

4 种猛蚁的巢穴结构及巢内生物

柯云玲, 田伟金, 庄天勇, 王春晓, 梁梅芳
(广东省昆虫研究所, 广东 广州 510260)

摘要:敏捷厚结猛蚁 *Pachycondyla astuta* Smith、聚纹双刺猛蚁 *Diacamma rugosum* (Le Guillou)、横纹齿猛蚁 *Odontoponera transversa* (Smith) 和猎镰猛蚁 *Harpegnathos venator* (Smith) 是我国东部和南部地区比较常见的猛蚁,可捕食林木白蚁,是一类潜在的天敌昆虫. 通过挖巢的方法对这 4 种猛蚁的筑巢环境、巢穴结构和巢内生物进行了研究. 结果表明,4 种猛蚁的巢穴均为地下巢,多建在橡胶林、荔枝林等林间空地;结构比较简单,深度一般不超过 0.6 m,巢室仅有几个至数十个,在土壤中分布无规则至分层排列. 巢穴内部或周围常可见到膜翅目、等翅目昆虫以及土壤小型多足类和等足类动物.

关键词:猛蚁; 地下巢; 巢口; 巢室; 林木白蚁
中图分类号:S186 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)01-0045-06

Nest Architecture of Four Ponerine Ant Species (Formicidae, Ponerinae)
and Organisms Present in Their Nests

KE Yunling, TIAN Weijin, ZHUANG Tianyong, WANG Chunxiao, LIANG Meifang
(Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China)

Abstract: *Pachycondyla astuta* Smith, *Diacamma rugosum* (Le Guillou), *Odontoponera transversa* (Smith) and *Harpegnathos venator* (Smith) are common ponerine ants in east China and south China. They are potential natural enemies of forest termites. Twenty nests of the four ponerine ant species were excavated to study their nesting environment, nest architecture and organisms present in their nests. The results showed that the ponerine ants mainly built their underground nests in rubber plantations and litchi forests. Their nests were simple, with only several to dozens of layered or random chambers in the soil. The depth of the nests was usually less than 0.6 m. Organisms including insects of Hymenoptera and Isoptera as well as some small soil animals were found in or near the nests. Their relationships with the ponerine ants are sympatry, symbiosis and prey-predator relationship.

Key words: ponerine ant; underground nest; entrance orifice; chamber; forest termites

猛蚁是蚁科中在形态结构和生活习性上最为原始的类群^[1],保留了工蚁单型、雌蚁与工蚁体长相近甚至无雌蚁、蚁群较小、肉食性等近祖特征. 与其他亚科的蚂蚁相比,猛蚁亚科的巢穴结构也相对简单. 在地面筑巢的种类巢穴位置不固定,经常变换,但常生活于腐烂的木头或树桩里、枯枝落叶堆或苔藓

上^[2],有些甚至仅利用一片卷起的落叶即可作为巢穴^[3]. 地下筑巢的猛蚁除少数种类如 *Harpegnathos saltator*(Jerdon)可以在泥土里挖掘建造结构复杂、巢室功能明确且有外壳环绕从而与周围环境相分隔的蚁巢^[4],*Paltothyreus tarsatus* (Fabricius)可以修建具有几套水平隧道系统、覆盖面积达 1 200 m² 的大型

