

厚环黑蝇生长发育规律及其对于死亡时间推断的意义

马 婷^{1,2}, 桂灵峰³, 王江峰^{2,*}

(1. 华南农业大学资源环境学院, 广州 510642; 2. 广东警官学院刑事技术系, 广州 510230;
3. 广州市公安局番禺区公安分局, 广州 511400)

摘要: 厚环黑蝇 *Hydrotaea spinigera* 是在尸体腐败时全程在尸体上及尸体周围的泥土中出现的昆虫种类, 对于死亡时间的推断有着比较重要的意义。迄今尚未见该种类生长发育系统研究的报道。为了明确其生长发育规律, 以对相关的死亡时间推断提供基础数据, 本研究通过放置幼猪尸体于野外环境诱集该种类, 在室内饲养建立试验种群, 分别于 20, 24, 28 和 32 (± 1) °C 恒温下饲养该昆虫, 对其生长发育历期、体长随时间的变化及在尸体演替中出现的时间进行了研究。结果表明: 厚环黑蝇在 20, 24, 28 和 32 (± 1) °C 下完成幼期生长发育所需最短平均发育历期分别为 869.6 ± 21.6 , 673 ± 18.5 , 410 ± 16.4 和 379 ± 17.2 h, 平均发育历期分别为 966 ± 74.0 , 808 ± 80.2 , 570 ± 40.7 和 470 ± 30.5 h; 其体长随发育时间的增加逐渐增长, 到达最大体长后在 12~14 mm 内波动, 体长与发育时间的关系可用方程 $y = (a + bx) / [1 + \exp(c + dx)]$ 模拟。本研究为较为系统的厚环黑蝇发育生物学研究, 其结果对于高度腐败尸体的死亡时间推断及卫生害虫控制有较重要价值。

关键词: 厚环黑蝇; 生长发育; 发育历期; 体长; 死亡时间

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2013)08-0890-06

Growth and development patterns of *Hydrotaea spinigera* (Diptera: Muscidae) and their significance for estimating postmortem interval

MA Ting^{1,2}, GUI Ling-Feng³, WANG Jiang-Feng^{2,*} (1. College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Department of Forensic Science and Technology, Guangdong Police College, Guangzhou 510230, China; 3. Public Security Bureau Panyu Subbureau, Guangzhou 511400, China)

Abstract: *Hydrotaea spinigera* Stein is a species that exists in corpses and the surrounding soil during the decay of the cadaver, and it has a great significance for estimating the postmortem interval for badly decomposed remains. Until now there has been no systematic research on the growth and development of this species. This species was collected in succession studies conducted with piglet carcasses. Our research provided an opportunity to derive developmental schedules for *H. spinigera* at four different constant temperatures [20, 24, 28 and 32 (± 1) °C], and aimed to gain the data of its developmental duration and body length change with time that can be used in forensic investigations. The results showed that at 20, 24, 28 and 32 (± 1) °C, the minimum average developmental duration of *H. spinigera* to complete their immature stage was 869.6 ± 21.6 , 673 ± 18.5 , 410 ± 16.4 and 379 ± 17.2 h, and the average developmental duration was 966 ± 74.0 , 808 ± 80.2 , 570 ± 40.7 and 470 ± 30.5 h, respectively. The larval body length increased with time, fluctuating between 12–14 mm after reaching the maximum length. The relationships between larval body length and time at four constant temperatures could be simulated by logistic function $y = (a + bx) / [1 + \exp(c + dx)]$. This is a relatively systematic study on the developmental biology of *H. spinigera*, which is meaningful for the determination of postmortem interval of more highly decayed corpse as well as for the control of hygienic pests.

