证调查期间这些植物能够持续的种植。

1.3.2 调查特定植物（田块）上的寄生蜂 可以采用随机调查的方法调查田间寄生蜂的种类，用网捕、诱集、吸虫器等方法直接采集寄生蜂，或者采用多次定点采集各虫态被寄生寄主饲养而得寄生蜂，如王义平等（2001）对浙江茶树主要天敌的调查。

1.3.3 寄主虫态和采集部位 田间调查时，如果采用随机调查，在搜集寄主时应该采集各种害虫的卵、幼虫（若虫）、蛹、成虫等各个虫态。如果是针对某种寄生蜂或者某种寄主昆虫的调查，则要根据寄主类型和寄生习性选择要调查的寄主虫态和相对应的危害部位。所采集的植物可以是整个植株也可以是植株某个部分，方便采回后成功饲养出寄主及寄生蜂。

1.4 采集方法

不论是在野外还是田间调查寄生蜂种类，常用的方法有网捕法、诱集法、吸虫器法和观察搜索法+饲养法等。几种方法依据采集目的和要求，单独或者组合使用。调查寄生蜂种类、种群消长和田间群落，这几种方法都可以使用，但只有寄主诱集和观察搜索法+饲养法可以确定寄主和寄生蜂的关系，主要用于寄生率的调查和寄生蜂控害作用评价。

1.4.1 网捕法 网捕是采集寄生蜂最常用的一种方法，利用捕虫网和毒瓶采集。采集寄生蜂常用捕网（Aerial net）或扫网（Sweeping net）。网口直径一般约为 0.4 m，网深约为 0.7 m，手柄长 1.2 m，但在实际使用情况下，网口直径、网袋深度和手柄长度可根据采集人的经验适当调整。网底部可制成脱卸式更换的网袋，使用时会更加方便。毒瓶（Killing jars or bottles）的大小视采

集的需要而定，如果用毒瓶直接伸入网中收集寄生蜂，用直径 3 cm 左右的小毒瓶比较方便；如果使用扫网，则用瓶口直径 9~10 cm 的毒瓶较好。毒瓶以氰化物毒瓶为佳，但体色黄色的寄生蜂长时间放在氰化物毒瓶里，体色会变红，影响以后的观察。如用液态毒剂如乙酸乙酯（$C_4H_8O_2$）、乙醚（$C_4H_{10}O$）、氯仿（$CHCl_3$）等制作毒瓶采集寄生蜂，小型寄生蜂容易粘在毒瓶内壁上，标本容易损坏。酒精瓶同样非常适用于寄生蜂标本采集，特别是采集小型寄生蜂非常好用，75%~95%或者无水乙醇均可。如果标本后续还需要解剖，或者标本体壁骨化很弱，如蚜小蜂科昆虫等，如无特殊要求则用 75%乙醇较好，否则直接用 100%乙醇容易使标本脱水易碎，导致标本特征不易观察。

采集最好在上午露水蒸发后进行，左右扫动为 1 网，扫多少网再收网把寄生蜂收入毒瓶视具体情况而定。野外采集一般扫 50 网收一次，不需要频繁收网。田间调查时，5 点取样，每点扫 30 网，每块样田共计 150 网。采集到的标本保存在纸袋中或者直接保存在乙醇中，乙醇浓度根据需要而定。同时，做好采集标签记录（采集人、时间、地点、经纬度、海拔、生境、寄主植物等）。

用捕网采集时需要注意的是，寄生蜂生性非常活泼，善于飞行和跳跃，很多种类向上飞和爬行的速度很快，收网时切勿将网口水平朝上，致使寄生蜂逃逸。最好采用网底斜向上方，网口略向下的方式，将毒瓶或酒精瓶伸入网袋一一套取。用捕网采集，可能会有一些小型或者微小的寄生蜂混在网底的草叶等杂物下不会爬出或飞出，因此还需要仔细检查网底。用扫网采集时，可以捉到很多平常没有察觉到的小型寄生蜂。可以将脱换的底袋脱下，整个放入一个大毒瓶里，待寄生蜂被毒死后，取出底袋，将里面所有东西倒在白纸或白色搪瓷盘上，挑出里面的寄生蜂，这种采集方法很少会有漏捡。切忌在 采集过程中主观臆断哪些蜂要采，哪些蜂已经采过不需再采。

活跃在树冠层的寄生蜂、生活在地上或叶子上无翅的寄生蜂几乎无法用网捕法采集。长时间定点采集，采集特定种类等都是网捕法很难达成的，需要辅助以诱集、吸虫器等其他采集手段。

用扫网采集寄生蜂时的安全事项与一般昆虫采集无异，但须注意，寄生蜂也会有蛰刺现象并注入毒液，通常情况下并不严重，但如果有过敏反应出现，处理方式与被胡蜂、蜜蜂蛰刺后的处理相同。

1.4.2　诱集法　虽然网捕法在野外采集和田间普查时最为常用，采集到的寄生蜂数量也较多，但一些寄生蜂的栖居地隐蔽或远离路边，采集者不容易到达或无法长时间定点采集，因此可用采用一些定点诱集装置，可作为网捕的补充和采集某些特殊类群之用。常用的诱集方法有黄盘（黄板）诱集、马氏网诱集、灯光诱集、生物或化学方法诱集。

