

土壤步甲和隐翅虫的采集与田间调查 取样技术*

周红章^{1**} 于晓东¹ 罗天宏¹ 李晓燕¹ 王凤艳¹ 李德娥¹
周毓灵子¹ 赵彩云²

(1. 中国科学院动物研究所, 北京 100101; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要 活动于土壤地表的捕食性甲虫——步甲与隐翅虫, 种类丰富、种群密度高、在农田害虫控制和农业生态系统平衡维持中发挥着重要的作用, 采集调查这两类昆虫的种类、数量和变化, 特别是与所捕食害虫种群动态相关联的季节变化, 对于害虫控制是极为重要的。根据作者多年经验, 筛选两种有效的田间采集与取样方法——陷阱法和草堆诱集法, 本文重点介绍它们的基本原理与使用情况、田间设置的技术关键与规范、操作流程等, 并对它们的样地设置原则及注意事项进行了简要讨论, 从而方便这两项技术的推广使用。

关键词 采集方法, 调查取样技术, 天敌步甲与隐翅虫, 陷阱法, 草堆诱集法

Collecting methods and sampling techniques of ground dwelling and predating Carabids and Staphylinids beetles

ZHOU Hong-Zhang^{1**} YU Xiao-Dong¹ LUO Tian-Hong¹ LI Xiao-Yan¹ WANG Feng-Yan¹
LI De-E¹ ZHOU Yu-Lingzi¹ ZHAO Cai-Yun²

(1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China;

2. Chinese Research Academic Environmental Science, Beijing 100012, China)

Abstract Ground dwelling and predating beetles, Carabidae (ground beetles) and Staphylinidae (rove beetles), are two important groups of predating insects in agricultural ecosystems. They have high species richness and population density and play crucial role in controlling pest insects and maintain health running of agricultural ecosystems. It is therefore very important to investigate their species composition, abundance and population dynamics (especially those changes relating to the pests), when pest control is mainly considered. According to our long-termed studies, we select here two methods, pitfall traps and haystack traps and introduce their general principle, usage, techniques and comparability in the field and procedures how to use them. We also discuss briefly how to build up sampling plots in the field and sampling bias that may disturb the result analysis. We hope that this introduction may be helpful for field investigations..

Key words methods of collection, sampling techniques, predating ground beetles and rove beetles, pitfall traps, haystack traps

在动物界乃至整个生物界, 昆虫纲都是一个数量庞大、适应范围广、生态特性异常复杂的门类, 昆虫约占世界已知动物种类的 80% 以上。昆

虫也是农业生态系统的重要组成部分, 昆虫参与调节和并影响许多与生态系统功能密切相关的生物过程。特别是天敌昆虫, 物种数量多、类群

* 资助项目: 国家自然科学基金项目 (NSFC-31472036, NSFC-J1210002); 中国科学院重点实验室项目 (Y229YX5105)

**通讯作者, E-mail: zhouhz@ioz.ac.cn

收稿日期: 2014-09-02, 接受日期: 2014-09-16

多样化,在农业生态系统中作用极其关键,在害虫的自然控制和生物防治中,发挥着不可忽视的功能。在这些捕食性昆虫中,以捕食性地表甲虫最为丰富,如步甲科、隐翅虫科、阎甲科等类群,活动在土壤浅表层,数量巨大,捕食功能强,与寄生昆虫相比,是广食性的,会对农田害虫总体的种群控制起到关键的作用。

由于昆虫在空间分布、栖息环境、生活习性、食物选择等方面的复杂性与多样性,依据昆虫生活在乔木、灌木、藤本、草本植物等多种植被环境中,针对地表昆虫、树冠昆虫、倒木昆虫、菌生与腐(尸)生昆虫、天敌昆虫、观赏昆虫等不同生态类别,昆虫学家们提出了多种不同的、有很强针对性的昆虫采集调查与种群监测方法,如陷阱法(Pitfall traps)、草堆诱集法(Haystick traps)、网筛法(Sifter method)、土样方法(Soil samples)、马来氏网诱集(Malaise traps)、窗诱集法(Windows flight traps)、改进型灯诱法(Light traps,对夜行性昆虫)、盘诱(Pan trap,也称为迈尔锐克盘 Moericke pan 或 Moereke yellow tray)、敲击振打法(Beating with beating sheets,针对作物上的植食昆虫)、样线网捕法(Transects by net collecting,主要针对昼行性的蝴蝶、蜻蜓等大型善飞昆虫)等。以上所列方法,相互配套互补、各有侧重,可以完成昆虫多样性的整体监测功能。国际上的若干长期定位生态监测计划、全球样带计划、Diversitas 计划等,都早已采用上述采集调查方法与技术,进行了长期深入工作,如美国科学家在南美、日本科学家在马来西亚等地,建立了热带雨林昆虫多样性长期监测与生态研究定位站,投入巨资开展监测研究,取得了令人瞩目的进展。

