



王勇强, 李玲玲, 王英鉴, 杨琳, 陈祥盛. 中华大刀螳形态学、生物学特性及饲养观察 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (2): 315–321.

中华大刀螳形态学、生物学特性及饲养观察

王勇强, 李玲玲, 王英鉴, 杨琳, 陈祥盛*

(贵州大学昆虫资源开发利用省级特色重点实验室/贵州大学昆虫研究所/贵州大学贵州山地农业病虫害省级重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 中华大刀螳 *Tenodera sinensis* Saussure 既是传统的中药材, 又是重要的天敌昆虫, 因而具有重要的经济价值。为了充分开发和利用中华大刀螳资源, 在人工饲养条件下, 对其形态学特征和生物学特性进行了研究。结果表明: 中华大刀螳为渐变态昆虫, 一生经历卵、若虫和成虫 3 个虫态。室内 1 年完成 1 个世代, 且无越冬现象。若虫共 8 龄, 以 1 龄若虫发育历期最短, 平均为 11.73 d, 8 龄若虫发育历期最长, 平均为 24.75 d; 3 龄若虫存活率最低, 为 81.08%, 5 龄若虫存活率最高, 为 100%; 雌、雄成虫阶段的平均历期为 99.36 d 和 72.86 d。此外, 本文介绍了中华大刀螳各虫态的形态特征和生物学特性。

关键词: 中华大刀螳; 生物学特性; 形态学; 发育历期; 存活率

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 02-0315-07

Research on morphology, biological characteristics and rearing of *Tenodera sinensis* Saussure in laboratory

WANG Yong-Qiang, LI Ling-Ling, WANG Ying-Jian, YANG Lin, CHEN Xiang-Sheng* (Provincial Special Key Laboratory for Development and Utilization of Insect Resources/ Institute of Entomology/ Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: *Tenodera sinensis* Saussur are both traditional Chinese medicinal material and enemy insect, with important economic value. In order to fully utilize its resources, the morphology and biological characteristics of *T. sinensis* were studied at condition of artificial feeding in labratory. The results showed that *T. sinensis* was paurometabolism with three stages in life cycle and one generation in a year including egg, nymph and adult. A generation of *T. sinensis* could be completed by artificial breeding indoor without overwintering. Nymphs of *T. sinensis* often emerged after 8 instars. The 1st instar nymphs had the shortest developmental duration of 11.73 days and the 8th instar nymph had the longest developmental duration of 24.75 days. The survival rate of 3th nymphs was the lowest (81.08%) and that of 5th instar nymphs was the highest (100%). The average developmental duration of female and male were 99.36 days and 72.86 days respectively. In addition, this paper introduced the morphology and biological characteristics of each age.

Key words: *Tenodera sinensis*; biological characteristics; morphology; development duration; survival rate

基金项目: 贵州省高层次创新型人才 (“百”层次) 项目 (黔科合人才 20154021)

作者简介: 王勇强, 男, 1995 年生, 硕士研究生, 主要研究方向为资源昆虫学, E-mail: 1428051176@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 陈祥盛, 男, 博士, 教授, 主要研究方向为资源昆虫学, E-mail: chenxs3218@163.com

