

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2012.03.002

# 步甲研究进展

李卫东, 胡雅辉, 彭兆普

(湖南省植物保护研究所, 长沙 湖南, 410125)

**摘要:** 步甲是在田间地表活动的一大类昆虫, 常常被看作一些生态环境的生物监测指示物种, 也被当作一些害虫的生物控制天敌。自 1900 年以来, 昆虫学家对步甲的研究从来没有停止过, 本文从分类地位、一般生物学特性、抽样方法、步甲的生态角色、步甲的活动范围、取食特性及研究方法上, 对步甲的国内外研究现状进行了概括和阐述, 并结合作者对步甲的研究工作, 介绍了步甲的保护利用措施, 并对步甲研究进行了展望。

**关键词:** 步甲; 研究; 生物检测; 生物控制

中图分类号: Q969.48<sup>+1</sup>

文献标志码: A

文章编号: 2095-3704 (2012) 03-0239-06

## The Review of Carabids Research

LI Wei-dong, HU Ya-hui, PENG Zhao-pu

(Plant Protection Institution, Hunan Province, Changsha 410125, China)

**Abstract:** Carabids are one kind of insects which are active on the ground surface of the farmlands. They are treated as bio-monitoring species in many ecological environments, and as biological control agents for some insect pests. The researches of carabids have not been broken off since 1900. This article reviewed researches of carabids in classification, bionomics, sampling methods, ecological roles, range of moving space, feeding habits and study methods. Based on our studies on ground beetles, the article recommended some measures of protecting and using the insects, gave suggestion for future research on them.

**Key words:** carabids; review; bio-monitoring; biological control agent

利用有益生物对害虫进行生物防治一直是害虫防治领域的一个追求, 长期以来, 一些有益生物由于成功的大量繁殖和商品化应用而被人们所熟悉, 从 1900 年到 2011 年已经被商品化的天敌种类涉及了多足纲、软体动物、隐翅目、双翅目、脉翅目、线虫纲、半翅目、鞘翅目、鳞翅类和膜翅目的 200 多个物种<sup>[1]</sup>, 遗憾的是, 有一大类天敌昆虫, 没有一个物种曾经被大量繁殖和商品化应用, 该类天敌就是步甲科天敌。

### 1 步甲的分类地位

在分类地位上, 步甲属鞘翅目 Coleoptera、肉食亚目 Adephaga、步甲总科 Caraboidea、步甲科 Carabidae。触角丝状(图 1), 后足基节固定在胸腹板上不能活动, 后翅通常退化, 不能飞翔, 有的种类左前翅愈合, 不能分开。跗节 5 节。腹部可见腹板 6 节。成虫和幼虫昼伏夜出, 食性杂, 有植食性、肉食性和杂食性物种。步甲科是鞘翅目中的大科, 世界上共有步甲物种约 4 万<sup>[2]</sup>, 已知步甲物种约 2.6 万, 我