Key words: *Hydrotaea spinigera*; growth and development; developmental duration; body length; postmortem interval

基金项目: 国家自然科学基金项目(30870332)

作者简介: 马婷, 女, 1988 年 1 月生, 陕西武功人, 硕士研究生, 研究方向为法医昆虫学, E-mail: 624158881@qq.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wj701125@aliyun.com

收稿日期 Received: 2013-03-01; 接受日期 Accepted: 2013-05-23

昆虫学方法已经成为推断死亡时间最有效的方法。根据昆虫推断死亡时间的方法主要有两种 (Catts and Goff, 1992): 一是根据昆虫的生长发育规律; 二是根据昆虫在尸体上的演替规律。其中前者主要根据丽蝇 (如大头金蝇 *Chrysomya megacephala*、丝光绿蝇 *Lucilia sericata*、绯颜裸金蝇 *Achoetandrus rufifacies*、巨尾阿丽蝇 *Aldrichina grahmi*) 及麻蝇类 (肥须亚麻蝇 *Parasarcophaga crassipalpis*、棕尾别麻蝇 *Boettcherisca peregrina*) 等昆虫的生长发育规律, 推断得比较准确; 后者只能大致推断。但是丽蝇及麻蝇类昆虫主要出现在尸体死后分解的新鲜期、肿胀期及腐败期, 其后基本不再出现; 另外, 这些种类的法医学价值主要在于第 1 个世代, 而这一代通常发生在死亡 15 ~ 30 d 内, 一旦超过这个时间范围, 准确性将大大下降 (Lord *et al.*, 1994)。因此, 寻求生活历期更长的昆虫, 将延长准确推断死亡时间的范围。

双翅目黑蝇属 *Hydrotaea* 在世界上大约有 20 个种类, 为小型蝇类, 幼虫具有粪食、腐食和捕食性 (范滋德, 1992), 亦有学者主张该类昆虫应归为齿股蝇属 (薛万琦等, 2009)。厚环黑蝇 *H. spinigera* 是该属在命案现场出现频次较高的昆虫, 在尸体腐败的大部分时间都能出现, 主要生活在腐败的尸体组织及周围的污泥中。Lefebvre 和 Pasquerault (2004) 对古铜黑蝇 *Ophyra aenescens* 及开普黑蝇 *Ophyra capensis* 的最短发育历期做过研究, 但目前对于厚环黑蝇尚未见有报道, 这可能因为在实验室饲养困难的缘故。据我们观察, 厚环黑蝇生活历期要比丽蝇类长, 从死亡早期到后期均在尸体上出现, 特别是丽蝇消失后, 厚环黑蝇仍旧大量存在。其对腐败尸体死亡时间推断的价值不言而喻; 其次, 由于厚环黑蝇的捕食习性, 其对卫生害虫的控制亦较有价值; 另外, 厚环黑蝇在富含营养的污泥中滋生, 其对环境的净化也起到一定作用。有鉴于此, 我们开展了本研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 虫源: 通过放置猪尸体于野外环境, 采集厚环黑蝇的幼虫及成虫, 带回试验室饲养。

1.1.2 主要仪器、试剂和试虫饲养基质: 智能人工气候培养箱、立体显微镜、数码相机、数码螺旋测微尺、无水乙醇、乙酸、二甲苯、奶粉、白糖、腐

殖质土、鸡粪、猪肝。

1.2 实验方法

1.2.1 形态学观察: 对于卵, 直接在体视显微镜 (Carl Zeiss Stemi, 2000) 下观察卵堆; 幼虫、蛹及成虫则一般选 10 个野生个体, 对其物理指标 (长度、宽度等) 进行测量, 并参照该种的分类学文献进行简单描述。

1.2.2 发育历期观察: 将厚环黑蝇所产新鲜卵接种于猪肝上, 猪肝放于盛有腐殖质土的养虫盒中, 将盛有蝇卵的养虫盒放进培养箱中培养, 温度分别控制为 20, 24, 28 和 32 (± 1) $^{\circ}\text{C}$, 光周期为 12L: 12D。卵期每小时观察一次, 直至孵化; 幼虫期和蛹期 2 h 观察一次, 通过考察幼虫后气门的显微变化及化蛹和成虫羽化情况, 确定及统计各虫态历期。参照法医学期刊昆虫历期的观察惯例, 观察最短历期及平均历期。其中最短历期为第一个个体达到该阶段的时间, 平均历期为 50% 个体达到该阶段的时间。