收稿日期 Received: 2020-02-26; 接受日期 Accepted: 2020-08-11

中华大刀螳 *Tenodera sinensis* Saussure 隶属于螳螂目 Mantodea 螳科 Mantidae 螳亚科 Mantinae 刀螳属 *Tenodera* (王天齐, 1993)。中华大刀螳所产卵鞘为团螵蛸(也统称为桑螵蛸)是一种重要的中药材(王茜等, 2015)。团螵蛸除去杂质, 经过干燥处理后, 口服具有补肾、助阳、固精等治疗功效(胡长效等, 2007); 药理活性研究发现, 桑螵蛸具有较强的抗氧化活性和抗动脉粥样硬化活性, 具有治疗糖尿病的作用和抑菌效应(梅桂雪, 2019)。此外, 中华大刀螳属于体型较大的螳螂, 其若虫和成虫皆为捕食性, 具有捕食量大、捕食时间长及捕食范围广等特点, 可捕食直翅目、鳞翅目、半翅目等类群的害虫, 在害虫防治上有较重要的利用价值(杨瑞生等, 2006)。目前, 国内外有关中华大刀螳的研究主要集中在其分类地位、分布、形态学及饲养管理等方面(王天齐, 1993; 王天齐, 1995; 林仲桂, 1998), 而有关该种类的饲养、生活特性及各龄期的形态特征报道并不多。冯照军等(2001)对广腹螳 *Hierodula patellifera* 和中华大刀螳卵块孵化进行了比较研究; 康晓彤等(2017)强调了中华大刀螳的饲养管理如卵的保存、喂食、繁殖在饲养中的重要性。本研究对中华大刀螳进行了室内人工饲养, 并首次记录了该虫在室内饲养条件下的发育历期、生物学特性及生长发育情况, 并对各龄期的形态学进行详细描述, 以期对团螵蛸基原昆虫鉴定和中华大刀螳资源开发和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源: 中华大刀螳卵块采集于贵州省贵阳市花溪区, 中华大刀螳各龄期若虫及成虫均由该批卵块孵化、饲养而得; 中华大刀螳的饲料为果蝇(用于饲养中华大刀螳 1~3 龄若虫)和樱桃蟑螂(用于饲养中华大刀螳 3 龄以后的若虫及成虫)。中华大刀螳的饲养条件均为温度 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 光周期 L:D = 14 h: 10 h, 相对湿度为 $85\% \pm 1\%$ 。

主要仪器: 佳能照相机(Canon EOS 70D), Leica M125 体视显微镜, 人工气候箱(宁波江南仪器厂, 380A), 1 型饲养杯(由酱料杯改装而来, 上底直径 30 mm, 下底直径 36 mm, 杯高 33 mm), 2 型饲养杯(由一次性杯子改装而来,

上底直径 40 mm, 下底直径 65 mm, 杯高 670 mm)、饲养瓶(由罐头瓶改装而来, 上底直径 100 mm, 下底直径 100 mm, 瓶高 h 150 mm), 饲养笼(长 260.0 mm, 宽 150.0 mm, 高 150.0 mm), 经改装后利用紫外线杀菌灯光照射 24 h 后备用。

1.2 方法

1.2.1 饲养方法

用 3 号昆虫针将野外采集的中华大刀螳卵鞘固定于饲养瓶内 2/3 的高度, 置于人工气候箱内每天定时观察孵化情况(每天早晚各观察 1 次)。由于中华大刀螳具有自相残杀习性(Hurd *et al.*, 1994), 故待 1 龄若虫孵化出来后立即将其移至 2 型饲养杯中单头饲养。2 型饲养杯下底用保鲜膜盖住, 并用橡皮筋扎紧, 用记号笔在上底编号。编号使用阿拉伯数字, 标于 2 型饲养杯和饲养瓶上底, 编号从若虫跟踪到成虫; 饲养至 3 龄以后再将中华大刀螳从 2 型饲养杯转移至饲养瓶中, 继续进行单头饲养至成虫; 约 10 d 后将其移至饲养笼中进行配对, 交配之前喂食足量食物, 交配结束, 再次移至饲养瓶中等待产卵。饲养过程皆在人工气候箱内进行。1~3 龄若虫用果蝇饲喂, 3 龄以后用蟑螂饲喂; 隔 1 d 喂食 1 次, 每天早晚清理饲养杯和饲养瓶中螳螂粪便及食物残渣, 以保持饲养装置干净无污染。本实验选取孵化出来的 50 头较活泼的若虫进行饲养。

1.2.2 生活史观察

中华大刀螳的生活史观察参照林璐璐(2009), 每天观察 2 次, 详细记录卵块孵化、若虫蜕皮、成虫交配、产卵及死亡时间等。

1.2.3 形态学观察

在体视显微镜下解剖、观察、描述形态特征。使用数显游标卡尺(0~200 mm)测量各龄期头部宽度(含复眼)、前胸背板长度、体长(成虫含翅)。使用显微摄影系统和佳能数码相机对中华大刀螳的卵、若虫、成虫等数码图像资料进行采集, 并用 Adobe Photoshop CS6 对数码图像进行处理和编辑。