1.4.2.1　黄盘或黄板诱集　黄盘（Moericke traps or yellow pan traps）是采集小型或微型寄生蜂的好工具，通常采用黄色的铝制或塑料盘，也可以用黄色的人造革或者较厚的塑料布折叠而成 30~40 cm×30 cm×8 cm 左右的浅盘。这种方法对膜翅目昆虫的采集效果要比其它类群效果更显著（Vrdoljak and Samways，2012）。黄盘通常放置在各种草地、林下空地、溪边、田边地垄等处，间隔 2~3 m 放置，可以直接放在地上，也可以把黄盘底部埋入土中，上沿与地面齐平。盘内加入 1/3 至 2/3 体积清水或食盐水，并加入少量洗涤剂以增加表面张力，也可以加入少量福尔马林溶液防治腐烂和霉菌。寄生蜂被黄色吸引掉落盘中，应及时捞取，可以 1 d 或 2~3 d 收取一次。捞取标本时先挑出盘里的枯枝落叶和杂物，再用细纱做的小网捞出所有标本，转入酒精瓶中，带回镜检。如果是长期使用黄盘，一是注意经常补充盘内水量；二是保持清洁，如果盘里的水浑浊要彻底更换；三是如遇多雨天气，要在盘上 65~70 cm 高处加盖防雨薄膜，防止过多雨水进入盘中。黄盘诱集非常简便有效，尤其对于一些较为稀少的种类效果较好，也是长期诱集的好方法。黄盘的引诱效果会受到自然条件的影响，如阳光、风、雨。此外，通过该方法诱集的样品不

适合再用分子手段鉴定种类。

同样，黄板也常常被用来诱集寄生蜂。在田间调查，特别是在保护地调查时常被采用。但通过多年观察和实践，我们并不建议采用黄板来防治害虫或者诱集寄生蜂。调查不同作物的温室大棚时发现，黄板上粘附的寄生蜂和中性昆虫的数量比害虫数量要多，间接破坏了小环境中天敌和寄主的平衡，反而不易达到控制害虫的目的。另外，粘附在黄板上的寄生蜂，由于个体小、身体脆弱，很难从黄板表面完整取下，需要用二甲苯 C_8H_{10}、甲苯 C_7H_8、乙酸乙酯 $C_4H_8O_2$ 等洗脱，工作量大，效果也不理想，影响后续鉴定工作。但如果是需要单独采集某个在特定场所出现的昆虫或是寄生蜂，直接用黄板主动粘附则不失为一个好方法（Pu *et al.*，2014）。

除黄盘和黄板外，其他色盘和色板也可用于诱集寄生蜂，常见的有蓝色、白色、红色或者透明。通过对比，黄盘的效果最好，其次为透明盘，蓝色、白色和红色盘对一些蜂有特异性的吸引力（Saunders and Luck，2013；Larsen *et al.*，2014），例如，蓝盘就对冠蜂有强烈吸引力。

1.4.2.2 马氏网诱集 马氏网（Malaise traps)多用在长期固定收集寄生蜂，不论是野外采集还是用于田间调查，对于调查不同时期的寄生蜂和寄生蜂消长规律都有比较好的效果。调查时 1 周或 10 d 取回一次瓶内的寄生蜂。也有一些研究者在中央隔断网下放置一排黄盘，以增强采集效果。

1.4.2.3 灯光诱集 除白天采集外，夜间灯光诱集是某些寄生蜂采集的有益补充，但只有很少一部分寄生蜂种类会被诱集到。灯光诱集可以用市面售卖的诱虫灯（Light traps and light sheets），也可以用采集常用的高压汞灯，在灯后白布上收集寄生蜂。虽然寄生蜂有趋光性的种类不多，但是一些单眼较大的姬蜂，如细颚姬蜂属 *Enicospilus* Stephens、瘦姬蜂属 *Ophion* Fabricius、抱缘姬蜂属 *Temelucha* Foerster 等，还有一些茧蜂类群也有趋光的行为，因此，诱虫灯可以用来采集某些寄生蜂，也可用于调查某些寄生蜂种类消长。另外，用高压汞灯诱集时，由于灯泡功率大且温度非常高，因此需要防范电路安全、烫伤、雨滴滴落导致灯泡炸裂和强光对眼睛的刺激等问题。

1.4.2.4 生物、化学方法诱集 采用这种方法可以诱集到特定种类的寄生蜂，但需要首先了解寄生蜂的生物学特性，有针对性的使用。用生物或者化学物质诱集寄生蜂的方法很多，主要利用寄主植物诱集、寄主诱集、蜜源诱集和信息素诱集，以前三种方法较为常用。寄生蜂对寄主的专一性非常明显，各种寄生蜂的寄生范围都比较稳定，即便是多主寄生的种类对其寄主也不是不加选择，据此可以利用寄主植物或者寄主诱集寄生蜂。

①寄主植物诱集

寄主昆虫所取食的植物或者食物的挥发物对某些寄生蜂有强烈的吸引力，当受到植食性昆虫危害时，很多植物能够释放出挥发性化合物招引害虫的天敌前来觅食（王小艺和杨忠岐，2008）。而不同植物对寄生蜂的吸引力不同，在上面生活的同一种害虫被寄生的情况往往也有很大差别，例如麦茎蜂姬蜂 *Collyria calritrator* Gravenhorst 对寄主麦茎蜂的寄生能力，在小麦田比大麦田里高（赵修复，1999），因此选择合适的寄主植物，可以提高诱集的效率。在合适的寄主植物附近守株待兔式的捕捉寄生蜂，这样可以知道某地某种植物上常出没的寄生蜂类群，或者为了采集某类寄生蜂而有针对性的放置或种植寄主植物。除了整个植株，植物的某个部位或植物产品也可以用来引诱寄生蜂，比如寄主食料的受伤组织、卷叶、虫瘿等，但人工损伤的植株对寄生蜂没有吸引力（Neveu *et al.*，2002）。还可以利用这种趋性采集一些寄生隐蔽为害的害虫的寄生蜂。如 Messing 和 Wong（1992）设计了一个简单的球状装置，用来吸引寄生实蝇的蝇茧蜂。

②寄主诱集

同样，寄主本身和寄主分泌或排泄的物质可以用来诱集寄生蜂，比如寄主的气味、形状、粪便、丝、鳞片等都可能是寄主的短距离信号。众所周知，寄生蜂会搜索寄主进行寄生，在特定区块放置寄生蜂的寄主，吸引某些寄生蜂寄生后，再对