收稿日期: 2012-09-22

基金项目: 中国烟草总公司湖南省公司科技 2012 年项目“烟草主要害虫小地老虎生物防控新技术与集成示范”。

作者简介: 李卫东, 男, 湖南永州人, 研究员, 硕士, 主要从事作物栽培与害虫防治研究, 228376749@qq.com。

国记载约 1 750 种, 分属于 60 多个属, 种类较多的属有星步甲属、步甲属、青步甲属和婪步甲属。全球

步甲物种发现累计数曲线目前还没有达到相对平稳的情况, 表明仍有很多步甲物种没有被鉴定<sup>[3]</sup>。



图 1 双斑青步甲

## 2 步甲的一般生物学特性

不同的步甲物种发育历期和发生规律不同。双斑青步甲, 在福建省, 以成虫在田埂边的土块中、石下及堆积物内越冬, 翌年4月下旬开始产卵, 5月中旬至6月上旬最盛, 越冬代成虫最迟产卵可延至11月5日。越冬代成虫多数于6-7月间死亡, 少数可活至第3年春天。成虫一般在日平均温度20℃以上才能产卵, 25℃产卵最盛, 5月中、下旬至11月上旬各虫态均能正常发育。21℃时, 卵的发育历期为10 d、幼虫为22 d, 蛹为13 d。越冬成虫于4月上、中旬开始交配, 一般在下午4-5时交配<sup>[4]</sup>。研究表明, 温度会影响步甲的发育历期, 在20℃到30℃间<sup>[4]</sup>, 而昼夜长短间接影响步甲的发育<sup>[5]</sup>。黑广肩步甲, 在山东省, 1年1代, 以成虫在土壤中越冬。翌年5月中下旬及6月间有少数成虫出土活动, 7月末8月上中旬大量出土捕食鳞翅目幼虫, 在发生盛期产卵于土中, 8月中下旬卵孵化为幼虫, 9月中下旬幼虫在土中做土室化蛹, 10月上中旬羽化为成虫, 在原土室内越冬, 不再出土活动<sup>[6]</sup>。步甲对越冬产卵所有一定的要求, 一些在湿地的步甲物种, 他们的越冬产所就在湖边或者湿地的附近, 因为他们不能飞翔, 无法迁飞<sup>[7]</sup>。

## 3 步甲的抽样方法

步甲种群的抽样方法通常采用陷阱诱捕法, 但是由于陷阱诱捕法是一种间接估测的方法, 因此, 创新、改进陷阱诱捕法、评价各种陷阱诱捕法的努

力一直没有间断过。图 2 为典型的陷阱设置实物图<sup>[8]</sup>, 也是近年来, 被认为对步甲捕获最有效的陷阱设置方法<sup>[9]</sup>, 该陷阱系统为 5 个陷阱组合, 通过 4 个障碍板相连, 障碍板的作用使得陷阱的捕获效率提高了 1 倍。5 个陷阱中的单个陷阱使用的材料可以是熟料杯、陶瓷罐、pvc 管套塑料管, 在陷阱中可以是空的、也可以是添加了不同成分的液体, 比较常见的液体组合是水、洗衣粉和防冻液。在陷阱中添加液体能更多的捕获步甲, 但是得不到活的虫体。在单个陷阱的上方通常会有盖子, 盖子可以防止雨水淹没陷阱和阻止大型猎物取食陷阱内的步甲, 通过盖子的开合可以决定取样的时间。图 1 的陷阱虽然效率高, 但是布置起来还是比较麻烦, 将 5 个陷阱组合中周边的 4 个陷阱取消, 只保留中间的 1 个陷阱, 将使陷阱布置和抽样变得较为简单, 并且获得的步甲物种数和步甲数量依然能够反映步甲群落的整体情况, 因此, 该种设计在多篇文献中被推荐<sup>[10-11]</sup>。除了陷阱的设置, 时间范围和空间范围存在对抽样效果的不对称的影响, 即一个时间布置  $n$  个陷阱将比一个地点抽样  $n$  次会得到更多的步甲物种数<sup>[12]</sup>。

## 4 步甲的活动范围

除了少数步甲物种被认为有迁飞作用外, 大多数的步甲不能飞翔, 迁飞步甲大多为植食性物种, 步甲的迁飞行为主要出现在8月中下旬, 夜间起飞时间在日落后半小时, 持续飞行时间可以达到5 h以

上,飞行高度主要集中在450 m以下<sup>[13]</sup>。多数步甲,往往不能迁飞,在生态系统里面都有自己的活动范围<sup>[7,10,14]</sup>。通过空间自相关分析表明,在空间同质性的大面积适宜生境中,步甲个体影响范围在200 m-400 m之间<sup>[10]</sup>。然而,步甲会有自己的生境喜好,在空间异质和时间异质的情况下,步甲会向更适合的生境进行迁移,导致步甲在生境中的活动随季节

和生境特点而有所不同<sup>[14]</sup>,不能迁飞的步甲每天都有一定的迁移距离,一般的1 d迁移的距离不到1 m,但是,有少数步甲迁移距离会超过30 m<sup>[14]</sup>。在两种作物生境相邻或者间作的情况下,步甲会在两种作物生境之间来回的活动,但是大多数的步甲在这样的情况下活动范围在60 m之内<sup>[15-16]</sup>。