1.2.4 数据统计与分析

若虫期存活率(%) = (该龄期若虫头数 - 该龄期若虫死亡头数) / 该龄期若虫头数 $\times 100$, 孵化率(%) = 孵化卵粒数 / 总卵粒数 $\times 100$, 数据采用 EXCEL 2013 进行统计, 并用 SPSS 25 进行处理。

2 结果与分析

2.1 中华大刀螳若虫的发育历期

中华大刀螳为渐变态昆虫，一生经历卵期、若虫期、成虫期三个阶段，在实验条件下，1 年完成 1 个世代。野外采集的中华大刀螳卵鞘放入人工气候箱约 10 d 后孵化出 1 龄若虫，经历 8 次蜕皮后羽化为成虫，成虫发育 15 d 左右交配产卵，未交配的雌虫也可产卵，但不能孵化出若虫。1 龄若虫历期约 11.73 d，2 龄若虫历期约 13.16 d，3 龄若虫历期约 15.9 d，4 龄若虫历期约 13.32 d，5 龄若虫历期约 14.33 d，6 龄若虫历期约 13.67 d，7 龄若虫历期约 15.5 d，8 龄若虫历期约 24.75 d（见表 1）。由表 1 可见，1 龄若虫历期最短（约 11.73 d），1~3 龄若虫发育历期随着龄期的增加而增加，8 龄若虫历期最长（约 24.75 d）。

表 1 中华大刀螳各虫态发育历期

Table 1 Duration of different life stages of *Tenodera sinensis*

龄期 Age	持续天数 Duration in days		平均值 ± 标准误差 Mean ± SE
	最小值 (d) Min.	最大值 (d) Max.	
1 龄若虫 1 st instar nymph	8	20	11.73 ± 0.451
2 龄若虫 2 nd instar nymph	9	16	13.16 ± 0.268
3 龄若虫 3 rd instar nymph	12	19	15.9 ± 0.369
4 龄若虫 4 th instar nymph	9	17	13.32 ± 0.430
5 龄若虫 5 th instar nymph	11	21	14.33 ± 0.534
6 龄若虫 6 th instar nymph	10	25	13.67 ± 0.627
7 龄若虫 7 th instar nymph	12	22	15.50 ± 0.546
8 龄若虫 8 th instar nymph	20	30	24.75 ± 0.615
雌成虫 Female adult	62	159	99.36 ± 6.245
雄成虫 Male adult	38	112	72.86 ± 10.395

2.2 中华大刀螳各龄期形态特征

卵：卵形如稻米，后端略粗于前端，前端位置指向卵鞘开口处，卵粒呈扇形一层层排列于卵鞘之中，长约 3.44 mm，最宽处约 0.88 mm，淡黄色，脱离卵鞘的卵粒颜色加深，变为黄色。

卵鞘：卵鞘产于饲养瓶内壁或顶部，整个卵鞘棕褐色，质地较软，长约 14.14 mm，宽约 11.23 mm，高约 13.13 mm。

1 龄若虫：体长约 7.26 mm，头壳宽约 1.90 mm，前胸背板长约 2.54 mm（表 2）。刚孵化出来的 1 龄若虫状如蛆形，体色嫩黄色，复眼黑色，以一根细丝悬挂于卵鞘上。随着时间推移，足和触角逐渐展开，体色逐渐变为棕褐色，边缘略呈淡黄色，头顶扁平，额面三角形。额面具有砖红色条带并连接左右复眼，条带位于复眼中间约占 1/3。后足前跗节黑褐色。

2 龄若虫：体长约 12.76 mm，头壳宽约 2.33 mm，前胸背板长约 3.90 mm（表 2）。1 龄若虫蜕皮之后体色逐渐变为绿色，仍可见棕褐色，前胸背板砖红色，腹部棕褐色。

3 龄若虫：体长约 16.88 mm，头壳宽约 2.82 mm，前胸背板长约 5.23 mm（表 2）。体绿色，前胸背板边缘砖红色变浅、脊线周围砖红色加深，额面砖红色条带变细，隐约可见。