成蜂进行采集，或者等寄生蜂寄生后，采回被寄生的寄主进行饲养，常与饲养法结合进行。因此，在诱集或者饲养时还需首先了解寄生蜂寄生习性，否则可能事倍功半。

③蜜源诱集

很多寄生蜂喜蜜糖，用蜜源诱集的方法同样较为常见。不断积累的各种蜜源植物系统的试验结果表明，田间花粉和花蜜能够明显增加天敌的多样性和适合度（陈学新等，2014）。在田块周围种植花期很长的蜜源植物，如苜蓿、芝麻等，是增加田块寄生蜂数量的好方法，同时也为采集提供了便利。Noll 和 Gomes（2009）提出了一个更为直接的办法，先设计取样方法，把一定比例的糖盐水（糖和盐的比例比较平均即可），用喷壶或者喷袋直接喷洒在样点的植株上，等待蜂被吸引来后用网捕之。不过这种方法不太适用于调查田块的自然寄生率，糖分还可能会吸引到其他一些害虫导致额外的损害。

1.4.3　吸虫器法　吸虫器（Suction devices）多用于田间采集或取样调查使用。取样的吸虫器主要有两种：管式真空吸虫器和背负式机动吸虫器。前者定点分布，组成联网，定时吸虫，主要用于监测空中活动昆虫的动向和数量；后者主要用于地面附近活动昆虫的取样。大田寄生蜂普查常采用背负式机动吸虫器，在取样点吸取，根据调查目的选择吸取频率，常 5 d 吸取一次，有的只吸 1 次，也有每天都吸取的。吸虫器法既可以吸到寄生蜂也可以吸到寄主昆虫（若虫、成虫），主要用于种群、群落调查。吸虫器可以吸取大田作物植株上中下三个层次的昆虫，而且各龄昆虫都可吸到，收集到的寄生蜂和寄主数量都较多，用于目标田块的群落调查效果较好。采用吸虫器调查时，根据实际情况在取样点选取一定量的作物株数，将吸虫器对准目标作物由上及下抽吸，收集的样品做好调查记录，带回实验室内清理出需要的寄生蜂或者寄主，以便统计和后续鉴定（刘雨芳等，1999；姜玉英等，2011）。

1.4.4　观察搜索法+饲养法　不论是网捕法、诱集法还是吸虫器法，采集和调查所获得的几乎都是寄生蜂成蜂，虽然获得的寄生蜂数量不少，但除寄主诱集外，却很难确定寄生蜂与寄主和寄主植物之间的关系，也无法有针对性的采集、调查、统计和研究某种特定寄生蜂或者特定害虫的寄生蜂。与前几种方法不同，观察搜索法和饲养法在采集、尤其是田间调查时，很好地弥补了这些缺憾。这两种方法常结合采用，可以明确寄生蜂的生物学习性以及寄主植物、寄主和寄生蜂三者之间的关系（Gauld and Bolton，1988），而且很多寄生蜂体型细小，不易发现，网捕很容易遗漏，需要通过饲养才能获得标本。

①搜索寄主

首先必须明确寄主的各个虫态的形态特征和生物学特性，被寄生后的外形特征。一些寄主被寄生蜂寄生一段时间后，不论是被寄生的卵、幼虫还是蛹，其外部形态、颜色等都会发生变化，很容易识别。我们在掌握了这些变化和寄主在植物上为害的部位后，就可以观察搜索特定的寄主，并饲养出寄生蜂。例如，褐飞虱正常卵外观上可分为初产至黄斑期、眼点期和卵壳；被稻虱缨小蜂 *Anagrus* spp.寄生后，寄生蜂卵至前期幼虫阶段的卵外观与正常褐飞虱卵相同；中、后期幼虫至羽化阶段寄生卵外观初呈淡粉红或淡黄色，而后逐渐加深呈樱红色，少数呈金黄色，至蛹期出现单眼、复眼，体呈桔红色，夹杂烟褐色斑纹；羽化壳卵帽不脱开，有一圆形羽化孔（程家安，1980）。这样就可以比较清楚地确认这类寄主是否被寄生，甚至可初步推测被什么类型的寄生蜂寄生。在实际调查时暂时没有出现外观异常的寄主通常也需要采集，甚至一些寄主和寄生蜂已经羽化后留下的卵壳、蛹壳、茧壳等也要根据调查目的进行采集，具体原因详述于“系统调查”部分。这样获得的寄生蜂，寄主关系明确，便于统计数量、寄生率、消长规律等，对害虫发生量测报、药剂防治效果评价、探索天敌保护利用等都有一定的意义。

②搜索寄主植物

搜索观察法可以是搜索寄主也可以是搜索寄主植物。如果寄主植物植株不甚高大，寄主暴露

危害，被寄生的寄主很容易被发现。如果寄主植物为果树林木，或者寄主隐蔽危害，不容易直接找到寄主，则要搜寻植株特殊的被害或取食痕迹来找到寄主。调查果树林木的时候，通常采取不同方位取样的方式来调查寄生蜂及其寄主。比如，杨忠岐（1996）详细介绍了观察寻找并采集小蠹虫寄生蜂的方法。小蠹虫为害的树木很容易辨认，大多数表现为针叶变黄，但针叶全部干枯而发红的树木一般已经没有小蠹虫和寄生蜂了。有的园林绿化树木被小蠹虫为害后表现为流胶，有时针叶树表现为树皮上有凝脂。发现寄主树木和小蠹后，在树干枝条上仔细观察可以看到寄生蜂成虫爬行，观察它们是否将产卵器刺入树皮产卵，或者钻入母坑道。这时再用吸虫管吸捕，再检查皮下是否为小蠹虫。如此可以基本确定所采到的寄生蜂是否为真正的小蠹虫寄生蜂。