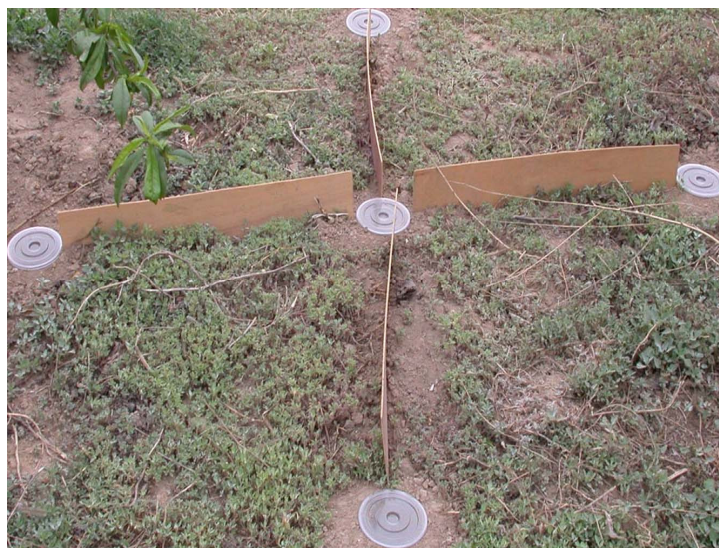


图2 诱捕器的设置

## 5 步甲的生态角色

步甲广泛存在各类生境当中,但是以生态稳定,地面植被覆盖多,面积大的森林生态系统中,种类和数量最多<sup>[17]</sup>。不同的生境往往会有特定的步甲物种组成<sup>[17-18]</sup>,但是,一些常见物种会在多种生境中广泛存在,不同的生境仅仅影响这些物种的种群密度<sup>[10,19-20]</sup>。结合步甲的物种组成、步甲相对多度往往可以大体的指示生态系统中的环境特点<sup>[21-23]</sup>,一些物种的身体大小也会随着海拔高度或地理纬度的变化而发生变化<sup>[24]</sup>,室内研究证实,土壤环境中的重金属镍含量对步甲的活动能力和呼吸率有影响<sup>[25]</sup>,较多的金属镍也会在步甲身体内残留,形成重金属污染<sup>[26]</sup>。在同样的植被情况下,杀虫剂使用和耕翻较多将使步甲相对多度减少<sup>[27]</sup>。步甲在农田生态系统中不但起着调节害虫的作用<sup>[28-31]</sup>,也被认为对杂草的多样性具有影响<sup>[32]</sup>。

## 6 步甲的取食特性及研究方法

大多数的步甲为肉食性(约占73%),其次为

杂食性(约占19%)和仅占8%的植食性物种<sup>[33]</sup>。捕食性步甲的捕食能力很强,初孵幼虫即能捕食比自身大十几倍的鳞翅目幼虫<sup>[4]</sup>,每天平均取食2.2头鳞翅目幼虫,最多可取食8头,同时,步甲成虫的耐饥能力达60 d以上<sup>[34]</sup>。同样为肉食性的步甲物种,对不同的食物虽然都能吸收,但是不同的猎物会影响捕食性步甲的生长发育和生殖力,相比较牛肉而言,麦蚜和黄粉虫的幼虫对步甲的生殖力最好<sup>[35]</sup>。猎物的含盐量也会影响步甲对食物的喜好<sup>[34]</sup>。在自然界中,步甲通过各种外部器官来选择食物,一些肉食性步甲对乙醇、醋和啤酒挥发物存在不同的嗅觉反应<sup>[36]</sup>,一些食谷类步甲的触角化学感受器对包括奎宁氢氧化物在内的多种植物碱和配糖物有电生理反应<sup>[37]</sup>。

许多步甲在夜间取食、而且许多步甲都是杂食性的,要准确评估某个步甲在田间对某种害虫的控制作用,需要改善直接观察的方法,近来,随着分子生物技术的发展,在步甲取食研究中,已经有许多应用分子标记猎物的方法来调查步甲在田间的取食作用<sup>[31,38-39]</sup>。研究表明,步甲取食猎物后,随着