4 龄若虫：体长约 24.07 mm，头壳宽 3.38 mm，前胸背板长约 7.34 mm（表 2），为体长的 1/3 倍，体色与 3 龄若虫相似。

5 龄若虫：体长约 30.68 mm，头壳宽 3.96 mm，前胸背板长约 9.66 mm（表 2），约为体长 1/3 倍，整体绿色，5 龄若虫中已明显可见褐色型和绿色型的分化。

6 龄若虫：体长约 39.34 mm，头壳宽约 4.86 mm，前胸背板长约 12.50 mm（表 2）。中、后胸边缘可见淡黄色翅芽。

7 龄若虫：体长约 51.49 mm，头壳宽约 5.71 mm，前胸背板约 15.89 mm（表 2）。前、后翅芽明显可见。

8 龄若虫：体长约 62.20 mm，头壳宽约 6.70 mm，前胸背板长约 20.39 mm（表 2）。翅芽可见翅脉。

雌成虫：体长约 75.02 mm，头壳宽 8.79 mm，前胸背板长约 24.62 mm（表 2）。体褐色和绿色相间。

雄成虫：体长约 74.29 mm，头壳宽约

8.79 mm, 前胸背板长约 22.63 mm (表 2), 体棕褐色 (图 1 - A); 额盾片具对称黑色纵带; 前足腿节、胫节刺端部黑色; 前翅前缘脉至径脉区域

绿色, 半透明; 中脉色较深 (图 1 - D); 后翅前缘脉至径脉区域粉色, 径脉至轴脉区域端部具深色大斑, 向端部具散布深色小斑 (图 1 - E)。头

表 2 中华大刀螳不同虫态形态学计量值

Table 2 Morphological measurement of different life stages of *Tenodera sinensis*

龄期 Stages	头壳宽 (mm) Width of head		前胸背板 (mm) Length of pronotum		体长 (mm) Length of whole body	
	平均值 ± 标准误差	范围	平均值 ± 标准误差	范围	平均值 ± 标准误差	范围
	Mean ± SE	Range	Mean ± SE	Range	Mean ± SE	Range
1 龄若虫 1 st instar nymph	1.90 ± 0.02	1.72 ~ 2.06	2.54 ± 0.05	2.06 ~ 3.23	7.26 ± 0.06	6.28 ~ 7.80
2 龄若虫 2 nd instar nymph	2.33 ± 0.02	2.01 ~ 2.59	3.90 ± 0.06	3.34 ~ 4.80	12.76 ± 0.15	10.42 ~ 13.85
3 龄若虫 3 rd instar nymph	2.82 ± 0.03	2.54 ~ 3.04	5.23 ± 0.09	4.36 ~ 6.39	16.88 ± 0.26	14.13 ~ 19.18
4 龄若虫 4 th instar nymph	3.38 ± 0.04	2.69 ~ 3.64	7.34 ± 0.07	6.34 ~ 8.01	24.07 ± 0.23	20.67 ~ 26.56
5 龄若虫 5 th instar nymph	3.96 ± 0.04	3.48 ~ 4.37	9.66 ± 0.11	7.80 ~ 10.97	30.68 ± 0.31	25.52 ~ 33.41
6 龄若虫 6 th instar nymph	4.86 ± 0.04	4.39 ~ 5.08	12.50 ± 0.15	11.38 ~ 14.30	39.34 ± 0.47	34.19 ~ 44.65
7 龄若虫 7 th instar nymph	5.71 ± 0.08	4.63 ~ 6.14	15.89 ± 0.26	12.92 ~ 19.34	51.49 ± 0.79	43.20 ~ 58.80
8 龄若虫 8 th instar nymph	6.72 ± 0.11	5.95 ~ 7.40	20.39 ± 0.51	17.67 ~ 29.24	62.19 ± 0.70	55.99 ~ 67.70
雌成虫 Female adult	8.79 ± 0.06	8.51 ~ 8.96	24.62 ± 0.16	23.88 ~ 25.31	75.02 ± 0.47	73.12 ~ 77.02
雄成虫 Male adult	7.53 ± 0.10	7.30 ~ 7.88	22.63 ± 0.40	21.08 ~ 23.99	74.29 ± 0.47	71.42 ~ 78.54