1.2.3 幼虫体长观察: 将厚环黑蝇所产新鲜卵接种于猪肝上, 猪肝放于盛有腐殖质土 (土中加少量奶粉和白糖的混合液) 的养虫盒中, 用尼龙纱网扎紧, 放进培养箱中培养, 温度分别控制为 20, 24, 28 和 32 (± 1) $^{\circ}\text{C}$, 光周期为 12L: 12D。待卵孵化后, 每隔 12 h 取样 1 次, 直至化蛹。每次取 10 头幼虫, 将所取幼虫用 XA 液 (二甲苯: 乙醇 = 1: 1, v/v) 杀死, 保存于 75 % 酒精中, 再利用数码测微尺测量幼虫体长, 重复 3 次。

1.3 数据分析

利用 SPSS 17.0 统计分析实验所得体长数据。

2 结果与分析

2.1 形态学特征

卵 (图 1: A): , 呈香蕉状, 长 0.7 ~ 0.9 mm; 宽 0.2 mm, 乳白色透明状, 常常被分散产下。

幼虫 (图 1: B): 蛆状, 虫体细长, 明显比丽蝇瘦, 在案发现场尸体周围的污泥中出现, 看起来就像截断的白线一样, 体表光滑, 成熟幼虫体长 12 mm 左右。

蛹: (图 1: C): 红褐色, 长 5 mm, 宽 2 mm, 比丽蝇蛹瘦。

成虫 (图 1: D): 体长 5.0 ~ 6.5 mm, 具闪亮的、带有棕色线晕的兰黑色种类。侧面观眼后缘明显凹入。前中鬃不发达, 前中鬃列与前背鬃列之间

有 1 条缺纤毛的纵条; 后背中鬃 4, 前方的 2~3 个不发达, 后方的 1~2 个较发达。雄虫额狭于触角第 3 节之宽; 雄、雌虫侧额均无粉被, 呈亮黑色。雌虫额三角不达于额前缘。雄虫后股节近基部的腹面具 1~2 个短的钝头状鬃, 后胫节前、后腹面只有少数毛; 跗节全黑(范滋德, 1992)。

2.2 发育历期

厚环黑蝇在不同恒温下的发育历期如表 1 所示, 在 20, 24, 28 和 32℃ 其最短平均发育历期分别为 869.6 ± 21.6 , 673 ± 18.5 , 410 ± 16.4 和 379 ± 17.2 h; 平均发育历期分别为 966 ± 74.0 , 808 ± 80.2 , 570 ± 40.7 和 470 ± 30.5 h。



图 1 不同虫态的厚环黑蝇
Fig. 1 Various stages of *Hydrotaea spinigera*
A: 卵 Egg; B: 幼虫 Larva; C: 蛹 Pupa; D: 成虫 Adult.

表 1 厚环黑蝇在不同恒温下的平均最短发育历期

Table 1 Average minimum developmental duration of *Hydrotaea spinigera* at different constant temperatures

发育阶段 Developmental stage	平均最短发育历期 Average minimum developmental duration (h)							
	20℃	比例(%) Proportion	24℃	比例(%) Proportion	28℃	比例(%) Proportion	32℃	比例(%) Proportion
卵 Egg	30.0 ± 0.7	3	24.0 ± 0.5	3.6	17.8 ± 0.5	4.3	16.7 ± 0.58	4.4
幼虫 Larva	485.3 ± 5.1	56	481.0 ± 6.5	71.4	284.0 ± 5.7	69.3	276.0 ± 4.0	73
蛹 Pupa	354.3 ± 16.3	41	168.0 ± 20.4	24.9	108.0 ± 13.1	26.3	86.0 ± 10.2	23
合计 Total	869.6 ± 21.6	—	673.0 ± 18.5	—	410.0 ± 16.4	—	379.0 ± 17.2	—

表中比例示该虫态占整个发育期的比例; 表 2 同。The proportion in the table indicates the proportion of developmental duration of certain stage accounting for the total developmental duration. The same for Table 2.