蚁巢^[5]外,多数只在距地表深度不到 1 m 的范围内修筑由数个巢室和与之相连的几条隧道构成的蚁巢^[3,6-7]. 对于一些迁移性强的猛蚁,其巢穴甚至简单到只是由地下已有的空穴改造而成. 例如一种非洲分布的厚结猛蚁 *Pachycondyla cafferia* (Smith) 经常被见到利用锯白蚁属 *Microcerotermes* 一种白蚁的废弃巢穴作为栖居场所^[8]. 猛蚁可取食各类昆虫和小型节肢动物,有些种类甚至专性捕食一些多足类^[9]、鞘翅目幼虫^[9] 以及白蚁^[10-12],因而成为广泛分布于热带亚热带较潮湿环境中的一类潜在的天敌昆虫,对维持生态平衡起重要作用. 我国目前记载猛蚁亚科蚂蚁 14 属 112 种,主要分布于温暖湿润的东部和南部地区^[13]. 敏捷厚结猛蚁 *Pachycondyla astuta* Smith、聚纹双刺猛蚁 *Diacamma rugosum* (Le Guilou)、横纹齿猛蚁 *Odontoponera transversa* (Smith) 和猎镰猛蚁 *Harpegnathos venator* (Smith) 都是其中比较常见的种类,目前鲜见有关这几种猛蚁巢穴结构的报道. 研究它们的筑巢环境和巢穴结构对丰富猛蚁亚科筑巢方面的资料、保护其筑巢场所以及维持其栖居环境的生态平衡均具有一定意义.

1 材料与方法

本研究于 2010 年 10 月和 2011 年 10—11 月分别在云南省景洪市东风农场、勐养镇和勐腊县勐仑镇进行. 分别选择位于不同生境的敏捷厚结猛蚁、聚纹双刺猛蚁、横纹齿猛蚁和猎镰猛蚁的巢穴各 5 个,对其筑巢环境、地表蚁丘的形态、大小和巢口的位置、直径等特征进行观察和测量. 对巢穴地下部分的解剖方法是从巢口处沿蚁巢走向以 1 cm 的土层厚度为单位,逐层削去泥土,向巢穴内部开挖,直至所有巢室都暴露在外. 记录地下各巢室的形状、大小、

深度、排列方式及功能,描绘各种猛蚁的巢穴结构图. 记录挖掘过程中出现在猛蚁巢室、隧道内部的其他生物以及在其附近筑巢的生物.

2 结果与分析

2.1 巢穴结构

2.1.1 敏捷厚结猛蚁 敏捷厚结猛蚁喜在阳光可以照射到的橡胶林、荔枝林等林地中的土垄或缓坡上筑巢. 巢口通常 1 个,但在蚁巢遭到破坏重新修复以后,巢口可有 1~4 个;形状多为椭圆至近圆形,最宽处 8~10 mm,常隐蔽于林下杂草和枯枝落叶中,较难于发现(图 1A). 在平地上筑巢的巢口周围有时可见由粗大土粒和枯叶碎片组成的圆台状堆积物. 巢穴地下部分由巢室和隧道 2 种结构组成. 巢室因蚁群大小和发展阶段的不同数量也有所不同. 在解剖的 5 个巢中,蚁量最少(约 40 只个体)的蚁巢仅发现 7 个巢室,而蚁量最多(近 400 只个体)的蚁巢共发现 26 个巢室. 这些巢室在距地表不同的深度大致分为 3~7 层交错排列(图 1B). 最上层巢室距地表 90~255 mm;最底层巢室距地表 195~335 mm;同层巢室间横向扩展最大距离 260~380 mm. 巢室底平顶拱,底面可呈半圆形、梯形或不规则形状;内壁坚实、光滑. 巢室高 10~27 mm,底部最宽处 15~140 mm. 巢室按深度不同分别容纳蚁群中不同的成员,通常蚁后位于最底层的巢室. 10—11 月,敏捷厚结猛蚁成熟蚁巢中开始出现具翅雄蚁并有大量的幼虫化蛹,这 2 类成员一般被安置在巢穴偏中或中上层的巢室里;工蚁则在各层均有分布,但常大量聚集于蛹室附近的某几个巢室. 每层巢室之间以及巢口至最上层巢室之间均有隧道相连. 隧道较宽,内壁光滑,横切面多为椭圆至圆形.