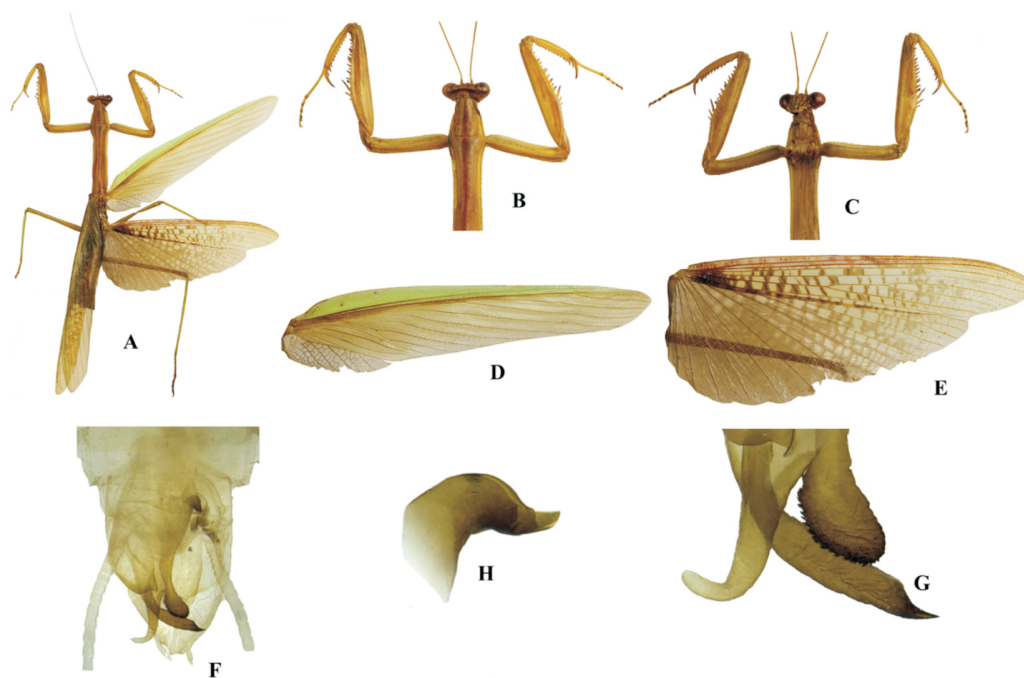


图 1 中华大刀螳形态特征图

Fig. 1 Morphological character of *Tenodera sinensis*

注: A, 雄虫背面观; B, 头及前胸背面观; C, 头及前胸腹面观; D, 前翅; E, 后翅; F, 生殖节背面观; G, 生殖节突起背面观; H, 生殖节突起。Note: A, Dorsal view of male; B, Dorsal view of head and chest; C, Ventral view of head and thorax; D, Forewing; E, Hind wing; F, Dorsal view of genital segments; G, Dorsal view of genital segments bulge; H, Genital segments bulge.

宽约为长 2.1 倍, 头顶两侧三分之一处具对称纵沟; 触角丝状; 复眼卵圆形, 较突出; 无复眼后突 (图 1-B); 额盾片横行, 背缘钝角状 (图 1-C)。前胸背板长约为宽 3.7 倍, 沟后区长约为沟前区 2.7 倍; 侧缘小齿不明显 (图 1-B)。前足基节短于沟后区, 背缘具 10~19 枚小齿; 基节叶分叉明显。前足腿节外列刺 4 枚, 中刺 4 枚, 内列刺 15~16 枚, 膝叶各具一小刺; 前足胫节外列刺 8~9 枚, 内列刺 14 枚 (图 1-B 和图 1-C)。前翅狭长, 亚前缘脉几至翅端, 翅痣狭长 (图 1-D)。下生殖板端突长, 端部骨化程度高, 爪状; 左上阳茎叶端突狭长, 近端部向左、腹面弯曲 (背面观), 后阳茎突端部膨大且边缘具密布小齿, 前阳茎突向下、腹面弯曲, 端部尖且平直 (图 1-F, 图 1-G, 图 1-H)。