为了得到可靠的寄生蜂生物学、与寄主关系等方面的数据，则需要采用饲养的方法，包括对寄生蜂和寄主的饲养。

③饲养寄主和寄生蜂

不论哪种寄主类型，通常情况下，我们采用以下基本方法收集寄主，饲养出寄生蜂。在调查之前，先需了解被调查寄主昆虫的各虫期形态特征及寄主植物被危害状及危害部位等，以便快速准确的找到或采集害虫的卵块、幼虫（若虫）、蛹或成虫。如直接在室外饲养，纱笼一般用铁纱、钢纱或尼龙纱制成，形状和大小可根据实际需要自行设计和制作。大型养虫笼供室外整株试验用，通常无底，笼的一侧留门以便观察时进入；小型养虫笼适合枝条和局部套笼，套好后笼基部要扎紧。饲养中要特别仔细，严防其他可能被寄生的昆虫随食料植物被带进饲养笼中，造成错误的观察结果。发现寄生性天敌羽化或化茧，要及时调查寄主个体，保存寄主残体和寄生性天敌。如要进行室内饲养，采集时最好将卵块、幼虫（若虫）和蛹或成虫等连同寄主植物的为害部位（叶片、茎干、枝条、种实等）剪切下来，刀口整齐，如果需要保湿则用湿棉花包住剪切口，棉花外封保鲜膜，然后将剪下来的植物组织放入封口袋密封保存，也可以将整个植株全部取回，并详细记录其调查地点、时间、寄主植物和采集人等信息。对于采回的样品，最理想的做法是将每个卵块、幼虫（若虫）和蛹或成虫分开放入试管、离心管、养虫笼等饲养器具中进行饲养（王义平等，2001；皇甫伟国等，2010a）。在饲养过程中要特别注意，防止其它被寄生的昆虫等随着寄主植物带进饲养工具，如果采集的是蛹，勿将蛹或蛹壳外的茧剥离掉。每 1~2 d 检查一次，发现寄主或寄生蜂羽化后，利用趋光性或吸虫管将其移至干净的试管中，并记录寄主的死亡时间、虫态、羽化时间、羽化数量和寄生蜂羽化时间等信息，如果为聚寄生的寄生蜂，还要记录每个寄主昆虫样品中的寄生蜂羽化数量。尽量建立研究所需要的寄生蜂种群备用。待寄生蜂羽化后 1~2 d，成蜂的体型、体色稳定之后，取部分寄生蜂样品保存于 75%、95%或无水乙醇中以便日后鉴定，保存时记录好采集时间、采集地点、羽化时间、寄主种类、寄生类型、采集人等样品信息。一些小蜂总科寄生蜂，比如跳小蜂、蚜小蜂等，身体骨化程度低，为防止标本皱缩难以观察，或者需要制片才能观察的，可用酒精梯度浓度法处理，或用制片需要的特殊溶液处理（黄建，1994）。不论是采来何种寄主虫态饲养，都要避免互相混杂，及时在饲养容器上标注好采集时间、地点、寄主种类、寄主植物名称和采集者等。

2 寄生蜂调查田间取样方法

在进行寄生蜂田间调查时，取样方法与一般昆虫调查并无太大差异，但调查取样时，不仅需要采集寄生蜂或寄主，在很多情况下，特别是进行专项调查时，需要采集寄主植物或植物的某些部分，以便完成后续的寄主和寄生蜂的饲养工作。不同的寄生蜂由于寄主生活习性不同，寄主植物类别不同，在调查时采用的具体取样方法也随之略有不同。由于粉虱类害虫危害植物类型涵盖了大田作物、蔬菜、果树等，下面就以粉虱寄生蜂调查为例（皇甫伟国等，2010a），说明寄生蜂田间调查的一般取样方法：

选取烟粉虱 *B. tabaci*、温室白粉虱 *T. vaporariorum*、桑粉虱 *B. myricae*、黑刺粉虱 *A. spiniferus* 或稻粉虱 *A. indicus* 等的若虫和蛹为调查对象，固定时间和地点，采用固定的五点取样或者随机取样方式采集。对于水稻、蔬菜、花卉、茶园等大田，至少随机选 5 块地（相当于 5 个重复），每块地“Z”字取样挑选 5 个点，每个点取水稻、蔬菜、花卉 5 株（丛）（有些像茶园，可以是 1 m^2），共计 5（类型田）×5（点）×5 =125 株（丛，m^2）。如果是果树（柑桔树）和桑树，则至少挑选 3 个果园或桑园（相当于 3 个重复），每个果园或桑园“Z”字取样挑选 5 棵树，每棵树分上、中、下取 3 点，每点分东、南、西、北各取 1 个 30~40 cm 长的小枝（或随机取至少 1 张叶片），至少共计 3（园）×5（树）×3（位置）×4（方向）= 180（小枝条）（叶片）。大叶类（叶片面积大于 100 cm^2）蔬菜寄主植物叶片至少采集 20 片，小叶类（叶片面积小于 100 cm^2）蔬菜寄主植物叶片至少采集 40 片，桑树至少 30 片叶片，水稻植株至少 50 株，柑桔和茶树等植物至少 100 片叶片，条件允许的情况下数量越多越好。具体采集部位为：烟粉虱 *B. tabaci* 和温室白粉虱 *T. vaporariorum*，采集蔬菜、花卉和果树等寄主植物叶片（连同连接叶片的少许茎干）；稻粉虱 *A. indicus*，采集水稻植株（连同基部）；黑刺粉虱 *A. spiniferus*，采集柑桔或者茶树等叶片（连同连接叶片的少许茎干）；桑粉虱 *B. myricae*，采集桑树叶片（连同连接叶片的少许茎干）。采集时，注意选取粉虱若虫和蛹较多的叶片。采集时，将带有若虫或者蛹的寄主植物叶片连同茎干裁剪下来，刀口整齐，用湿棉花包住刀口，棉花外封保鲜膜，最后将裁剪下来的植物组织放入封口袋内密封保存。带回室内后，对叶片或小枝条认真镜检，清除其他可能混杂昆虫，然后单张叶片或单个枝条分装入玻璃试管内饲养观察并记录，待寄生蜂出蜂后鉴定寄生蜂种类，统计被寄生数量。