表 2 厚环黑蝇在不同恒温下的平均发育历期

Table 2 Average developmental duration of *Hydrotaea spinigera* at different constant temperatures

发育阶段 Developmental stage	平均发育历期 Average developmental duration (h)							
	20℃	%	24℃	%	28℃	%	32℃	%
卵 Egg	30.0 ± 0.7	3.1	24.0 ± 0.5	3.0	17.8 ± 0.5	3.1	16.7 ± 0.58	3.6
1 龄幼虫 1st instar larva	40.0 ± 2.3	4.1	32.0 ± 3.6	4.0	24.0 ± 2.4	4.2	12.0 ± 2.8	2.6
2 龄幼虫 2nd instar larva	56.0 ± 4.0	5.8	40.0 ± 4.4	5.0	36.0 ± 3.7	6.3	30.0 ± 5.4	6.4
3 龄幼虫 3rd instar larva	456.0 ± 20.7	47.2	432.0 ± 30.2	53.4	324.0 ± 25.2	40	270.0 ± 24.3	57.4
蛹 Pupa	384.0 ± 50.0	39.8	264.0 ± 63.4	32.7	168.0 ± 65.8	29.4	140.0 ± 50.7	29.8
合计 Total	966.0 ± 74.0	—	808.0 ± 80.2	—	570.0 ± 40.7	—	470.0 ± 30.5	—

2.3 幼虫体长

将 20, 24, 28 和 32℃ 下的幼虫体长值汇总在一起, 然后按大小排序, 分别去掉最大及最小的 3 个值, 统计其平均值及标准差, 见图 2(A ~ D)。可以看出, 幼虫体长随发育时间的变化可以分为两个阶段: 第 1 阶段, 体长增长期; 第 2 阶段, 平台期。在第 1 阶段, 体长迅速增长; 第 2 阶段, 体长不再

增长, 在 12 ~ 14 mm 之间波动。
2.4 幼虫体长与产卵后时间关系的数学模型

以产卵后时间为自变量, 幼虫体长为因变量, 利用 SPSS 的非线性回归, 采用 logistic 的改进模型对时间与体长的关系进行模拟, 结果如表 2, 表明幼虫体长与发育时间的关系可用方程 $y = (a + bx) / [1 + \exp(c + dx)]$ 模拟。