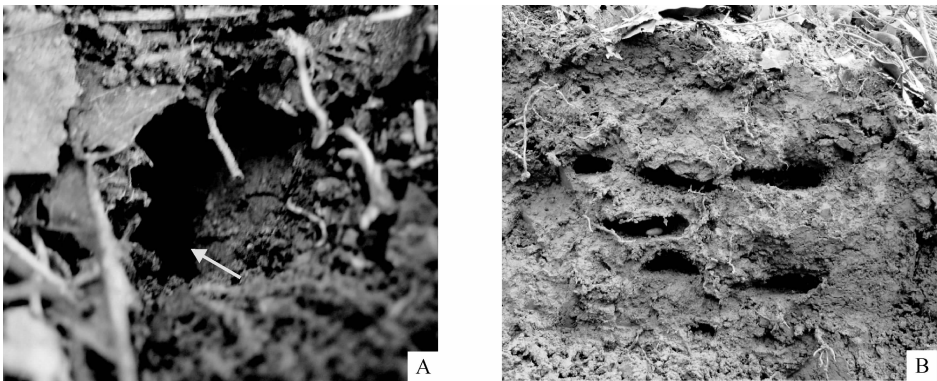


图 1 敏捷厚结猛蚁的隐蔽巢口(箭头所示,A)和分层巢室(纵剖面,B)

Fig. 1 Hidden entrance orifice(indicated by arrow line,A) and layered nest chambers (the longitudinal section,B) of *Pachycondyla astuta*

2.1.2 聚纹双刺猛蚁 聚纹双刺猛蚁适应性较强,常于光照较好的林间空地或田间路边等环境中筑巢.巢口1个,较大,形状为长椭圆、椭圆或圆形,最宽处12~30 mm.巢口周围有粗大土粒堆积而成的高度为28~55 mm的圆台状、烟囱状、喇叭口状或不规则形状的蚁丘,致使巢口很容易被发现(图2A).沿巢口向下有一段长度为40~85 mm的隧道直入土壤中;隧道内壁光滑、均匀,横截面多为扁圆至圆形,最宽处10~33 mm.因蚁群小,一巢蚁量仅几十至一百多只,因此,聚纹双刺猛蚁的巢穴结构也比较简单,一般只有几条距地表不深的隧道和2~3个巢

室.此次解剖的5个蚁巢中,蚁量30~50只的3个巢以及蚁量超过100只的1个巢均只有巢室1~3个;另外一个蚁量超过100只的蚁巢,其巢室多达7个,在聚纹双刺猛蚁中并不多见.这些巢室通常呈扁球形,底部和顶部都具有一定弧度;内壁略粗糙,土壤紧实度不强(图2B).室高10~30 mm,底部直径10~70 mm;最浅的距地表仅30 mm,最深的215 mm.巢穴内无专门用于安置卵、幼虫、蛹或具翅雄蚁的巢室,但在蚁量较多的蚁巢中有时可见离地表最近的1~2个巢室被当作垃圾室,里面堆满猎物残体、昆虫翅、羽化后的空蛹壳等废弃物.

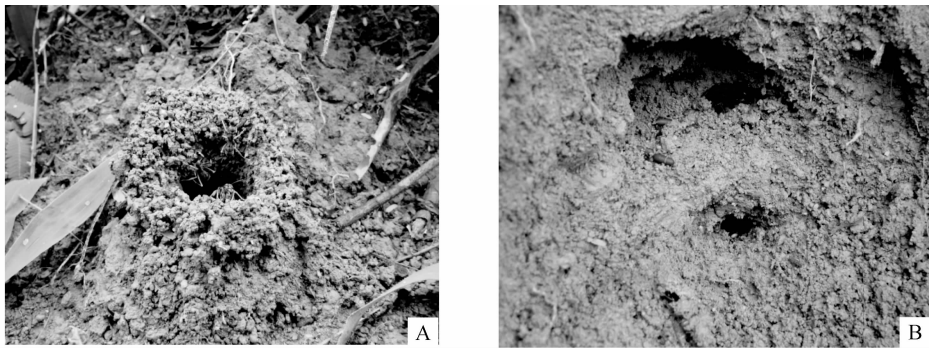


图2 聚纹双刺猛蚁的巢口、蚁丘(A)和巢室(纵剖面,B)