需注意的是，仅以饲养后出蜂的数量或者寄生蜂羽化孔的数量来统计寄生率，并不完全准确。在调查不同寄生类型的寄生蜂时，有各自不同的需要额外注意的事项。

3　寄生蜂田间调查方式

3.1　田间普查

一般随机取样，主要用于调查种类。在条件允许的情况下，不限采集地点、时间和次数，根据采集地的地形、面积和作物耕作特点，在大田中采取随机取样的方式采集。可以采用网捕、诱集、吸虫器和观察搜索+饲养法，具体方法见前述。采用前三种方法时，要注意寄生蜂标本的收集保存，有的寄生蜂如蚜小蜂、赤眼蜂等个体微小纤弱，没有经验的采集者常会漏采，在保存时如无特殊要求也不宜长时间浸泡在酒精中，或剧烈震荡，这样容易导致标本残破，影响后续鉴定工作。随机调查可以掌握田间寄生蜂的资源种类，并了解其群落结构和发生动态，可以初步判定害虫的大概初发、盛期时间与末期，但无法获得寄生率、寄生蜂和寄主种群动态规律的准确数据。

3.2　系统调查

定点定时的系统调查主要针对特定寄主和特定寄生蜂种类，采用观察搜索法+饲养法，主要用于调查寄生率，分析评估寄生蜂对害虫的控制作用。不同寄主类型寄生蜂调查除了要遵循上述基本的调查和取样方法外，还有一些需要额外关注的细节。

在调查寄生蜂和寄生率的时候，不论是卵、幼虫、还是蛹的寄生蜂，调查结果与取样方法有很大关系，所调查的田块类型、调查部位和调查时间都会对寄生蜂的种类、数量和寄生率产生影响。对于不同寄主类型，在选择调查时期和具体调查方法时，有一些通常的做法，但这些做法得到的结果却常常不甚准确。为方便起见，下面以采集的寄主虫态为对象，分卵寄生蜂、幼虫寄生蜂、蛹寄生蜂和成虫寄生蜂 4 方面，简要介绍各种不同寄主类型寄生蜂和寄生率调查，及其常遇到的问题。

3.2.1 卵寄生蜂调查 在调查时间的选择上，习惯上常选在产卵高峰期调查，但由于虫卵量突然增加，而寄生蜂还没来得及充分寄生，这样调查得到的寄生率往往比实际偏低。有条件的话，在卵的始盛、高峰和终见期均要采集。如果只能采集一次，最好在产卵高峰后过几天采集，数量上也要多采一些。但也不能太晚，因为有孵化的卵就会有幼虫取食卵壳，导致统计不准确。

采集范围上尽可能广一些，根据田间或林间卵分布规律按比例采集，而不是只在卵块分布最多的地方采集。

采集时，将卵或卵块所在的植物部位轻轻剪下带回。首先剔除已孵化的卵，把多余的枝叶去除放入玻璃管，同一卵块的卵放入同一管内。如果被调查对象是卵块，采回卵块后先登记已经孵化的卵，将未孵化和寄生蜂未羽化的卵块放入指形管中，记录各卵块孵化日期。对于那些初产即被采回的寄主卵块（产出 1~2 d），由于被寄生蜂寄生的几率非常低，应淘汰不计入卵块总数，否则得出的寄生率会偏低。在开始统计前，需要先了解各蜂寄生习性和被寄生卵的外形特征。在搞清各蜂的寄生习性及寄生征状的基础上，据此进行考查。

下面以鳞翅目卵寄生蜂为例，简要说明调查和计数的方法（何俊华，1985；赵修复，1999）。常见的鳞翅目卵寄生蜂种类主要集中于有赤眼蜂科 Trichogrammatidae、缘腹细蜂科（黑卵蜂）Scelionidae、啮小蜂属 *Tetrastichus* Halilay 等类群。按照前述调查取样方法采回卵块饲养，通常情况下，卵内最先孵化出的是未被寄生的卵孵化出的鳞翅目幼虫，接下来是赤眼蜂羽化（偶有赤眼蜂先羽化的），黑卵蜂及其他小蜂在赤眼蜂羽化后陆续出现。赤眼蜂和黑卵蜂为聚寄生，每粒卵羽化出的蜂数量不等，只记录出蜂数不能代表被寄生卵数。因此，要准确考查时，我们不以统计蜂的数量来调查寄生率，而是直接根据羽化孔的形态来确定有多少卵被寄生，计算被寄生的卵粒数来考查寄生率。为了防止赤眼蜂在管内重寄生，影响调查结果，最好打开封口并管口对光让赤眼蜂飞走。平腹小蜂、啮小蜂等单寄生的寄生蜂，通过计算出蜂数来确定被寄生卵数比较简便。不同卵寄生蜂羽化孔的形态很多文献中已有描述，不再重复。

检查卵或卵块时一般分两步：

第一步，先检查已爬出卵块的幼虫数和蜂数以及能根据卵壳外形来确定是否被寄生或者寄生蜂种类的卵粒，包括有孔或无孔的卵粒，并按类记录。寄主幼虫最先孵化，孵化当日即可考查。赤眼蜂紧接着幼虫孵化而羽化，出蜂后及时移出，以免重寄生。而后羽化的黑卵蜂和其他小蜂待全部羽化死亡后一次考查。各单寄生的蜂数好取出后，可考查赤眼蜂和黑卵蜂的寄生卵。数卵是一排排的数以免混淆，如果卵粒太厚则需要仔细剥离。看羽化孔的大小需要在解剖镜下进行。对无孔洞的卵粒，凡见有幼虫头壳或其他幼虫特征的，是未孵化或未发育健全的幼虫，可记入未被寄生卵。凡可通过被寄生卵特征鉴别出某种蜂的则记入该蜂项下。实在不能判别对象的少数卵粒仍可放回管内待以后解剖考查。