对于活动于农田土壤地表的捕食性甲虫,如步甲科、隐翅虫科等类群,它们活动性强,有隐蔽隐藏的特殊习性,针对它们的采集调查方法,可以选择巴氏陷阱法和草堆诱集法,这也是针对性强、易操作、可持久使用的最为合适的方法,可以在农田捕食性天敌甲虫的调查中发挥重要作用。在我们研究组过去近 20 年昆虫学研究中,对上述提到所有的、有可能应用在昆虫资源监测

中的方法技术,都程度不等的改进完善,并进行过长期的使用。如巴氏陷阱法,在我们的长期使用中,对样地设置、样点模式与空间配置、诱液配方等方面进行了探索,形成了自己的特色,也被同行大量采用;野外调查工作中,探索并建立堆集物诱集法,形成自己独特的数据量化与客观可比的实施程序。这里,针对上列两种方法,我们根据自己积累的研究经验,参考国内外同行的结果,经过规范与梳理,形成以下的土壤地表捕食性甲虫采集调查方法,重点介绍如下。

1 陷阱法或巴氏陷阱法

1.1 基本介绍

陷阱法或巴氏罐诱法(Pitfall traps 或 Barber traps)用于地表活动的节肢动物调查与监测。该方法的基本生态与生物学原理,就是利用地表昆虫的活动,捕获落入诱杯中的昆虫个体,尤其适用于地面植被低矮、稀疏的生境。陷阱法应用非常普遍,历史源远流长。根据现有文献记载,最早将陷阱法应用到昆虫调查上是 Hertz (1927) 和 Barber (1931),目前使用的巴氏陷阱法的名称就是来自后者。陷阱法受天气、温湿度、周围植被、食物、陷阱的材料、大小形状和安置方法以及引诱物差异等多方面因素影响(Mitchell, 1963; Greenslade, 1964, 1973; Luff, 1975; Winder *et al.*, 2001),所以该方法在估计种群密度时存在严重缺陷,即使是在比较相对密度时也需要充分考虑到各种因素的影响(Baars, 1979; Spence and Niemelä, 1994; Topping and Sunderland, 1992; Weeks and McIntyre, 1997)。然而,由于陷阱法操作简单且容易比较,对于大多数研究者来说很难找到更合理的替代方法(Kowalski, 1975);特别是经过长期的改进与积累、尤其在数据分析方法方面改进良多,目前该方法已经成为调查地表昆虫、特别是捕食性甲虫的常规方法,在种群变化、生物多样性监测及群落生态研究等方面成为非常有效的研究方法(Luff, 1975; Baars, 1979; Spence and Niemelä, 1994)。这个方法,适合于研究地表活动的昆虫及其它节肢动物,广泛应用于地表甲虫、蜘蛛、

多足类等多个动物门类的种群变化监测、物种组成与数量变化动态、长期监测数据收集等多个方面的生态学研究,也非常适合于农田捕食性天敌甲虫的采集与调查 (Yu *et al.*, 2006, 2007)。

使用巴氏罐诱法需要的野外条件几乎没有限制,但是如果考虑到采样数据独立性,样点间的距离与实验对象差异有变化,如果使用无引诱效果的陷阱,样点间的距离保持在 15 m 以上 (Digweed *et al.*, 1995),但如果使用有引诱效果的陷阱,尤其是腐烂的肉、海鲜等,样点间的距离最好保持在 100 m 以上 (Shubeck, 1968)。样点可由一个陷阱组成,也可以由一组陷阱组成。此外,为了避免边缘效应的影响 (Magura, 2002; Heliölä *et al.*, 2001; Yu *et al.*, 2007),一般建议样点与调查样地的边缘距离在 100 m 以上。

1.2 陷阱法的装置设计与田间设置

陷阱的设置是将容器放置到土壤中,容器上沿与地面平齐,地表活动的捕食性甲虫及其它无脊椎动物会掉落到容器内被捕获。任何大小和形状的容器只要表面光滑均可以使用,避免昆虫从陷阱内逃脱。通常在设计陷阱时需要充分考虑到使用材料的获得性、安装和取样是否容易等。陷阱一般采用 2 个容器,外杯和内杯,取标本时仅取出内杯倒出诱集标本并进行后处理,这样就能避免在取样时破坏地表结构 (图 1)。容器材质也是多种,塑料杯、PVC 和玻璃杯是优先选择。