2.3 中华大刀螳若虫存活率及卵孵化率

在人工饲养气候箱内, 采集到的中华大刀螳卵鞘共孵化 183 头, 经解剖未发现未孵化卵粒; 本实验选取鞘孵化出的 50 头较活泼的若虫进行饲养, 统计各龄若虫的存活率, 结果如表 3。从表 3 中可以看出, 低龄若虫 (1~3 龄) 存活率较低, 其中 3 龄若虫存活率最低 (81.08%), 4~8 龄若虫存活率较高, 其中 5 龄若虫的存活率最高 (100%)。8 龄若虫羽化后, 获 22 头成虫, 雌: 雄=12:8。在交配的雌性螳螂中, 共有 1 头雌雄螳螂产下 3 枚卵鞘并孵化, 每枚卵鞘分别含有卵 103 粒、92 粒、88 粒, 经解剖 3 枚卵鞘分别有

表 3 中华大刀螳若虫期存活率
Table 3 Survival rate of *Tenodera sinensis* in nymph stage

龄期 Age	总头数 (头) Total mantis	存活头数 (头) Number of survivors	存活率 (%) Survival rate
1 龄若虫 1 st instar nymph	50	45	90.00
2 龄若虫 2 nd instar nymph	45	37	82.22
3 龄若虫 3 rd instar nymph	37	30	81.08
4 龄若虫 4 th instar nymph	30	28	93.33
5 龄若虫 5 th instar nymph	28	28	100.00
6 龄若虫 6 th instar nymph	26	25	96.15
7 龄若虫 7 th instar nymph	25	23	92.00
8 龄若虫 8 th instar nymph	23	22	95.65

3 粒、6 粒、4 粒卵未孵化, 孵化率分别约为: 97.09%、93.48%、95.45%。数据表明雌螳螂交配一次后可多次产卵, 且能够孵化。

2.4 中华大刀螳交配习性

雌雄成虫交配前分别喂食足够的螳螂至其腹部明显胀大时, 将 1 雌 1 雄同时放入饲养笼中 (图 2-B)。雄螳螂交配前, 其腹部作略微弯曲状, 主动接近静止中的雌性螳螂, 寻机飞到雌性螳螂背部 (图 2-B), 调整体位至雄性生殖器接近雌性螳螂生殖器, 弯曲腹部将生殖器插入雌性体内; 雌螳螂并不理会雄螳螂, 其前足抓住养虫



图 2 中华大刀螳成虫的交配习性

Fig. 2 Mating behavior of *Tenodera sinensis* adults

注: A, 雌食雄; B, 交配时; C, 交配后; D, 雌螳螂腹部。Note: A, Female eating male; B, During mating; C, After mating; D, Abdomen of female after mating.

笼,或梳理触角,直至交配结束。雄螳螂将其生殖器拔出,并由左侧缓慢离开雌螳螂(图2-C),交配结束后雌性螳螂尾部可见白色精珠(图2-D)。在不受外界因子影响的情况下,整个交配过程可达约7 h。中华大刀螳的交配时长(7 h)略高于广斧螳 *Hierodula patellifera* (Serville) (5 h)和云眼斑螳 *Crebroter nebulosa* (Zheng) (4 h) (崔发良等,1997;徐康等,2009)。中华大刀螳在交配时易发生雌食雄现象(图2-A)。

3 结论与讨论

中华大刀螳在室内人工饲养条件下,1年完成1个世代,且无越冬现象。若虫共8龄,以1龄若虫发育历期最短,平均为11.73 d,8龄若虫发育历期最长,平均为24.75 d;3龄期若虫存活率最低,为81.08%,5龄若虫存活率最高,为100%;雌、雄成虫阶段的平均历期为99.36 d和72.86 d。中华大刀螳低龄若虫发育历期短于高龄若虫,1~8龄若虫的平均发育历期约127.62 d,与严静君(1981)记载的122.1 d接近。实验证实,以果蝇和蟑螂作为食物,中华大刀螳能够成功繁殖1个世代。