第二步，浸渍卵粒解剖考查。对于没有孔洞且从外表无法判别的少数卵粒，可按卵块编号放在小培养皿内，滴上 3%氢氧化钠溶液，使卵壳变软，在解剖镜下用针挑开观察，分种记载。对于什么也分不出的卵，若此卵块其余卵发育正常，则可能原为未受精死卵，忽略不计。

由上述可知，考查卵寄生率时，尽量让寄主幼虫孵化和寄生蜂羽化，既节省时间也提高准确性。

3.2.2 幼虫寄生蜂调查 调查幼虫寄生蜂时，通常是采集植物受害部位所见的被寄生的幼虫或蛹、或寄生蜂茧，饲养至寄生蜂成虫出现，然后根据成虫鉴定种类。但是，如果完全依靠鉴定羽化出的寄生蜂成虫种类，统计数量，来得到寄生率，可能会出现一些不确定的因素。例如：采回的茧或蛹中的寄生蜂已经羽化，没有寄生蜂成虫用来鉴定种类；寄主幼虫或是寄生蜂幼虫饲养不成功，没有得到寄生蜂成虫，也无法鉴定，更无法统计各种寄生蜂的寄生率。因此，在实践中最

好能够根据寄生蜂幼虫鉴定种类，而根据寄生蜂幼虫鉴定种类，必须有人做过第一次的饲养工作，由幼虫养得成虫，由成虫鉴定结果倒推幼虫种类，难度很大。寄生蜂幼虫主要根据头骨和口器特征来鉴定，个体较大的可以直接用解剖镜观察，小的则需要制片。如果采回的是寄生蜂已羽化的空茧，可根据茧的大小、颜色和结茧数来初步判断寄生蜂类群，要准确鉴定出寄生蜂的种类，需要对茧内幼虫蜕皮进行分离鉴定。把茧内的一团东西全部取出，放在 5%氢氧化钠溶液中浸渍 1 d，使蛹软化，把幼虫的蜕皮分离开来，制片鉴定。

下面仍以鳞翅目幼虫寄生蜂为例简要说明幼虫寄生蜂调查时的注意事项（赵修复，1999；何俊华等，2002a；2002b）。调查时按照上述取样方法，采集寄主为害部位或寄生蜂结茧部位带回检查，如果采集的对象是寄主幼虫，需要注意不同龄期幼虫都要采集（Shi *et al.*，2002；皇甫伟国等，2010b），在室内饲养一段时间，采集到的植物要能保证提供寄主取食。幼虫寄生蜂有内寄生和外寄生，因此在检查带回的植物和寄主时会有几种不同情况出现：

第一，如果见有状如米粒或者圆筒形的小的白色或者带花纹的茧即是。有的茧在幼虫身上，有的则出现在幼虫尸体旁。可将茧取下，放在指形管里，让其出蜂。根据茧占幼虫总数中的数量，计算寄生率。要注意的是：可能有不同种类的茧同时存在，应分别统计；有时采回的茧里可能包括一些不是寄生调查对象的寄生蜂的茧，这种茧应不予计数；有的茧羽化出的蜂是重寄生蜂，也不能计入总数。第二，寄主幼虫不活动，但身体不腐烂，体表有几个幼小幼虫，或者尸体已皱缩，体上或体旁有几个小蛹，这些有的是体外寄生，有的是体内寄生刚钻出。可将它们连同枝叶剪下，放在指形管里养出寄生蜂。第三，寄主幼虫不甚活动，体色异常，则是内寄生蜂将钻出虫体的表现，与正常发育幼虫区别明显。将被寄生幼虫放入指形管饲养出蜂。另要注意区别寄生蝇与寄生蜂寄生后的区别，剔除被寄生蝇寄生的个体。

为了简便起见，可群体饲养。就是将一把植物养在养虫笼中，几天之后，大部分幼虫死去，一部分幼虫继续生长几天，老熟的幼虫还会化蛹。这样可养得少量天敌。当然，群体饲养出来的天敌，不能确定寄主虫态，也不能用来统计寄生率，还有可能混杂其他天敌。要准确地判断一种天敌的寄生性质，必须通过个别饲养。

3.2.3　蛹寄生蜂调查　同卵寄生蜂调查一样，在调查时间上，蛹寄生蜂调查最好能够在寄主蛹（茧）的始盛、高峰、终见期分别采集，但如果只能集中在化蛹高峰后或寄主羽化高峰前采集一次，增加采集数量也可以。采集时期稍早影响也不大，因为很多寄主在幼虫期就被寄生，蛹期寄生蜂羽化，也有部分是在预蛹或者化蛹初期被寄生，却很少有在蛹后期被寄生。

调查时，通常是采回一批活蛹，饲养出寄主和寄生蜂成虫。这种做法并没有顾及到田间的蛹壳或死蛹数量，也就无从知晓有多少寄主和寄生蜂在调查前已经羽化，这样调查出的寄生蜂种类和寄生率不能代表一个世代蛹的被寄生情况，而且越在蛹期后期调查活蛹，得出的寄生率越高。因此，调查蛹的寄生蜂，不但要采回活蛹，同样也要采回死蛹和蛹壳。寄主正常羽化留下的蛹壳和寄生蜂羽化后留下的蛹壳可从有无羽化孔等痕迹进行区别。不同寄生蜂的羽化孔不一样，但要单纯从羽化孔判断出蛹寄生蜂的种类比较困难。如果只要了解总寄生率，以上方法就可以了；如果要了解各种天敌的寄生率，则要通过对蛹内遗留下来的寄生蜂幼虫头骨和口器进行鉴定，才能判明种类。方法与鉴定幼虫寄生蜂种类一样。