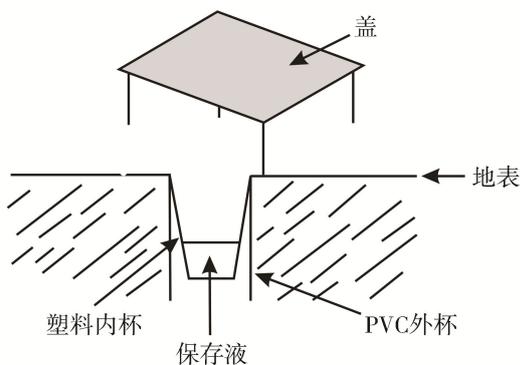


图 1 陷阱法示例

Fig. 1 Illustration of pitfall traps

陷阱内一般倒入保存液杀死落入陷阱内无脊椎动物,避免昆虫相互残杀和腐烂,倒入的溶液量为内杯的 1/4 ~ 1/3 (图 1)。保存液通常为无色无味溶液,目前最常使用的保存液是乙二醇、丙二醇和福尔马林等。这些溶液都有一定的防腐功能,所以标本可以在陷阱内保存长久,如果没有雨水稀释,甚至长达 4 周以上,而且溶液可以重复使用。但是蜘蛛类标本可能在这个过程中腐烂,所以最好建议最长取样时间短于两周。但是这些溶液都具有一定的毒性,特别是乙二醇和福尔马林,在野外使用时注意安全和污染。混合溶剂 (如糖、醋、酒精及水等)、酒精、水等也是常用的保存液。但是这些溶液保存标本的效果不是很好,酒精的挥发性高,所以标本容易腐烂,野外取样时间必须大幅缩短,一般取样时间在 3~4 d,热带地区则进一步缩短。此外,混合溶剂对步甲和隐翅虫科昆虫有一定的吸引作用,酒精对有些昆虫也有一定的吸引,但是这些引诱作用影响相对较小,所以混合溶液和酒精也可发作为常规的方法广泛地应用到地表昆虫调查研究中。为了避免昆虫个体对陷阱采集的的干扰,通常还要在陷阱内加入少量的洗涤剂。

由于雨水会冲刷陷阱、破坏陷阱、造成标本流失,干扰正常取样,所以陷阱上方通常安置盖来遮挡雨水 (Porter, 2005) (图 1)。盖的材质同样可以采用多种材料,铁皮和塑料盖优先选择。野外陷阱安装的常用配套材料和挖掘工具有花铲、行军铲、镐、以及自制工具等。采用巴氏罐诱法进行调查采集中所用到的用品类别及相关规范见表 1。

标本采集以及随后的数据分析以样点为单位。标本采集选择每年的植物生长季 (4—10 月),取样频次每月 2 次,每次放置陷阱的时间 3 d。陷阱内标本一般保存在 70% 的酒精内,但如果标本需要进行分子生物学实验,最好保存在 95% 的酒精内。如果需要反复取样,标本就需要定期从陷阱内取出,倒入到小容器 (方瓶或圆瓶) 内,将标本直接倒入细棉布 (豆包布) 也是一种便捷方式。

表 1 陷阱法的野外规范设备及用品

Table 1 Pitfall traps, standard requirement and equipment in the field

装备类别 Type of equipment	规格或要求 Standard or requirement	备注 Remarks
陷阱容器	外杯选 PVC 材料的圆管 (7.5 cm × 10 cm); 内杯为一次性塑料口杯 (7.5 cm × 9 cm); 盖选白铁皮 (15 cm × 15 cm)	PVC 管和白铁皮在建材市场可以买到, 自制而成; 塑料口杯可以在超市买到。由于实际购买制作时容器的规格可能存在差异, 可以自行调整
陷阱内的诱集溶液	选择混合液作为陷阱内保存液, 糖: 醋: 酒精: 水重量比为 2: 1: 1: 20; 为了避免干扰, 还要在陷阱内加入少量的洗涤剂	从经济以及方便角度, 混合液是首选; 如果条件允许, 防冻液也是陷阱内保存液的不错选择
陷阱放置工具	花铲、行军铲	
标本收藏器具	方瓶或圆瓶 (100-120 mL)、漏斗、镊子	
标本长期保藏液体	酒精 (70%)	