步甲取食与分子检测间隔时间的变长,长片段的猎物分子标记检测效果将显著变小,但是,100-600 bp 长度的分子标记检测效果是比较稳定的<sup>[40]</sup>。

## 7 步甲的保护和利用

大多数的步甲物种,在自然生态系统中维持着生态平衡,对生境环境的变化敏感。随着人口增长、工业发展和人类活动的日益频繁,全世界原有的自然生态系统变得越加的破碎化,研究表明,当一个植被生态系统的面积少于 50 公顷时,该环境内的步甲物种多样性将遭到破坏<sup>[17]</sup>。为了保护步甲物种多样性,我们应当保持一定大小的自然生态环境。此外,对自然生态系统或田间生态系统,应当注意避免不利于步甲生存的活动或者农业措施,比如重金属污染、喷施广谱性杀虫剂等。

一些步甲已经被证明对鳞翅目害虫具有控制作用<sup>[29,30,41]</sup>,这些步甲物种应当得到特别的保护,采用一些措施增加田间种群密度,提高它们对害虫的控制作用。比如,在冬季,增加田间生态系统的植被覆盖,为步甲提供越冬场所,在干旱季节,给土壤浇水,保持一定的土壤湿度,利于步甲产卵和孵化。此外,步甲的人工饲养能更加有效的扩增步甲的种群数量。陈元洪和陈玉妹<sup>[4]</sup>介绍了双斑青步甲的简单人工饲养技术:4 月份从田间采集越冬代成虫,用 1L 容量的烧杯饲养成虫,底部铺上 5cm 厚的泥沙,每个烧杯雌、雄成虫各 1 只。每天投放几只鳞翅目幼虫作为饲料,产卵后,将卵粒连同粘附的土块移入另外的饲养器皿,或者将成虫移出。幼虫用 1×7cm 的玻璃管进行个体饲养,大龄幼虫移入垫有泥沙的烧杯内化蛹。牟志刚等<sup>[6]</sup>介绍了黑广肩步甲的简单人工饲养技术。

值得注意的是,捕食性步甲的种群密度越大不一定对害虫的压制作用越明显<sup>[8,29]</sup>,因为当捕食性步甲的种群密度过大而食物缺乏时,步甲会自相残杀,解决的办法是,害虫密度较少时,在田间保持一定的替代性食物,例如软体动物以减少捕食性步甲的自相残杀。

## 8 研究展望

在过去相当长的时间内,步甲作为生态指示物种得到了广泛的研究,步甲作为害虫天敌的研究较少,没有得到足够的重视,但是,近年来步甲的生

物防治价值逐渐引起学界的注意<sup>[8,29]</sup>,步甲的天敌作用将会得到更多的研究。随着分子生物技术的发展,一些先进的方法应用到步甲研究领域,步甲对害虫的控制作用得到更确切的证实,出于挖掘步甲的生物防治价值的需要,步甲的捕食特性、觅食机制等生理特性将得到更多的研究。