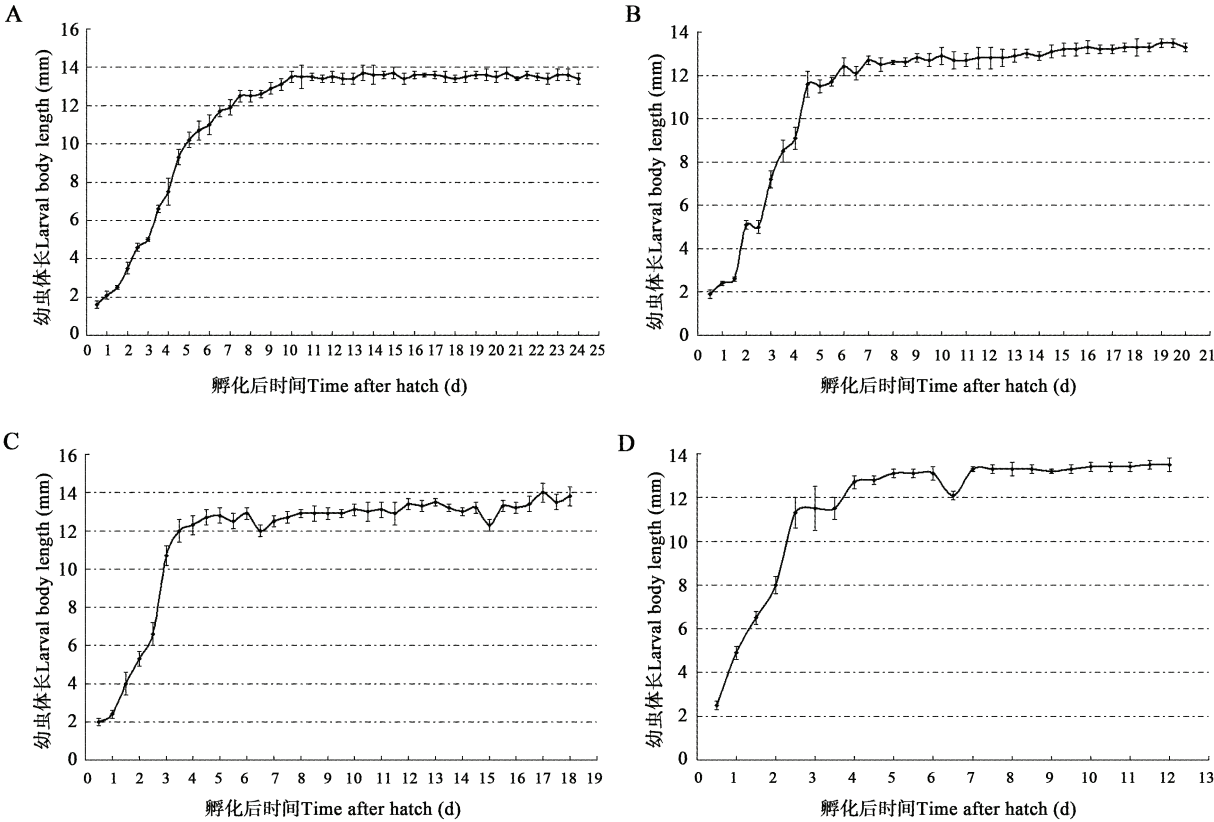


图 2 在不同恒温下厚环黑蝇幼虫的体长变化
Fig. 2 Change in body length of *Hydrotaea spinigera* larvae at different constant temperatures
A: 20 ± 1℃; B: 24 ± 1℃; C: 28 ± 1℃; D: 32 ± 1℃.

表 2 4 种恒温下幼虫体长(y)与产卵后时间(x)关系的模拟方程
Table 2 Relationship between larval body length (y) and time after oviposition (x) at four constant temperatures represented by logistic function

温度(℃) Temperature	模拟方程 Logistic function	决定系数(R ²) Determination coefficient
20	$y = (13.337 + 0.010x) / [1 + \exp(2.383 - 0.672x)]$	0.997
24	$y = (12.291 + 0.055x) / [1 + \exp(2.493 - 0.936x)]$	0.992
28	$y = (12.520 + 0.051x) / [1 + \exp(3.042 - 1.436x)]$	0.979
32	$y = (12.541 + 0.081x) / [1 + \exp(1.998 - 1.392x)]$	0.985

3 讨论

厚环黑蝇主要分布于中国、日本、朝鲜、中亚、澳大利亚及西太平洋诸岛,该种类在尸体变干以前均可在尸体上出现。因其在尸体上出现的时间晚于丽蝇及麻蝇,厚环黑蝇对于高度腐败尸体的死亡时间推断价值较大,本文首次对其发育历期、体长变化及在尸体上的出现时间进行了报道。Lefebvre 和 Pasquerault (2004)对厚环黑蝇的同属种古铜黑蝇及开普黑蝇在 17℃, 24℃ 和 30℃ 的发育历期进行了观察,但是他们只观察了其最短发育历期,对平均发育历期及体长均没有观察,本文结果相比其研究要系统一些。由于是不同种类,具体发育数据没有可比性。

在自然界每天都有数目可观的动物死去,这些动物尸体也成为一种资源,形形色色的生物都在利用它们。嗜尸昆虫也是这样,嗜尸昆虫在尸体上的发生和消失,是长期自然进化和妥协的结果。有些昆虫利用尸体本身,有些昆虫利用尸体及其环境物质。厚环黑蝇就是这样,它除了取食尸体,还取食尸体周围富含营养物质的腐殖质,因此对于环境的净化有着非常重要的意义。厚环黑蝇在试验室条件下很难饲养,我们曾经花了 6 个月的时间探索该种类的饲养。实践证明,单纯用新鲜肉类物质很难养活该昆虫,但是,发酵的肉类及腐殖质能使该类昆虫更好生长,这一点也和该种类所扮演的生态位相吻合。