有时需要调查的寄主蛹外有茧，调查时还要留意不要采集过去世代的茧，以免影响调查结果。比如，调查松毛虫蛹寄生蜂，过去世代的寄主茧，有时仍留于树上。第一、二代松毛虫茧一般多结在当年生枝梢的新鲜松针上，茧多为淡黄褐色，并竖有细毒毛。采第二代茧时，树上残留的第一代的茧变化较小，有时难以区别。越冬代（第三代）茧也以枝梢上为多，但全株都有分布，且到一、二代茧期时颜色多褪为污白色（何俊华，

1986)。如果长时间没有寄主或者寄生蜂羽化出来，需要剖蛹（茧）镜检。

3.2.4 成虫寄生蜂调查 成虫寄生蜂不论在数量上还是在种类上都较少。寄主主要有同翅目、鞘翅目等。如黄色蚜小蜂 *Aphytis* sp.寄生褐圆蚧 *Chrysomphalus ficus* Ashmead 雌性成虫，甚少寄生第二龄若虫或雄虫。此蜂营外寄生，幼虫发育到老熟阶段排出许多粒深褐色橄榄形蛹粪，然后化蛹。蛹的腹面朝向介壳，羽化时在介壳上咬成一个椭圆形的羽化孔而出。少数成虫没有在介壳上咬成羽化孔，而是由介壳边缘与叶片之间挤出。因此，不能单凭羽化孔的有无来计算寄生率（赵修复，1999)。还有小蠹虫的成虫寄生蜂，一般只能通过采集成虫饲养至寄生蜂羽化，才能判断寄生蜂种类和寄生率（杨忠岐，1996)。

4 讨论

客观评估天敌昆虫的控害作用是害虫生物防治研究和实践的重要一环。评估方法可概括为田间系统调查及相关分析、直接观察法、食痕法及标记法、天敌排除或添加法、实验种群观察法、生命表分析法等。一般说来，在上述 6 类方法中，田间系统调查及相关分析、以及直接观察这两种方法是不可或缺的，必须花精力做好（刘树生，2004）。科学的调查方法对寄生蜂种类发现、生物学研究、种群动态消长和控害作用评价等方面都是既基础又十分重要的一环。目前，国内寄生蜂调查的文献很多，为寄生蜂资源保护利用、提高生物防治效果做了很多卓有成效工作，但内容多以分析调查结果为主，少有着重介绍采集调查方法。本文中总结了目前常用的寄生蜂采集和调查方法，在采集用具、采集方法的比较，调查时期、地点、方式的选择上进行了一些归纳。每一种方法都有各自适用的情况，在实际采集和调查中又互有交叉，互为补充。虽然每一种方法都有侧重点，但在调查时并不是采用越多方法就越好，一种方法是否有必要采用要看增加的调查方法所产生的数据对得出可信结论是否有用，是否显得多余。在选择采集方法和制定调查方案时，需要选择哪些调查方法，还要哪些方法进行补充，有哪些细节会影响调查结果，都需根据调查的目的、环境、对象、被调查的寄主和寄生蜂的生物学特性仔细斟酌。只有当我们对每种方法的作用和缺点都有所了解，才可以合理地选择方法并综合应用于寄生蜂的调查。

参考文献 (References)

Chen XX, Liu YQ, Ren SX, Zhang F, Zhang WQ, Ge F, 2014. Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 1–12. [陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 张帆, 张文庆, 戈峰, 2014. 害虫天敌的植物支持系统. 应用昆虫学报, 51(1): 1–12.]

Chen XX, Tang P, Zeng J, van Achterberg C, He JH, 2014. Taxonomy of parasitoid wasps in China: An overview. *Biological Control*, 68: 57–72.

Cheng JA, 1980. The methods for surveying natural parasitism rate of *Nilaparvata lugens* (Stål) eggs. *Chinese Bulletin of Entomology*, 17(5): 227–229. [程家安, 1980. 褐稻虱卵自然寄生率的调查方法. 昆虫知识, 17(5): 227–229.]

Dai JC, Lin NQ, 2000. Advances in hymenopterous parasites of forest insect pest in China. *Natural Enemies of Insects*, 22(3): 116–122. [戴建昌, 林乃铨, 2000. 中国林木害虫寄生蜂研究概况. 昆虫天敌, 22(3): 116–122.]

Eilenberg J, Hokkanen HMT, 2006. An Ecological and Societal Approach to Biological Control. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 322.

Gauld I, Bolton B, 1988. The Hymenoptera. Oxford: Oxford University Press. 332.

Hajek AE, Hajek A, 2004. Natural Enemies: an Introduction to Biological Control. Cambridge: Cambridge University Press. 378.

He JH, 1985. Surveying methods for egg parasitism rate of pine caterpillars. *Chinese Bulletin of Entomology*, 22(5): 223–226. [何俊华, 1985. 松毛虫卵寄生率的考查方法. 昆虫知识, 22(5): 223–226.]

He JH, 1986. Surveying methods for papal parasitism rate of pine caterpillars. *Forest Pest and Disease*, (2): 46–48. [何俊华, 1986. 松毛虫蛹寄生率考查方法. 森林病虫通讯, (2): 46–48.]

He JH, Chen XX, Ma Y, 2000. Fauna of China. Insecta, Vol. 19, Hymenoptera: Braconidae (I). Beijing: Science Press. 757. [何俊华, 陈学新, 马云, 2000. 中国动物志昆虫纲第十八卷膜翅目茧蜂科(一). 北京: 科学出版社. 757.]

He JH, Liu YQ, 2002a. List of hymenopterous parasitoids of *Prodenia litura* (Fabricius) from China. *Natural Enemies of Insects*, 24(3): 128–136. [何俊华, 刘银泉, 施祖华, 2002a. 中

国斜纹夜蛾寄生蜂名录. 昆虫天敌, 24(3): 128–136.]