Fig. 2 Entrance orifice, anthill(A) and nest chambers(the longitudinal section,B) of *Diacamma rugosum*

2.1.3 横纹齿猛蚁 横纹齿猛蚁适应性很强,可在林地、田间、路边等各种环境中筑巢,特别是林地内毗邻白蚁巢或枯枝断木比较多、白蚁易出没的地方常可见到该种蚂蚁的巢穴.其地上可见部分的特征因巢穴所处位置的不同而有所不同.位于平地上的巢口绝大多数为圆形,直径4~5 mm,刚好可容纳一只蚂蚁进出(图3A);巢口周围无蚁丘或仅有少量分散的土粒,或者在巢口一侧距离50~60 mm处有堆放的土粒.横纹齿猛蚁的这种平地巢因其巢口为大小一致的圆孔,加之周围无蚁丘及枯草落叶的覆盖,因此极易辨别.位于斜坡上的巢口多为长椭圆形,长度不超过15 mm;周围常有大量土粒堆积成火山口状蚁丘.不论建在平地还是斜坡上,横纹齿猛蚁的巢穴一般都只有1个巢口.巢口向下与细长隧道相连,隧道内壁光滑、平整;横切面为圆形,直径4~5 mm.隧道向土壤深处分支和延伸,与位于不同深度的巢室相连.巢室内壁光滑、坚实;通常底平顶拱,但有时底部和顶部也会同时呈现拱形或波浪形弯曲,有些甚至呈“<”或“>”形,致使1个巢室二分叉为上下2叶;室高一般5 mm,少数可达15 mm;底部最宽处13~68 mm.本研究解剖的5个蚁巢中,根据蚁群大小,蚁量10~30只左右的3个

小型巢可见2~7个巢室,分为2~5层重叠或交错排列(图3B);其中最上层巢室距地表97~365 mm,最底层巢室距地表110~415 mm.蚁量为50~70只的2个中型巢除了在距地表85~235 mm的土层中分别发现3和8个分层的巢室以外,二者位于最底层的巢室通过向下的隧道还与土壤更深处第2套相似的分层巢室相连.第2套巢室分布于地面以下315~575 mm的土层中,分别包括5和4个巢室.对于只具1套分层巢室的小型蚁巢,蚁后和幼虫通常居住于偏下层的巢室,蛹位于偏上层的巢室,工蚁则分散于各个巢室.对于具有不止1套分层巢室的中、大型蚁巢,通常在靠上的第1套巢室中仅可见少数工蚁活动,多数成员均位于更深层的第2套巢室中.

2.1.4 猎镰猛蚁 猎镰猛蚁常筑巢于橡胶林、荔枝林等林地中的土垄或斜坡上阳光可以照射到的地方.其巢穴地上部分极易辨别:巢口1个,多为近圆形,直径7~11 mm;周围常有由较细土粒堆积而成的上长下短、呈不对称喇叭口状环绕的蚁丘,长38~85 mm、宽30~60 mm、高9~30 mm(图4A).巢穴地下部分绝大多数都只具有上下重叠的2个巢室(图4B),形如盘状,扁平,内壁极其光滑、致密.其

中,上层巢室高 9 ~ 18 mm,底部最宽处 76 ~ 140 mm,距地表 148 ~ 223 mm,通过一个向下的喇叭口状结构与下层巢室相通(图 4C). 下层巢室高 12 ~ 15 mm,底部最宽处 55 ~ 125 mm,距地表 163 ~ 242 mm;与巢口之间靠一段长约 100 mm,内壁光滑、均匀的隧道相连. 本次解剖的蚁量约 15 ~ 35 只的 4 个蚁巢均为上述典型的“二巢室结构”,另有 1 个蚁量为 50 只左右的中大型巢在挖掘中发现了上下重叠的 3 个巢室. 由上至下各个巢室的高度分别为 18、20 和 26 mm;底部最宽处分别为 108、90 和 160 mm;距地表深度分别为