### 参考文献:

- [1] Jenteren J C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake[J]. *Biological Control*, 2011.
- [2] Lovei G L, Sunderland K D. Ecology and behavior of ground beetle (Coleoptera: Carabidae)[J]. *Annual Review of Entomology*, 1996, 41: 231-256.
- [3] Fattorini S, Maurizi E, Giulio A D. Tackling the taxonomic impediment: a global assessment for ant-nest beetle diversity (Coleoptera: Carabidae: Paussini)[J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2012, 105(2): 330-339.
- [4] 陈元洪, 陈玉妹. 双斑青步甲生活习性的初步观察[J]. *昆虫知识*. 1984, 21(6): 269-271.
- [5] Lopatina E B, Kipyatkov V E, Balashov S V, et al. Photoperiod-temperature interaction A new form of seasonal control of growth and development in insects and in particular a carabid beetle, *Amara communis* (Coleoptera: Carabidae)[J]. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 2011, 47(6): 578-592.
- [6] 牟志刚, 杨广海, 周东松, 等. 黑广肩步甲形态特征及其生物学特性[J]. *昆虫知识*, 2005, 42(5): 553-556.
- [7] Andersen J. Winter quarters of wetland ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in South Scandinavia[J]. *Journal of Insect Conservation*, 2011, 15(6): 799-810.
- [8] 胡雅辉, 刘小侠, 赵章武, 等. 中国北方桃李间作对步甲群落组成和营养级结构的影响[J]. *昆虫学报*, 2011, 54(9): 1051-1056.
- [9] Winder L, Holland J M, Perry J N, et al. The use of barrier-connected pitfall trapping for sampling predatory beetles and spiders[J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 98: 249-258.
- [10] Hu Y H, Dong J, Liu X X, Zhang Q W, et al. Improved Methods for Survey of Carabid Beetles (Coleoptera:

- Carabidae) Using Pitfall Trapping and Spatial Autocorrelation Techniques[J]. *Journal of Entomological Science*, 2011, 46(1): 30-39.
- [11] Bashford R, Ramsden N. The effect of a new pitfall trap design on the capture abundance of three arthropod taxa[J]. *Australian Entomologist*, 2011, 38(2): 49-62.
- [12] Lövei G L, Magura T. Can carabidologists spot a pitfall? The non-equivalence of two components of sampling effort in pitfall-trapped ground beetles (Carabidae) [J]. *Community Ecology*, 2011, 12(1): 18-22.
- [13] 张云慧, 陈林, 程登发, 等. 步甲夜间迁飞的研究[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(1): 108-111
- [14] Scheiner R, Irmeler U. Mobility and Spatial use of the Ground Beetle species *Elaphrus cupreus* and *Elaphrus uliginosus* (Coleoptera: Carabidae) [J]. *Entomologia Generalis*, 2010, 32(3): 165-179.
- [15] Miliczky E R, Horton D R. Densities of beneficial arthropods within pear and apple orchards affected by distance from adjacent native habitat and association of natural enemies with extra-orchard host plants[J]. *Biological Control*, 2005, 33: 249-259.
- [16] 胡雅辉, 郭建英, 万方浩. 棉田及其邻作田地地表节肢动物天敌的季节动态[J]. *中国生物防治*, 2006, 22(2): 101-108.
- [17] McCravy K W, Lundgren J G. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) of the Midwestern United States: a review and synthesis of recent research[J]. *Terrestrial arthropod reviews*, 2006, 4(2): 63-94.
- [18] Assmann T, Drees C, De Vries H, et al. Genetic erosion in a stenotopic heathland ground beetle (Coleoptera: Carabidae)[J]. *A matter of habitat size? Conservation Genetics*, 2011, 12(1): 105-117.
- [19] Ekroos J, Hvvonen T, Tiainen J, et al. Responses in plant and carabid communities to farming practises in boreal landscapes[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, 135(4): 288-293.
- [20] Vanbergen A J, Woodcock B A, Koivula M, et al. Trophic level modulates carabid beetle responses to habitat and landscape structure: a pan-European study[J]. *Ecological Entomology*, 2010, 35(2): 226-235.
- [21] Pearce J L, Venier L A. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review[J]. *Ecological Indicators*, 2006, 6: 780-793.
- [22] Willand J E, McCravy K W. Variation in diel activity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with a soybean field and coal mine remnant[J]. *Great Lakes Entomologist*, 2006, 39: 141-148.
- [23] Fuller R J, Oliver T H, Leather H R. Forest management effects on carabid beetle communities in coniferous and broadleaved forests: implications for conservation[J]. *Insect Conservation and Diversity*, 2008, 1: 242-252.
- [24] Ikeda H, Tsuchiya Y, Nagata N. Altitudinal life-cycle and body-size variation in ground beetles of the genus *Carabus* (subgenus *Ohomopterus*) in relation to the temperature conditions and prey earthworms[J]. *Pedobiologia*, 2012, 55(2): 67-73.
- [25] Bednarska A J, Gerhardt A, Laskowski R. Locomotor activity and respiration rate of the ground beetle, *Pterostichus oblongopunctatus* (Coleoptera: Carabidae), exposed to elevated Nickel concentration at different temperatures: novel application of Multispecies Freshwater Biomonitor[J]. *Ecotoxicology*, 2010, 19(5): 864-871.
- [26] Bednarska A J, Brzeska A, Laskowski R. Two-phase uptake of Nickel in the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* (Coleoptera: Carabidae): implications for invertebrate metal Kinetics[J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2011, 60(4): 722-733.
- [27] Nash M A, Thomson L J, Hoffmann A A. Effect of remnant vegetation, pesticides, and farm management on abundance of the beneficial predator *Notonomus gravis* (Chaudoir) (Coleoptera: Carabidae) [J]. *Biological Control*, 2008, 46(2): 83-93.
- [28] Menalled F D, Lee J C, Landis D A. Manipulating carabid beetle abundance alters prey removal rates in corn fields[J]. *Biological Control*, 1999, 43: 441-456.
- [29] Frank S D, Shrewsbury P M, Denno R F. Effects of alternative food on cannibalism and herbivore suppression by carabid larvae[J]. *Ecological Entomology*, 2010, 35: 61-68.
- [30] Beatriz S M, Alberto U, Pedro C, et al. The ground beetle *Pseudophonus rufipes* revealed as predator of *Ceratitidis*