He JH, Liu YQ, 2002b. List of hymenopterous parasitoids of *Spodoptera exigua* (Hübner) from China. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 28(5): 473–479. [何俊华, 施祖华, 刘银泉, 2002b. 中国甜菜夜蛾寄生蜂名录. 浙江大学学报, 28(5) : 473–479.]

Huang J, 1994. Systematic Studies on the Family Aphelinidae of China. Chongqing: Chongqing Publishing House. 348. [黄建, 1994. 中国蚜小蜂科分类. 重庆出版社. 348.]

HuangFu WG, Dong S, Gao MQ, Wu Q, Chai WG, Chen JH, Sun MM, Chen RX, Chen XX, 2010a. *Bemisia tabaci* (Gennadius) and its hymenopteran parasitoids in Ningbo, China. *Journal of Environmental Entomology*, 32(3): 375–379. [皇甫伟国, 董帅, 高明清, 吴琼, 柴伟纲, 谌江华, 孙梅梅, 陈若霞, 陈学新, 2010a. 宁波地区烟粉虱及其寄生蜂调查. 环境昆虫学报, 32(3): 375–379.]

HuangFu WG, Gao MQ, Wu Q, Wei SJ, ChaiI WG, Chen RX, Chen XX, 2010b. Hymenopteran parasitoids from larvae and pupae of the diamondback moth *Plutella xylostella* in Ningbo, China. *Chinese Journal of Biological Control*, 26(3): 254–259. [皇甫伟国, 高明清, 吴琼, 魏书军, 柴伟纲, 陈若霞, 陈学新, 2010b. 宁波地区小菜蛾幼虫期和蛹期寄生蜂调查. 中国生物防治, 26(3): 254–259.]

Jiang YY, Chen H, Zeng J, Yang RM, 2011. The survey results about the number of cotton plant bug using UNIVAC portable suction insects sampling system. *Agricultural Engineering*, 1(2): 93–95. [姜玉英, 陈华, 曾娟, 杨荣明, 2011. 昆虫采样系统用于棉盲蝽虫量调查试验结果. 农业工程, 1(2): 93–95.]

Larsen NJ, Minor MA, Cruickshank RH, Robertson AW, 2014. Optimising methods for collecting Hymenoptera, including parasitoids and Halictidae bees, in New Zealand apple orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17 (3): 375–381.

LaSalle J, Gauld ID, 1993. Hymenoptera and Biodiversity. Wallingford: CABI Publishing. 368.

Liu SS, 2004. Methods for evaluation of predators and parasitoids in the control of insect pests and strategy for their practical application. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(1): 1–7. [刘树生, 2004. 天敌动物对害虫控制作用的评估方法及其应用策略. 中国生物防治, 20(1): 1–7.]

Liu YF, Zhang GR, Gu DX, 1999. A study on the arthropod community in the paddy field using a modified suction device. *Plant Protection*, 25(6): 39–40. [刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 1999. 利用改装的吸虫器研究稻田节肢动物群落. 植物保护, 25(6): 39–40.]

Messing RH, Wong TTY, 1992. An effective trapping method for field studies of Opiine Braconid parasitoids of Tephritid fruit flies. *Entomophaga*, 37 (3): 391–396.

Neveu N, Grandgirard J, Nenon JP, Cortesero AM, 2002. Systemic release of herbivore-induced plant volatiles by turnips infested by concealed root-feeding larvae *Delia radicum* L. *Journal of Chemical Ecology*, 28(9): 1717–1732.

Noll FB, Gomes B, 2009. An improved bait method for collecting hymenoptera, especially social wasps (Vespidae: Polistinae). *Neotropical Entomology*, 38(4): 477–481.

Pu DQ, Shi M, Wu Q, Gao MQ, Liu JF, Ren SP, Yang F, Tang P, Ye GY, Shen ZC, He JH, Yang D, Bu WJ, Zhang CT, Song QS, Xu D, Strand MR, Chen XX, 2014. Flower-visiting insects and their potential impact on transgene flow in rice. *Journal of Applied Ecology*, 51(5): 1357–1365.

Quicke DLJ, 1997. Parasitic Wasps. London: Chapman & Hall. 470.

Saunders ME, Luck GW, 2013. Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat. *Australian Journal of Entomology*, 52(2): 106–113.

Schauff ME, 2001. Collecting and preserving insects and mites: techniques and tools. Washington, D.C.: Systematic Entomology Laboratory, USDA, National Museum of Natural History. 62.

Shi ZH, Liu SS, Li YX, 2002. *Cotesia plutellae* parasitizing *Plutella xylostella*: Host-age dependent parasitism and its effect on host development and food consumption. *BioControl*, 47(5): 499–511.

Vrdoljak SM, Samways MJ, 2012. Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. *Journal of Insect Conservation*, 16(3): 345–354.

Wang XY, Yang ZQ, 2008. Behavioral mechanisms of parasitic wasps for searching concealed insect hosts. *Acta Ecologica Sinica*, 28(3): 1257–1269. [王小艺, 杨忠岐, 2008. 寄生蜂寻找隐蔽性寄主害虫的行为机制. 生态学报, 28(3): 1257–1269.]

Wang YP, Chen XX, He JH, 2001. Studies of natural enemy found on tea tree from Zhejiang. *Journal of Zhejiang Forestry Science & Technology*, 21(6): 38–40. [王义平, 陈学新, 何俊华, 2001. 浙江茶树主要害虫天敌初步研究. 浙江林业科技, 21(6): 38–40.]

Yang ZQ, 1996. Parasitic Wasps on Bark Beetles in China. Beijing: Science Press. 363. [杨忠岐, 1996. 中国小蠹虫寄生蜂. 北京: 科学出版社.363.]

Zhang ZQ, 2013. Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, 3703: 82.

Zhao XF, 1999. Biological Control. Beijing: China Agriculture Press. 275. [赵修复, 1999. 生物防治. 中国农业出版社. 275.]