223、250 和 281 mm. 这 3 个巢室中,中间一层与最底层同样也是通过如前所述的向下的“喇叭口”相连通. 猎镰猛蚁的巢穴无专门的蚁后室和育儿室,不同发育阶段的个体以及蚁后和大部分工蚁都栖居于上层巢室. 10—11 月挖巢时,在猎镰猛蚁的巢穴中仍可见到大量不同龄期的幼虫,它们被集中安置在最上层巢室的一侧. 下层巢室或者“三巢室结构”中的第 2 层和最底层巢室通常只能看到几只工蚁. 有时在最底层巢室斜下方约 100 ~ 300 mm 处还可见到 1 个比较圆拱的垃圾室.

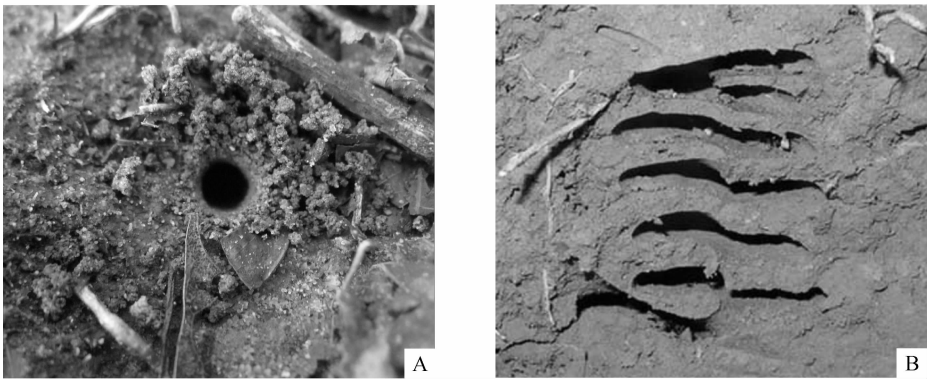


图 3 横纹齿猛蚁平地巢的巢口(A)和分层巢室(纵剖面,B)

Fig. 3 Entrance orifice built on the flat land (A) and layered nest chambers (the longitudinal section, B) of *Odontoponera transversa*

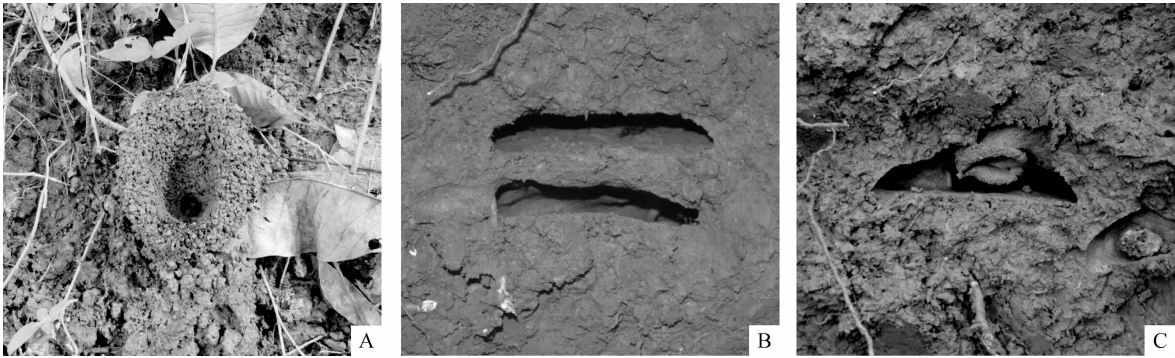


图 4 猎镰猛蚁巢的巢口、蚁丘(A)、上下重叠的 2 个巢室(纵剖面,B)和两巢室间喇叭口形隧道(C)