田间样地的设置规范, 要根据田间调查的目标, 充分考虑到生态学研究关于样地独立性、样地代表性、调查数据的可比性等要素在田间设置样地。一般情况下, 在总体调查农田面积大于 25 hm² 地域内, 选择 3 个样地, 每个样地面积在 4 hm² 以上, 样地间的距离至少 500 m; 面积不够大、约为 5 hm² 的同质调查农田内选 1 个样地。每个样地内设 5 个样点, 样点间距离 15 m, 每个样点由 5 个陷阱组成, 排列成十字形 (图 2), 每个陷阱的间距为 1 m。

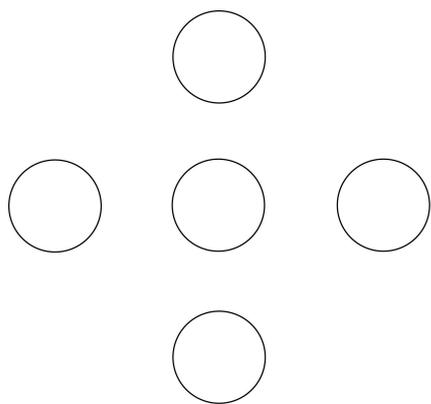


图 2 样点内陷阱排列示意图

Fig. 2 Illustration of pitfall traps as a sample group

1.3 陷阱法的其它若干变化

除了上面提到常规方法外, 巴氏罐诱法在实际应用中由于针对研究对象的不同也有不同调整, 主要反映在陷阱内是否有诱物或是否需要活捕, 以及陷阱特殊设计上。

1.3.1 陷阱内采用引诱物并杀死昆虫 利用某些针对特殊类群对某种食物的趋向性, 采用引诱物捕杀进入陷阱内昆虫。方式有两种, 一种是陷阱内没有使用单独的固体引诱物, 直接采用具有引诱作用的溶液作为陷阱内液体, 如用糖溶液引诱蚂蚁; 另一种是陷阱内有单独引诱物, 悬挂在陷阱内, 陷阱内杀死昆虫仍然使用乙烯基乙二醇、丙二醇、酒精或福尔马林等溶液。陷阱内的引诱物种类繁多, 具有引诱效果的东西均可以使用, 如用奶酪和酵母诱捕步甲类昆虫, 尤其是大步甲属昆虫, 用腐烂的食物 (肉、海鲜、水果等) 诱集捕食性的食腐类甲虫 (如步甲、隐翅虫、埋葬甲、腐金龟、腐阎甲等) (图 3) (罗天宏等, 2006a, 2006b; Klein, 1989; Gibbs and Stanton, 2001)。

1.3.2 捕捉活的昆虫 除了捕捉死的昆虫标本外, 某些生物学研究需要捕捉活的昆虫。陷阱内可以不放引诱物, 也可以在陷阱内放置引诱物, 利用各种方式悬挂在陷阱内或放置在底部, 引诱

物与上面描述相同,陷阱里空置或放一些用来保湿的小块海绵、泡沫等 (Tsurikov, 2006)。但是由于陷阱内昆虫如果不及时取走,昆虫可能会相互残杀,所以最好每天早晨检查陷阱内昆虫 (Niemelä *et al.*, 1992)。

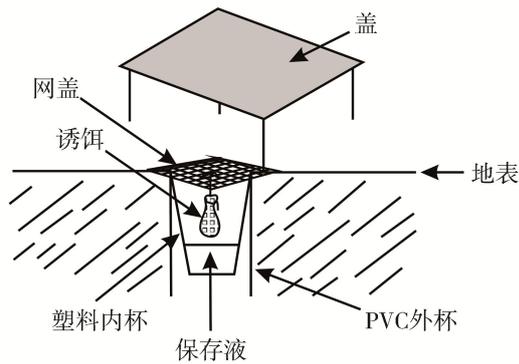


图 3 有引诱物的陷阱法示例

Fig. 3 Illustratoin of pitfall traps with attractant

1.3.3 陷阱的特殊设计 除了常规陷阱外,还可以根据田间调查的目的和要求,设计有其它变化的陷阱。如为了在野外操作简单,尤其是非重复取样时,可以采用单个诱杯作为一个陷

阱点,不必 5 杯一组一点;也可在杯子杯壁上打一小孔,防止雨水过多导致标本流失,以取代诱杯之上的遮盖。针对步甲和隐翅虫及某些蜘蛛类群,利用栅栏连接的陷阱效果会更加理想 (图 4)。

