

金黄指突水虻的生物学初步研究*

柴志强^{1, 2, 3} 侯柏华^{2**} 王付彬² 郭明昉² 陈小凤⁴

(1. 中国科学院华南植物园 广州 510650; 2. 广东省昆虫研究所 广州 510260;
3. 中国科学院研究生院 北京 100039; 4. 韶关市粤凰生态科技有限公司 乳源 512726)

摘要 金黄指突水虻 *Ptecticus aurifer* Walker 以腐烂的有机物和动物粪便为食, 在禽畜粪便处理及生产具有较高经济价值的昆虫蛋白饲料等方面有重要的潜在应用价值。本文对以下内容进行了研究: (1) 报道了各虫态形态特征与行为习性。(2) 在 25℃ 下, 金黄指突水虻从卵到成虫平均需要 37 d, 4 日龄后, 幼虫取食量明显增加, 体重快速增长, 9 日龄后体重可增长至 0.20 g 左右, 预蛹能自行爬出培养基寻找干燥的场所化蛹。(3) 成虫喜欢阴湿的环境, 交配和产卵多发生在清晨或傍晚, 成虫交配过程中具有领域性行为, 完成交配要求较大的空间。雌性水虻寻找富含腐殖质的地方产卵, 平均产卵 152 粒。(4) 在广东省南岭地区, 金黄指突水虻一年发生 5 到 6 代, 世代重叠明显, 以预蛹和蛹的形态越冬。

关键词 金黄指突水虻, 形态特征, 行为习性, 生物学特性, 年生活史

The biological characteristics of *Ptecticus aurifer*

CHAI Zhi-Qiang^{1, 2, 3} HOU Bo-Hua^{2**} WANG Fu-Bin² GUO Ming-Fang² CHEN Xiao-Feng⁴

(1. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China; 3. Graduate University Chinese Academy Sciences, Beijing 100039, China; 4. Shaoguan Yuehuang Agricultural Eco-Scientific Co., Ltd., Ruyuan 512726, China)

Abstract *Ptecticus aurifer* Walker consumes manure and livestock feed, especially larval flies utilization aids in the natural recycling of manure and the insects-based feedstuff are high quality food for many larger animals. The morphology and behavior of this pest were investigated both in the field and laboratory. *P. aurifer* needs an average of 37 d to develop from egg to adult, and the body mass of larva increased rapidly to 0.20 g from the 4th to 9th day at 25℃. Prepupae move away from food to find a drier place to pupate. Adults like to stay in sheltered and humid places, and the males of this fly display strong lekking behavior. Mating and oviposition were normally observed at morning and dusk, and a relatively large space is required for adults to mate successfully. The female lays an average of 152 eggs per mass around humus-rich sites. *P. aurifer* has 5-6 generations a year and overwinters as prepupae or pupae in northern Guangdong Province.

Key words *Ptecticus aurifer*, morphology, behavior, biological characteristics, annual life history

金黄指突水虻 *Ptecticus aurifer* Walker, 属于双翅目 *Diptera*, 水虻科 *Stratiomyidae* 昆虫。在我国分布广泛, 常见于海拔 300 m 以上的亚热带山地。另外在日本、俄罗斯、印度、印度尼西亚、马来西亚、越南等地也有分布 (Woodley, 2001; Rozkošný and Kovac, 2003; Rozkošný and Courtney, 2005)。广东省北部山区农村, 该虫经常出现在室外厕所、粪池、禽畜养殖场等场所。

金黄指突水虻幼虫在自然界主要取食腐殖质, 在生活垃圾处理、禽畜粪便转化、高蛋白饲料的生产方面有着重要的潜在利用价值 (叶明强, 等, 2012)。目前关于金黄指突水虻的研究仅限于成虫形态与分布的描述, 对其生物学特性、行为习性以及进一步的开发利用尚未见研究报道。本研究对该虫进行室内人工养殖, 初步观察和了解其生物学、行为习性及其年生活史, 以期为进一步资源

* 资助项目: 广东省中国科学院全面战略合作项目 (2010B090301016); 广东省林业科技创新专项 (2011KJCK021-01); 广东省科技计划项目 (2011B080701079); 韶关市产学研结合项目 (2009B020202017)。

** 通讯作者, E-mail: houbohua@gdei.gd.cn

收稿日期: 2012-03-05, 接受日期: 2012-03-28

化利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验地点与实验材料

1.1.1 实验地概况 实验地点位于广东省南岭山区天井山自然保护区(112°30′~113°15′E, 24°32′~24°46′N, 海拔 500~700 m), 韶关粤凰生态科技有限公司的山地鸡养殖场内。该区域处在中亚热带湿润气候大区南岭气候区。年平均气温 17~20℃, 月最高温度 29.9℃, 月最低温度 9.4℃, 单日最高温度 34℃, 单日最低温度 -8℃。

1.1.2 供试虫源 实验虫源采集当地自然野生种群。在野外塑料盆装已发酵 2 d 以上的腐殖质引诱金黄指突水虻成虫产卵。参照家蝇、黑水虻的养殖方法(Booth and Sheppard, 1984; Sheppard *et al.*, 2002; Tomberlin and Sheppard, 2002), 收集金黄指突水虻所产卵块进行室内继代培养。