Fig. 4 Entrance orifice and anthill (A), two superposed nest chambers (the longitudinal section, B) and trumpet-shaped tunnel between two chambers (C) of *Harpegnathos venator*

2.2 巢内共生和共栖生物

在挖掘解剖敏捷厚结猛蚁、聚纹双刺猛蚁、横纹齿猛蚁和猎镰猛蚁的巢穴时,经常能见到一些生物生活在这 4 种猛蚁的巢穴周围或内部,最常见的有膜翅目、等翅目昆虫以及土壤小型多足类动物和等足目的甲壳类动物等,偶尔还可见到腹足纲的软体动物(表 1). 其中,膜翅目主要是蚁科一些体型较小,体长 2 ~ 4 mm 的种类,它们常在上述 4 种猛蚁的巢穴旁或巢穴内部某个巢室里筑巢. 等翅目多为一些林木白蚁,它们的菌圃可分散于猛蚁巢穴的隧道

旁或者巢室附近,但很少位于巢室内部;挖掘猛蚁巢穴时,常可见到数十只白蚁幼蚁受到惊扰,从菌圃中爬出散落于各处. 土壤小型多足类动物主要是一些体长不超过 20 mm 的马陆和蜈蚣,它们一般生活于猛蚁的垃圾室内. 另一类猛蚁巢内常见生物是等足目的潮虫,它们体长 4 ~ 5 mm,大部分生活于猛蚁的垃圾室内,少数在巢口周围或者蚁丘上活动. 除节肢动物以外,软体动物蛞蝓也曾被发现黏附在聚纹双刺猛蚁巢室顶部. 这些生物与猛蚁之间保持着一定的生态关系,共同构成猛蚁稳定的小生境.

表 1 4 种猛蚁巢穴结构相关数据及巢内生物

Tab.1 Nest architectonic data of 4 ponerine ants and organisms presented in their nests

蚁种	蚁量/只	巢室数/个	巢穴深度/mm	巢内其他生物		
				种类 ¹⁾	分布位置	相互关系
敏捷厚结猛蚁	40 ~ 400	7 ~ 26	195 ~ 335	林木白蚁 ^b	毗邻巢室和隧道	共栖、捕食者 - 猎物
				铺道蚁 ^a	巢室内	共栖
聚纹双刺猛蚁	30 ~ 100	1 ~ 7	75 ~ 215	马陆 ^b	垃圾室内	共生
				潮虫 ^b	垃圾室内;巢口蚁丘上	共生
				白蚁兵蚁头壳 ^a	垃圾室内	捕食者 - 猎物
				其他蚁的翅 ^a	垃圾室内	捕食者 - 猎物
				立毛蚁 ^a	毗邻巢室	共栖
				蛞蝓 ^a	巢室内	共栖
横纹齿猛蚁	10 ~ 70	2 ~ 12	110 ~ 575	林木白蚁 ^c	毗邻巢室和隧道	共栖、捕食者 - 猎物
				蜈蚣 ^a	巢室内	共栖
猎镰猛蚁	15 ~ 50	2 ~ 4	163 ~ 581	林木白蚁 ^a	毗邻巢室	共栖、捕食者 - 猎物
				大头蚁 ^a	毗邻巢室	共栖

1) a:发生频率为 1/5,b:发生频率为 2/5,c:发生频率为 3/5.