尸体上的不同昆虫产卵习性不同,根据产卵习性可以判断卵的种属。丽蝇卵常常成堆产下。据我们观察,厚环黑蝇的产卵跟丽蝇不同,它们一般不成堆产下来,而是单粒或数粒产在一起;另外,卵一般不产在表面,而是产在疏松的食物内部或者土壤下,或者裹在食物中,非常隐蔽。在实验室条件下,如果不仔细地用镊子拨开食物是很难发现产卵的。这样就导致了即使是同一雌性昆虫在较短时间内产的卵,卵的起始时间也存在差异的情况以及因观察所导致的差异问题,从而导致后面发育进度的参差不齐。这大概也是 Lefebvre 和 Pasquerault 只观察最短发育历期的原因。他们认为,只要有一头昆虫达到下一虫态(first appearance),就被算作最短历期了。然而,倘若其中一次的观察中没有检查仔细,使得一粒更早的所产的卵混入观察样本,则这种单一的决定可能会对最终的历期计算产生较大影

响。本研究的结果限于以上原因,精确度还有待提高,将来需要更细致的设计实验,以获得更科学、更精准的数据。

厚环黑蝇是兼食性昆虫,主要分布于尸体及尸体周围的污泥中。在昆虫区系演替研究中,我们常看到该种类三五成群猎食丽蝇属 *Calliphora* 幼虫。厚环黑蝇幼虫也是趋暗型昆虫,当拨开污泥暴露出该种幼虫时,它们会很快钻入污泥中隐蔽起来。尽管该种类在污泥中生活,但其幼虫体表却非常干净,很少粘附泥土。厚环黑蝇的出现时间是尸体上捕食性昆虫最多、最为凶险的阶段,该种类如何实现和别的种类的竞争是一个值得探讨的问题。我们认为选择污泥作为隐蔽处,以及捕食其他双翅目幼虫的习性有助于其繁衍生息。截至目前,国际范围内法医昆虫学能够推断的最准确时间为丽蝇的一代时间范围。由于厚环黑蝇消失的时间很晚,所以有助于我们对于更高腐败程度的尸体进行死亡时间推断。

蝇类幼虫的体长是最常用来推断死亡时间的指标。目前对于体长的变化规律有 3 种表述方法:第 1 种是直接列举体长变化数据并绘制曲线图,如 Byrd 和 Butler (1996, 1997, 1998), Byrd 和 Allen (2001) 分别对于副螺旋锥蝇 *Cochliomyia macellaria*、绯颜裸金蝇 *Achoetandrus rufifacies*、红尾粪麻蝇 *Bercaea cruentata*、伏蝇 *Phormia regina* 做了研究;第 2 种是用曲线模拟体长,建立模拟方程,如 Willams (1984)对澳洲 4 种嗜尸性蝇类的体重的变化进行了观察,并用 logisitic 曲线进行了模拟;第 3 种是绘制等长线图(isomegalen diagram),将温度、体长、发育时间绘制在一张图上,使用者可以通过该图来直接查出对应的数据。早在 1984 年 Dallwitz 就做出了铜绿蝇 *Lucilia cuprina* 的 isomegalen 表(Dallwitz, 1984),其后 Grassberger 和 Reiter (2001, 2002a, 2002b)、Grassberger 等 (2003) 对于丝光绿蝇 *Lucilia sericata*、银口羽麻蝇 *Liopygia argyrostoma*、新陆原伏蝇 *Protophormia terraenovae*、白头裸金蝇 *Chrysomya albiceps* 进行了研究。其中第 3 种方法是建立在大量实验的基础上。本文采用了 logisitic 的改进曲线,分别将时间和体长值作为自变量和因变量,建立了相关模型,为应用提供了基础数据。需要指出的是,蝇类昆虫离食期的体长值变化不大且没有规律,对于接近化蛹的幼虫,最好还是饲养至化蛹后再判断死亡时间更加准确。