- capitata* in citrus orchards[J]. *Biological Control*, 2011, 56(1): 17-21.
- [31] Eitzinger B, Traugott M. Which prey sustains cold-adapted invertebrate generalist predators in arable land? Examining prey choices by molecular gut-content analysis[J]. *The Journal of Applied Ecology*, 2011, 48(3): 591-599.
- [32] Lundgren J G. Relationships of natural enemies and non-prey foods. Springer Verlag. Dordrecht, Netherlands, 2009, 85: 460.
- [33] Toft S, Bilde T. Carabid diets and food value. *The Agroecology of Carabid Beetles* (ed. By Holland JM) [J]. Intercept, U.K. 2002, 215-229.
- [34] Laparie M, Larvor V, Frenot Y, et al. Starvation resistance and effects of diet on energy reserves in a predatory ground beetle (*Merizodus soledadinus*; Carabidae) invading the Kerguelen Islands. *Comparative Biochemistry and Physiology*[J]. Part A, Molecular and integrative physiology, 2012, 161(2): 122-129.
- [35] Santos-Cividanes TMD, Barbosa C L, Cividanes F J, et al. Effect of diets on biology of *Abaris basistriata* and *Selenophorus seriatoporus* (Coleoptera: Carabidae) [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2012, 105(1): 54-59.
- [36] 刘桂清, 田明义. 奇步甲触角感器电镜扫描观察和触角电位反应[J]. *华南农业大学学报*, 2008, 29(2): 50-55, 58.
- [37] Milius M, Merivee E, Must A, et al. Electrophysiological responses of the chemoreceptor neurones in the antennal taste sensilla to plant alkaloids and glucosides in a granivorous ground beetle[J]. *Physiological Entomology*, 2011, 36(4): 368-378.
- [38] Eskelson M J, Chapman E G, Archbold D D, et al. Molecular identification of predation by carabid beetles on exotic and native slugs in a strawberry agroecosystem[J]. *Biological Control*, 2011, 56(3): 245-253.
- [39] Hatteland B A, Symondson WOC, King R A, et al. Molecular analysis of predation by carabid beetles (Carabidae) on the invasive Iberian slug *Arion lusitanicus*[J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2011, 101(6): 675-686.
- [40] Raso L, Kaufmann R, Sint D, et al. Optimizing methods for PCR-based analysis of predation[J]. *Molecular ecology resources*, 2011, 11(5): 795-801.
- [41] Suenaga H, Hamamura T. Occurrence of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in cabbage fields and their possible impact on lepidopteran pests[J]. *Applied Entomology Zoology*, 2001, 36(1): 151-160.