3 讨论与结论

敏捷厚结猛蚁、聚纹双刺猛蚁、横纹齿猛蚁和猎镰猛蚁的蚁巢均为地下巢,由隧道和巢室组成巢穴的主体,地上部分仅有 1 个蚁穴的出入口,有时周围会有土粒堆成的蚁丘. 分布在相同生境中的上述 4 种猛蚁,其巢口的大小、形状以及蚁丘的有无和形状在同种不同巢之间通常变化很小,而在不同种之间存在较大差异,因此,仅从巢穴地上巢口的特征就可以对它们的种类加以区分. 然而,不同的筑巢环境如地势、土质、光照等以及降雨等一些气象因素会使同种猛蚁巢穴地上部分的特征有所不同. 例如,横纹齿猛蚁在平地上筑的巢巢口多为圆形,周围无蚁丘,而其缓坡上蚁巢的巢口则多为长椭圆形,且周围有火山口状蚁丘. 此外,研究中还发现巢口遭到外力破坏重新修复后,其数量也会发生改变. 由于敏捷厚结猛蚁巢口隐蔽难于发现,在找巢时,5 巢中有 2 巢巢口受到破坏. 这 2 巢第 2 天被修复后,巢口分别变为 3 和 4 个,在随后的几天中,有些巢口才陆续被封堵恢复为每巢 1 个巢口.

本研究所观察解剖的这 4 种分别隶属于猛蚁亚科不同属的猛蚁,其巢穴地下结构与厚结猛蚁 *P. striata* F. Smith^[6],*Ectatomma* 属猛蚁 *E. brunneum* F. Smith^[7]以及 *E. edentatum* Roger^[3]的巢穴结构类似;与其他一些亚科的蚂蚁种类如美洲收获蚁 *Pogonomyrmex badius* (Latreille)^[14]和切叶蚁 *Atta bisphaerica* Forel^[15]深度可达 2.5 ~ 4.0 m、巢室数量多达数百的大型巢穴相比较,本研究的 4 种猛蚁巢穴结构简单得多. 虽然巢穴深度、巢室和地下隧道的复

杂性随环境温湿度、巢群大小有一定变化,但纵向深入的深度一般都不超过 0.6 m,横向扩展的范围也相对较小,巢室通常仅有几个至数十个,无规则地分布于不同深度的土壤中或者分为若干层排列. 其中,聚纹双刺猛蚁的巢穴结构最为简单,巢室不但数量少,分布无规则,而且除垃圾室外没有明确的功能划分,卵、幼虫等未成熟个体并未见单独安置于专门的巢室,这可能与该猛蚁无蚁后,社会组织相对松散有一定关系. 敏捷厚结猛蚁和横纹齿猛蚁的巢室分层排列,数量有些可超过 10 个,且不同深度的巢室容纳不同的成员. 重要性强的成员如蚁后和自我保护性差的成员如各龄幼虫通常位于深层巢室中,而蛹则会被放置在较浅层的巢室,以便吸收地表热量及时羽化;工蚁在各层巢室都有分布. Tschinkel^[14]曾研究过美洲收获蚁 *P. badius*不同年龄结构的工蚁在巢穴内的分布情况,发现距离地表越近,年龄越大的工蚁就越多,而年龄偏小、从事巢内工作的工蚁则趋向于分布在巢穴深层. 敏捷厚结猛蚁和横纹齿猛蚁不同年龄的工蚁在巢穴内的分布格局是否与 *P. badius*类似还有待进一步研究. 猎镰猛蚁的巢穴虽然只有 2 ~ 4 个巢室,但其内壁极其光滑、致密;上下 2 层或第 2、第 3 层巢室间相通连的喇叭口状结构也建造得十分精细,内、外表面也十分光滑、紧密. Antonialli 等^[3]认为,蚂蚁在修筑巢室和隧道内壁时,在建筑材料中混入了它们的唾液腺分泌物,才使巢穴更加坚实,减少了降雨对巢穴造成的破坏. 但是,猎镰猛蚁的巢穴与分布于印度南部的镰猛蚁属另外一种 *H. saltator*相比则相对简单. *H. saltator* 的整个巢穴地下部分由上层巢室的顶壁向下扩展延伸形成一个硬

壳将所有分层排列的巢室包围起来,与周围土壤相隔离,保证了巢内小环境温湿度的相对稳定性.同时,*H. saltator* 各个巢室的内壁都贴了一层由空蛹壳、昆虫表皮和翅的碎片粘合而成的褐色纸样物质^[4].由此可见,同一个属的猛蚁虽然外部形态特征相近,但其巢穴结构却可能因社会组织(巢群大小,有无蚁后,蚁后数量)、分布区域、筑巢环境等因素的不同而存在很大差异.至于猎镰猛蚁上下层巢室之间的通道为何建造成向下的喇叭口形,推测可能是这样的结构更利于雨季的排水,从而使上层巢室保持良好的温湿度条件以容纳巢内大部分成员.