近年来,环境保护越来越受重视,黑水虻 *H.*

*illucens*已经被多个地方用作处理家畜家禽粪便及餐饮垃圾并将之转化为优质蛋白的工具昆虫(St-Hilaire *et al.*, 2007; 喻国辉等, 2009; 安新城等, 2010), 厚环黑蝇在此方面也有应用前景。

参考文献 (References)

- An XC, Li J, Lu X, 2010. Development of manure management system with *Hermetia illucens*. *Environmental Science & Technology*, 33(3): 113–116. [安新城, 李军, 吕欣, 2010. 黑水虻处理养殖废物的研究现状. 环境科学与技术, 33(3): 113–116]
- Byrd JH, Allen JC, 2011. The development of the black blow fly, *Phormia regina* (Meigen). *Forensic Science International*, 120(1–2): 79–88
- Byrd JH, Butler JF, 1996. Effect of temperature on *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae) development. *Journal of Medical Entomology*, 33: 901–905.
- Byrd JH, Butler JF, 1997. Effect of temperature on *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae) development. *Journal of Medical Entomology*, 34: 353–358.
- Byrd JH, Butler JF, 1998. Effect of temperature on *Sarcophaga haemorrhoidalis* (Diptera: Sarcophagidae) development. *Journal of Medical Entomology*, 35: 694–698.
- Catts EP, Goff ML, 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, 37: 253–272.
- Dallwitz R, 1984. The influence of constant and fluctuating temperature on development rate and survival of pupae of the Australian sheep blowfly *Lucilia cuprina*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 36(1): 89–95.
- Fan ZD, 1992. Key to the Common Flies of China. Science Press, Beijing. 242–243. [范滋德, 1992. 中国常见蝇类检索表. 北京: 科学出版社. 242–243]
- Grassberger M, Friedrich E, Reiter C, 2003. The blowfly *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) as a new forensic indicator in Central Europe. *International Journal of Legal Medicine*, 117: 75–81.
- Grassberger M, Reiter C, 2001. Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen- and isomorphen-diagram. *Forensic Science International*, 120: 32–36.
- Grassberger M, Reiter C, 2002a. Effect of temperature on development of the forensically important holarctic blow fly *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science International*, 128(3): 177–182.
- Grassberger M, Reiter C, 2002b. Effect of temperature on development of *Liopygia* (= *Sarcophaga*) *argyrostoma* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Sarcophagidae) and its forensic implications. *Journal of Forensic Science*, 47(6): 1332–1336.
- Lefebvre F, Pasquero T, 2004. Temperature-dependent development of *Ophyra aenescens* (Wiedemann, 1830) and *Ophyra capensis* (Wiedemann, 1818) (Diptera, Muscidae). *Forensic Science International*, 139(1): 75–79.
- Lord WD, Goff ML, Adkins TR, Haskell NH, 1994. The black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as a potential measure of human postmortem interval: observations and case histories. *Journal of Forensic Sciences*, 39(1): 215–222.
- Reiter C, Najek P, 1984. Age-dependent changes in the intestinal contents of blowfly maggots – a study in the framework of forensic determination of the time of death. *Zeitschrift für Rechtsmed*, 92(1): 39–45.
- St-Hilaire S, Cranfill K, McGuire MA, Mosley EE, Tomberlin JK, Newton L, Sealey W, Sheppard C, Irving S, 2007. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(2): 309–313.
- Williams H, 1984. A model for aging of fly larvae in forensic entomology. *Forensic Science International*, 25(3): 191–199.
- Xue WQ, Du J, Tong YF, 2009. Flies Introduction. Science Press, Beijing. 159 pp. [薛万琦, 杜晶, 佟艳丰, 2009. 蝇类概论. 北京: 科学出版社. 159 页]
- Yu GH, Chen YH, Yu ZN, Cheng P, 2009. Research progression on the larvae and prepupae of black soldier fly *Hermetia illucens* used as animal feedstuff. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 41–45. [喻国辉, 陈燕红, 喻子牛, 程萍, 2009. 黑水虻幼虫和预蛹的饲料价值研究进展. 昆虫知识, 46(1): 41–45]

(责任编辑: 袁德成)