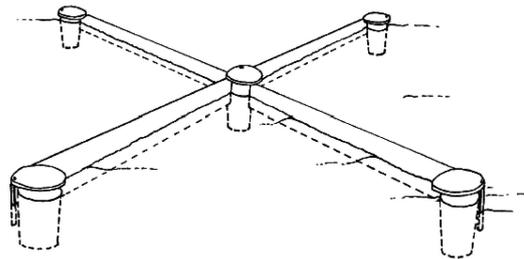
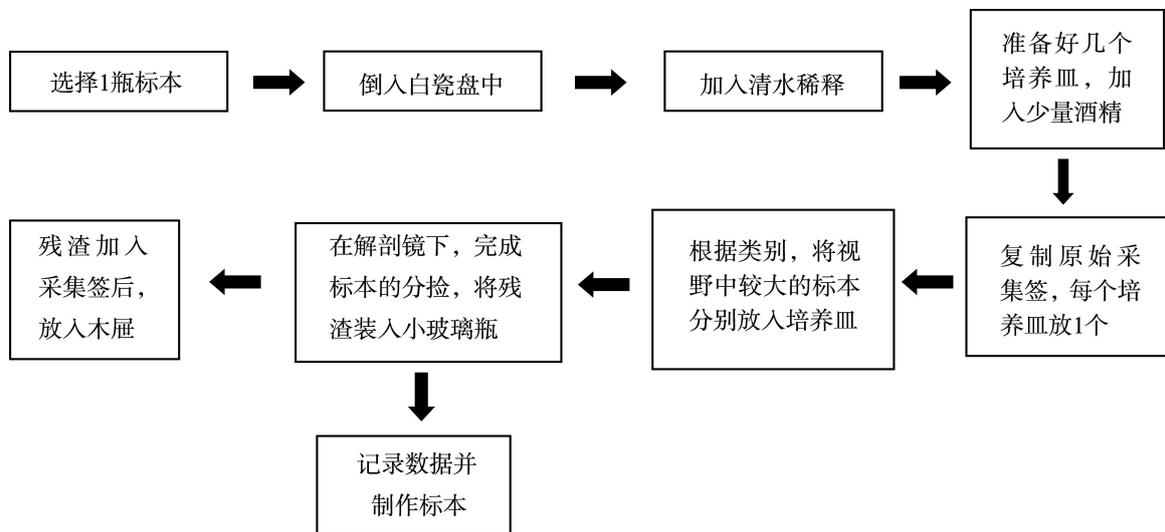


图 4 栅栏连接的陷阱法

Fig. 4 Illustratoin of pitfall traps with barrier connection

1.4 样品处理流程

野外采集时,每个样点内陷阱采集到标本直接装入小塑料瓶,并加入采集签进行标记。回实验室后,标本需要进行如下处理:



标本初步分检的数据需要用数据表记录,数据记录要包括调查地点、样地类型、样地类型编

号、调查方法、调查时间、负责野外调查的人、初步分拣人及标本鉴定人等信息,同时,每诱集

点或每个陷阱内的标本数量,也要根据鉴定单元分别计数。

2 草堆聚集法

2.1 基本介绍

草堆聚集法(Haystick traps)用于聚集性草食分解者昆虫以及相应的捕食者——步甲和隐翅虫,有时也可以采集一定数量的天敌阎甲昆虫,是一种经济、简便、容易操作、又十分有效的农田天敌采集与调查的有效方法。这个方法,主要适用于监测植物残体的分解者以及以这些残体为主要栖息生境的昆虫类群,如地表甲虫(隐翅虫、步甲、阎甲等)。

野外采集经常发现除草后农田边的杂草堆经过晾晒和腐败之后,会吸引大量的昆虫隐居其中,可以利用这种现象,人为放置草堆,取得相应的诱集与标本采集效果。草堆的腐烂需要大量的草食分解者昆虫以及其他节肢动物,分解者的聚集又会引诱其捕食者动物的到来,形成一个密度很高的简单生境。不同腐烂程度的草堆会吸引不同的分解者,随着草堆的腐烂,捕食者的类群也会产生相应的变化,因此草堆诱集法可以调查农田、森林、草地等各类生境的昆虫,它们平时难以发现,但用这种方法就可以收集这类有聚集性行为的捕食类天敌。