在4种猛蚁巢穴内部或附近均发现林木白蚁,二者存在共栖和捕食与被捕食的关系.猛蚁虽然不能彻底消灭整巢白蚁,但其通过捕食林木白蚁幼蚁、工蚁和脱翅成虫,对林木白蚁的种群密度起到了一定的控制作用,因而间接的保护了易被白蚁危害的树种,应对猛蚁巢穴及其筑巢环境加以保护.

参考文献:

- [1] 吴坚,王常禄. 中国蚂蚁[M]. 北京:中国林业出版社,1995:31.
- [2] WILSON E O, HÖLDOBLER B. The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2005, 102(21): 7411-7414.
- [3] ANTONIALLI Jr W F, GIANNOTTI E. Nest architecture and population dynamics of the ponerine ant *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera, Formicidae) [J]. Sociobiology, 2001, 38(3A): 475-486.
- [4] PEETERS C, HÖLDOBLER B, MOFFETT M, et al. "Wall-papering" and elaborate nest architecture in the ponerine ant *Harpegnathos saltator* [J]. Insect Soc, 1994, 41: 211-218.
- [5] BRAUN U, PEETERS C, HÖLDOBLER B. The giant nests of the African stink ant *Paltothyreus tarsatus* (Formicidae, Ponerinae) [J]. Biotropica, 1994, 26(3): 308-311.
- [6] SILVA-MELO A, GIANNOTTI E. Nest architecture of *Pachycondyla striata* Fr. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae) [J]. Insect Soc, 2010, 57: 17-22.
- [7] VIEIRA A S, ANTONIALLI Jr W F. Populational fluctuation and nest architecture of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera, Formicidae) in remaining areas of pasture, Dourados-MS, Brazil [J]. Sociobiology, 2006, 47(1): 275-287.
- [8] AGBOGBA C. Settlement in the prey termite nest by the ponerine ant *Pachycondyla caffraria* (Smith), and tandem running signal analysis for the following ant [J]. J Ethol, 1992, 10: 133-137.
- [9] HÖLDOBLER B, WILSON E O. The ants [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1990: 559.
- [10] DEJEAN A, FÉNÉRON R. Predatory behaviour in the ponerine ant, *Centromyrmex bequaerti*: A case of termitol-estry [J]. Behav Process, 1999, 47(2): 125-133.
- [11] MASCHWITZ U, SCHÖNEGGE P. Forage communication, nest moving recruitment, and prey specialization in the oriental ponerine *Leptogenys chinensis* [J]. Oecologia, 1983, 57: 175-182.
- [12] PEETERS C, CREWE R. Foraging and recruitment in ponerine ants: solitary hunting in the queenless *Ophthalmopone berthoudi* (Hymenoptera: Formicidae) [J]. Psyche, 1987, 94: 201-214.
- [13] 周善义,冉浩. 中国蚂蚁名录:猛蚁型亚科群(膜翅目:蚁科) [J]. 广西师范大学学报:自然科学版, 2010, 28(4): 101-113.
- [14] TSCHINKEL W R. The nest architecture of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius* [J]. J Insect Sci, 2004, 4(21): 1-19.
- [15] MOREIRA A A, FORTI L C, BOARETTO M A C, et al. External and internal structure of *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae) nests [J]. J Appl Ent, 2004, 128: 204-211.

【责任编辑 周志红】