中华大刀螳在室内饲养条件下,1~3龄若虫存活率与其余龄期相比较低,这一结果与室内饲养的广腹螳相似(王玉洁等,2014)。低龄若虫存活率低的原因可能与螳螂种间自控数量到一定的程度有关以及所获取食物的多少有关(Paradise *et al.*, 1991; 李金兰和李金荣,1996)。实验中,以果蝇饲养1~3龄螳螂若虫,发现低龄若虫对果蝇的捕食率低,且只取食果蝇的头部或腹部。4龄以后随着龄期的增大存活率有所增高,则可能与螳螂适应其所处室内环境有关。此外,食物的污染导致食物的营养缺乏可能也是造成低龄螳螂死亡率高的原因之一(Hued *et al.*, 1995)。由此可见,在今后中华大刀螳饲养过程中,不仅要重视饲料的选择,而且应考虑饲养场所和饲养装置。

此外,中华大刀螳卵鞘在野外容易被中华螳小蜂 *Podagrion chinensis* ashmead、皮蠹 *Thaurnaglossa* sp. 等寄生和危害(严静君等,1981),室内饲养未观察到此现象。螳螂是一种杂食性昆虫(Kim and Rust, 2013),饲养过程中在接触螳螂的情况下会攻击、取食蜕皮中的螳螂,可能是蜕皮中的螳螂所散发的气味所致,也可能是蜕皮时螳螂反抗

能力最弱(康晓彤等,2017),因此,在饲养过程中应特别注意螳螂蜕皮时螳螂造成的威胁。

螳螂若虫期的形态变化,主要表现在头宽、体长的增长。中华大刀螳头壳等体躯结构随着龄期的增长呈指数生长,即中华大刀螳龄期与头壳宽度、前胸背板、触角以及体长的对数呈直线关系(杨瑞生等,2006)。本研究首次对中华大刀螳各龄期尤其是若虫期的形态特征进行了详细的描述,拍摄了各龄期外部形态和雄性外生殖器的数码照片,为该虫的准确鉴定提供了详细的参考资料。

螳螂若虫期体色及成虫体色变化存在差异,尤其1龄若虫体色与成虫之间的差异最明显:1龄若虫为棕褐色,而成虫则为绿色,这可能与其长期的生长环境有关。中华大刀螳主要捕食蔬菜、果树害虫(康晓彤等,2016),因此身体绿色有利于其捕食猎物。若虫为棕褐色,则可能为春天万物渐复苏,色调为棕色至绿色的过渡,该体色则可能利于其躲避天敌的捕食。中华大刀螳不同龄期体色的变化与环境的变化是否存在关联仍需进一步的研究。

参考文献 (Reference)

- Cui FL, Wang CG, Fang L, *et al.* Observation and protection suggestions on the biological characteristics of *Hierodula patellifera* (Serville) [J]. *Journal of Shandong Forestry Science and Technology*, 1997, 6: 28–30. [崔发良, 王昌贵, 方丽, 等. 广斧螳螂生物学特性观察与保护建议 [J]. 山东林业科技, 1997, 6: 28–30]
- Feng ZJ, Yao RQ, Chen J, *et al.* Comparison of egg hatching in *Hierodula patellifera* and *Tenodera aridifolia sinensis* [J]. *Entomological Knowledge*, 2001, 38 (5): 358–360. [冯照军, 姚瑞琴, 陈金, 等. 广腹螳和中华大刀螳卵块孵化的比较研究 [J]. 昆虫知识, 2001, 38 (5): 358–360]
- Hu CX, Zhu J. Advances of research on Chinese medicine (Sangpiaoxiao) [J]. *Agriculture and Technology*, 2007, 5: 77–79. [胡长效, 朱静. 中药桑螵蛸的研究进展 [J]. 农业与技术, 2007, 5: 77–79]
- Hued LE, Eisenberg RM, Moran MD, *et al.* Time, temperature, and food as determinants of population persistence in the temperate mantid *Tenodera sinensis* (Mantodea: Mantidae) [J]. *Environmental Entomology*, 1995, 24 (2): 348–353.
- Hurd LE, Eisenberg RM, Fagan WF, *et al.* Cannibalism reverses male-biased sex ratio in adult mantids: female strategy against food limitation? [J]. *Oikos*, 1994, 69 (2): 193–198.
- Kang XT, Kang ZY, Shao CG, *et al.* Precautions for the feeding of *Tenodera sinensis* Saussure [J]. *Jilin Agriculture*, 2017, 14: 62. [康晓彤, 康振宇, 邵川格, 等. 中华大刀螳饲养注意事项]