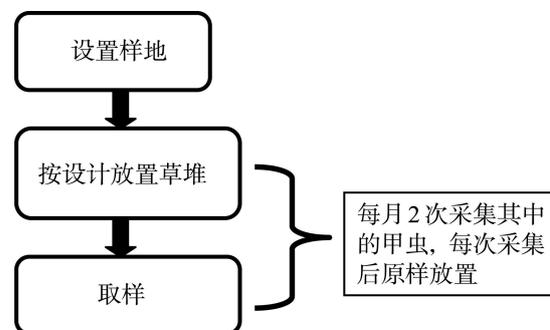
该方法在世界上发表的科学文献中几乎没有记载,主要为本组成员和其他采集者在野外采集时使用,经过长时间的野外验证,该方法十分有效而且简便易行,可以作为一种农田生态调查和昆虫生物多样性监测的方法。

2.2 该方法的装置设计、野外设置及样地设计介绍

实施这种调查采集方法的工具和材料包括:手套:普通棉布手套,用于割草和堆草时保护双手;柴刀:用于砍草;塑料布:120 cm×120 cm 普通塑料布;米尺或其他易携测量工具:制作草堆时用于限定草堆大小;塑料袋:因其开口较大,用于盛放塑料布上的底物;布袋:用于盛放筛滤

草堆后的底物;小型铁耙:普通的养殖花草的小型短柄铁耙;保存液:70%酒精。标本样品瓶:存放收集到的甲虫标本。

田间诱集草堆的设置及样地设计,一般要遵从如下要求:当同质农田大于 25 hm² 时,在 25 hm² 的范围内随机设置 3 个小样地,每个小样地 1 hm² (100 m×100 m),小样地之间距离至少 300 m 以保证每个小样地的独立性;以每个小样地的两条中线为样带,每条 100 m,在每条样带上距小样地边缘 25 m 放置一个草堆,因此每条样带放置 2 个草堆,每个小样地放置 4 个草堆,每轮总共放置 12 个草堆;每月两轮,10 号放置草堆,14 号取样,20 号放置草堆,27 号取样,如果遇到恶劣天气(如大雨、大风等)可推后几天取样。取样流程如下:



2.2.1 天敌甲虫的标本样品收集及后处理 取样时,戴手套将草堆拿起,并稍抖动,使其中的部分昆虫掉落在塑料布上,并迅速将塑料布上的昆虫倒入塑料袋或布袋并扎口,然后用网筛将草堆过筛(具体操作见网筛分离法),并将底物装入布袋后扎口。返回住处后,如果所得底物很多,则可使用 Berlese 漏斗处理(具体操作见网筛分离法),如果底物不多,则可以将底物一并浸入 70%酒精或用其他毒剂将其中的昆虫毒杀,再进行分检,并按类群分别封装保存。

2.2.2 草堆制作规范 草堆将底面堆成方形,边长为 100 cm,草堆的高度为 100 cm,鲜草割下之后直接抛在地面上事先铺好的塑料布上,而不对草堆施用任何压力使草堆更紧,即让草堆只依靠自身重力自然形成一定的密度。

同样,采用这个方法收集的样品,包括所有的甲虫标本,都需要初步分检。所有数据需要用数据表记录下来,数据记录要包括调查地点、样地类型、样地类型编号、调查方法、调查时间、负责野外调查的人、初步分拣人及标本鉴定人等信息,同时,每诱集点或每个陷阱内的标本数量,也要根据鉴定单元分别计数。

3 讨论

3.1 农田捕食性天敌调查取样的规范性与可靠性

在农田捕食性天敌调查取样中,方法的规范性与技术的可靠性至关重要,直接关系到调查研究的成败。对于上述方法,合理规划、规范统一、重点可比等要素,不仅是这类方法、也是其它昆虫生态调查监测方法成败的关键。因而,在上述方法的实施中,要从技术设备、实施步骤、使用频度等方面做到过程清晰、标准完备、实施统一、人为因素减至最小。这也是现在农田调查中的主要问题与难点。不管如何,通过实施上述方法,经合理设计、规范监测、足量重复,达到调查数据的完整性、可靠性和可比性。当然,也要考虑人力资源的有限性,在充分顾虑调查目标情况下考虑调查的经费实用性,如在调查面积太大时,缩减样地或缩减重复,包括缩减诱集点,仅调查一部分,用局部样地来推断整体状况。

3.2 样地选择的基本原则

为了使样品做出的推论有价值,取样必须有一定的原则,为了不浪费精力,必须使用有效的方法。Cochran (1977) 详细地讨论了取样的基本原则和方法, Sutherland (2006) 又对这些原则和方法进行了概述。取样原则和方法的核心为样地的代表性、重复性以及取样单位大小和数量。为了使取样有效,样品必须对整体具有代表性,否则对整体的推论将是有偏差的。如在农田作物的轮作时间、面积大小、景观异质性及配置样式、作物生长时间及取调查取样时间等,都会影响调查采集的效果,影响田间天敌种群变化调查研究的结果,进而影响整个研究的结果。此外,细心地确定样品的数量和研究地的面积同样十

分重要。

3.2.1 取样重复 由于一个单一的取样单位只能提供研究种群的不精确估计,并且无论多么细心的选这个样品,结果都不一定有更精确的代表性,所以取样的重复就十分必要。这就是说,如果仅仅调查一个单一农田的步甲及隐翅虫数量,就推测出整个大田或地域的数量,而不全面考虑上边提到各类因素,这样的调查结果显然就不能反映整个大田的天敌数量。为了增加精确度和代表性,就要增加重复,增加样地,使样地有足够的代表性。此外,取样单位的重复还有另外的基本作用,即它允许对整体推论的精确性进行估测评价,在测定样地内天敌种群的平均值等数量时,还能计算估测值的方差、置信区间及差异的统计显著性。

3.2.2 取样代表性与随机取样 随机取样是确保取样代表性的关键。随机性不代表随意性,随机性要求任何一个样品单位都有相等的机会被抽取,确保随机性最好的方法将所有的样品编号,然后利用随机数表来选取样品单位号作为样品。取样单位常常自然地排列在二维图中。

3.2.3 取样单位的大小 取样单位的大小可以用面积和体积来衡量,但在本文介绍的方法中,一般以诱集点(如诱集陷阱或草堆数量)作为指标;同时也考虑诱集杯或诱集草堆放置在田间的时间长短。取样单位面积多大才好呢?如果取样单位太小,其中的生物量可能因为边缘效应而出现系统的偏差。但是如果取样面积太大,使得每个样品的工作量很大,那么在研究中就不可能取很多样品,降低了平均数总体估计的精确性。

3.3 农田样地的独立性与边缘效应

3.3.1 取样单位的独立性 取样单位——样地的独立性也是保证田间调查成功的关键因素。上面提到取样时需要保证样地和样点重复,但是实际上在实际操作上,也必须保证样地和样点间有足够的距离,如果距离过近,样地间或样点间的取样会因为交互作用产生干扰,导致取样数据产生偏差。为了保证取样的独立性,样地间的距离一般保证在 500 m 以上;但是针对不同调查对象,

样点间距离有所不同。在针对地面活动为主且嗅觉不是很发达的昆虫时,距离可以较近,如调查步甲等地表甲虫时,样点间距离保证在 15 m 以上即可 (Digweed *et al.*, 1995),但是在针对飞行能力较强或嗅觉发达的昆虫时,距离必须较远才行,如调查对腐烂气味敏感的埋葬甲等腐生性甲虫时,最好保证样点间距离在 100 m 以上 (Shubeck, 1968)。

3.3.2 边缘效应 边缘效应也是保证取样成功需要注意的因素。一般来说,如果仅仅需要采集昆虫标本,取样没有任何要求,不需要关注样地面积和形状等基本特征。但是如果希望进行比较,尤其是生境类型间的对比,这其中必然要涉及到边缘效应的影响。边缘效应一般指由于生境边缘在风速、光照、捕食、寄生以及种间关系方面与生境内部差异很大,由生境内部到边缘经常呈现出梯度变化 (Yahner, 1988; Holland *et al.*, 1991; Saunders *et al.*, 1991; Murcia, 1995),由此导致在生境内生活的动物也因为适应这些变化而在分布上也呈现出相应的梯度变化,如在森林砍伐后形成的边缘效应研究中,步甲从森林到边缘的分布就已经发现明显的梯度分布 (Heliölä *et al.*, 2001; Magura, 2002; Yu *et al.*, 2007)。同理,大田调查时,也要充分考虑农田的异质性,在田间地头的样点及大田中央的不一样。所以,在研究中为了减少边缘效应可能导致的偏差,取样时需要尽量避免在边缘取样,样点一般放置在距生境边缘 15~25 m 处,如果条件允许,最好距生境边缘 100 m。由于样点间需要保证取样的独立性,而且需要同时考虑到边缘效应的影响,所以样地的面积一般至少在 4 hm² 以上。

参考文献 (References)