- [J]. 吉林农业, 2017, 14: 62]
- Li JL, Li JR. Research on biological characteristics of *Prey mantis* [J]. *Jilin Agriculture*, 1996, 2: 16. [李金兰, 李金荣. 螳螂的生物学习性 [J]. 吉林农业, 1996, 2: 16]
- Lin LL. The Biology of *Statilia maculate* (Thunberg) and the Effects of its Ootheca on Diabetic Mice [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009: 14. [林璐璐. 小刀螳生物学及其卵鞘对糖尿病小鼠的作用研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 14]
- Lin ZG. A *Tenodera sinensis* Saussure with an abnormal forefoot [J]. *Entomological Knowledge*, 1998, 3: 192. [林仲桂. 一只前足异常的中华大刀螳 [J]. 昆虫知识, 1998, 3: 192]
- Mei GX. Studies on the Biological Active Constituents of *Heipiaoxiao* [D]. Jinan: University of Jinan, 2019: 14. [梅桂雪. 黑螳螂生物活性成分的研究 [D]. 济南: 济南大学, 2019: 14]
- Paradise CJ, Stamp NE. Abundant prey can alleviate previous adverse effects on growth of juvenile praying mantids (Orthoptera: Mantidae) [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1991, 84 (4): 396–406.
- Wang Q, Hou FX, Wang YX, et al. Identification of original species of *Mantidis ootheca* (Sangpiaoxiao) based on DNA barcoding [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2015, 40 (20): 3963–3966. [王茜, 侯飞侠, 王艺璇, 等. 基于 DNA 条形码的桑螵蛸基原动物鉴定研究 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40 (20): 3963–3966]
- Wang TQ. Studies on *Tenodera Burmeister* (Mantodea: Mantidae) in China [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1995, 2: 191–195. [王天齐. 中国大刀螳属研究 (螳螂目: 螳科) [J]. 昆虫学报, 1995, 2: 191–195]
- Wang TQ. Summary of Chinese Mantis Order Classification [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Literature Press, 1993: 126–133. [王天齐. 中国螳螂目分类概要 [M]. 上海: 上海科技文献出版社, 1993: 126–133]
- Wang YJ, Wu J, Li RX, et al. Research on biological characteristics of *Hierodula patellifera* (Serville) in laboratory [J]. *China Plant Protection*, 2014, 34 (3): 5–8. [王玉洁, 吴娇, 黎荣欣等. 广斧螳室内生物学特性研究 [J]. 中国植保导刊, 2014, 34 (3): 5–8]
- Xu K, Zhou W, Yuan Q. Artificial breeding and breeding of *Crebroter nebulosa* (Zheng) [J]. *Biology Bulletin*, 2009, 44 (9): 44–45. [徐康, 周伟, 袁勤. 云眼斑螳的人工饲养和繁殖 [J]. 生物学通报, 2009, 44 (9): 44–45]
- Yan JJ, Xu CH, Yao DF, et al. Studies on biological characteristics of six kinds of mantis [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1981, 3: 24–30. [严静君, 徐崇华, 姚德富, 等. 六种螳螂生物学特性的研究 [J]. 昆虫天敌, 1981, 3: 24–30]
- Yang RS, Wu L, Qin L, et al. Establishment of *Tenodera aridifolia sinensis* growth regressive model [J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 2006, 16: 3884–3888. [杨瑞生, 武琳, 秦利等. 中华大刀螳生长回归模型的建立 [J]. 安徽农业科学, 2006, 16: 3884–3888]