Barber HS, 1931. Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of Elisha Mitchell Science Society*, 46 (2): 259–266.
 Barrs MA, 1979. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia (Berl)*, 41 (1): 25–46.
 Cochran WG, 1977. *Sampling Techniques*, 3rd edition. New York, John Wiley & Son. 428.
 Digweed SC, Currie CR, Cárcamo HA, Spence JR, 1995. Digging out the digging-in effect of pitfall traps: influences of depletion

and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiology*, 39: 561–576.
 Gibbs JP, Stanton EJ, 2001. Habitat fragmentation and arthropod community changes: carrion beetles, phoretic mites, and flies. *Ecological Applications*, 11 (1): 79–85.
 Greenslade PJM, 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, 33 (2): 301–310.
 Greenslade PJM, 1973. Sampling ants with pitfall traps: digging-in effects. *Insectes Sociaux*, 20 (4): 343–353.
 Heliölä J, Koivula M, Niemelä J, 2001. Distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone. *Conservation Biology*, 15 (2): 370–377.
 Hertz M, 1927. Huomioita petokuoriaisten olinpaikoista. *Luonnon Ystävä*, 31: 218–222.
 Holland MM, Risser PG, Naiman RJ, 1991. *Ecotones. The Role of Landscape Boundaries in the Management and Restoration of Changing Environments*. Chapman & Hall, London, UK. 142.
 Klein BC, 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology*, 70 (6): 1715–1725.
 Kowalski R, 1975. Obtaining valid population indices from pitfall trapping data. *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences*, 23: 799–803.
 Luff ML, 1975. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia (Berl)*, 19 (4): 345–357.
 Magura T, 2002. Carabids and forest edge: spatial pattern and edge effect. *Forest Ecology and Management*, 157 (1/3): 23–37.
 Mitchell B, 1963. Ecology of two carabid beetles, *Bembidion lampros* (Herbst) and *Trechus quadristriatus* (Schrank). II. Studies on populations of adults in the field, with special reference to the technique of pitfall trapping. *Journal of Animal Ecology*, 32 (3): 377–392.
 Murcia C, 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 10 (2): 58–62.
 Niemelä J, Spence JR, Spence DH, 1992. Habitat associations and seasonal activity of ground-dwelling beetles (Coleoptera, Carabidae) in central Alberta. *The Canadian Entomologist*, 124 (3): 521–540.
 Porter SD, 2005. A simple design for a rain-resistant pitfall trap. *Insectes Sociaux*, 52 (2): 201–203.
 Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR, 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5 (1): 18–22.
 Shubeck PP, 1968. Orientation of carrion beetles to carrion: random or nonrandom? *New York Entomological Society*, 76 (4):

- 253–265.
- Spence JR, Niemelä JK, 1994. Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *The Canadian Entomologist*, 126 (3): 881–894.
- Sutherland WJ, 2006. *Ecological Census Techniques. A Handbook*. 2nd edition. Cambridge: Cambridge University Press. 432.
- Topping CJ, Sutherland KD, 1992. Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology*, 29 (2): 485–491.
- Tsurikov MN, 2006. Three traps with bait for insects. *Entomological Review*, 86 (Suppl. 1): 101–103.
- Weeks Jr.RD, McIntyre NE, 1997. A comparison of live versus kill pitfall trapping techniques using various killing agents. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82 (3): 267–273.
- Winder L, Holland JM, Perry JN, Woolley C, Alexander CJ, 2001. The use of barrier-connected pitfall trapping for sampling predatory beetles and spiders. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 98 (3): 249–258.
- Yahner RH, 1988. Changes in wildlife communities near edges. *Conservation Biology*, 2 (4): 333–339.
- Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, Yang J, 2007. Distribution of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) across a forest-grassland ecotone in Southwestern China. *Environmental Entomology*, 36 (2): 348–355.
- Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, 2006. Effects of carabid beetles among regenerating and natural forest types in Southwestern China. *Forest Ecology and Management*, 231 (1/3): 169–177.
- 罗天宏, 于晓东, 周红章, 2006a. 卧龙自然保护区落叶松林不同恢复阶段的嗜尸性甲虫物种多样性. *昆虫学报*, 49 (3): 461–469. [Luo TH, Yu XD, Zhou HZ, 2006a. Species diversity of sarcosaprophagous beetles (Coleoptera) in larch plantations at different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, southwestern China. *Acta Entomologica Sinica*, 49 (3): 461–469.]
- 罗天宏, 于晓东, 周红章, 2006b. 阎甲 (鞘翅目: 阎甲科) 采集方法的比较及应用前景. *昆虫知识*, 43 (4): 600–603. [Luo TH, Yu XD, Zhou HZ, 2006b. Comparisons of different collection methods of histerid beetles and their applications in field investigations. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43 (4): 600–603]