1.2 试验方法

1.2.1 各虫态发育历期 将收集的金黄指突水虻卵置于人工气候箱(上海一恒科技有限公司生产)内培养, 人工气候箱设置为 25℃, RH 70%, D:L=12:12 条件。培养基为豆粕、麸皮 1:1 混合加水至含水量 70%, 培养基常温下自然发酵 24 h 后置于 0.2 m×0.1 m×0.1 m 塑料盒中, 每个塑料盒接种 200 粒左右金黄指突水虻卵, 实验重复 3 次。

每天观察卵、幼虫、预蛹及蛹的发育情况, 各虫态历期通过公式: $T = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$ 统计获得, 其中 t 为每组虫态记录的历期, n 为每组虫态的虫数。

1.2.2 各虫态形态特征 观察卵、幼虫、预蛹、蛹及成虫各个发育阶段状况, 并对重要形态特征在解剖镜下观察, 用数码相机拍照存查。

1.2.3 幼虫至预蛹发育过程体重增长测量 幼虫发育至 4 日龄, 每天单盒抽取 30 只幼虫, 清水洗净, 再用滤纸吸干体表水分再称重(称重后将幼虫仍放回盒中继续饲养)。待幼虫发育至预蛹阶段也每盒随机挑选 30 只称重。称量衡器为电子秤, 精确到 0.001 g(浙江金诺天平仪器有限公司生产)。

1.2.4 成虫生活习性观察 在养殖场附近菜地放置鸡粪、发酵麸皮、腐烂蔬菜等有机质, 吸引野

外金黄指突水虻。观察野外金黄指突水虻一天中不同时刻的活动规律, 对交配与产卵等一些重要的行为习性用数码相机拍照存查。

在养殖场附近空地设置一个 2.0 m×2.0 m×2.0 m 网室, 网室内放置高约 1.5 m 的宽叶植物。每天在植物叶片上喷洒 10% 蜂蜜和清水, 供水虻取食。观察成虫活动习性。收集笼室内饲养成虫与野外成虫所产卵块各 30 枚, 统计产卵量。

1.2.5 生活史研究 从 2010 年 8 月份到 2011 年 10 月份, 观察记录各虫态的发生期, 并在野外设置的网室内观察金黄指突水虻活动, 以此结合推算出其在粤北地区的年生活史。

2 结果与分析

2.1 各虫态发育历期

在 25℃, 70% RH 条件下, 金黄指突水虻从卵到成虫平均需要 37 d。卵的发育历期最短, 1~2 d 就可以完成发育, 而幼虫的发育历期相对较长, 完成发育约 15 d 左右。幼虫和预蛹历期变化幅度较大, 卵与蛹的发育历期变化幅度较小(表 1)。

表 1 25℃下金黄指突水虻的发育
历期(25℃, 70% RH)

Table 1 Development duration of <i>Ptecticus aurifer</i> (25℃, 70% RH)		
发育阶段 Development stage	发育历期(d) Development duration	历期范围(d) Range of duration
卵 Egg	1.5 ± 0.1	1 - 2
幼虫 Larva	15.4 ± 0.8	13 - 18
预蛹 Prepupa	10.8 ± 2.4	7 - 20
蛹 Pupa	9.5 ± 0.5	9 - 10

2.2 各虫态形态特征

2.2.1 卵 金黄指突水虻以卵块的形式聚产(图 1:A), 卵块的尖端向一端倾斜, 使卵块呈扇贝形状。卵块具明显的 2~4 的分层, 卵粒间排列较为疏松, 卵粒上粘附有大量液滴。每枚卵块包含的卵数从 50 到 300 不等, 平均(152 ± 67)粒。单卵为乳白色, 半透明, 长椭圆形, 似米粒状, 长(1.4 ± 0.1) mm, 直径 0.3 mm。每千粒卵重 0.12 g。

初产卵通体乳白色, 具半透明的浆液, 卵壳极脆易破。随着卵内进一步发育, 边缘逐渐透明、中间部分变成黄色, 成为中期卵。继续发育到后期,

黄色逐渐加深,卵的一侧出现 2 个红色眼点,表明卵即将孵化(图 1:B)。初孵幼虫跟卵大小相近,红色眼点。卵的孵化率在 85% 以上。

2.2.2 幼虫 幼虫身体扁平,无足,身体除头部外分为 11 节,头部尖细。低龄幼虫白色,后期体色加深(图 1:C)。幼虫习性较安静,受到惊扰后具有假死性,需要 1 min 左右才恢复活动。幼虫在饲料中不断迁移,常大量集中在适宜取食的饲料附近。幼虫具有避光的特性,白天停留在培养饲料的内部取食,夜晚可到表层活动。

2.2.3 预蛹 预蛹(图 1:D),身体棕黑色,各个体节具极稀疏短毛。体长 20.0 mm 左右,重量 0.14~0.28 g,略小于最后一次蜕皮前(图 2)。预蛹阶段不再取食,仍能活动。预蛹爬出饲料,寻找干燥隐蔽的场所化蛹。初形成的预蛹在受到惊扰时尾部会排出透明液体。预蛹发育历期变幅较大,多数预蛹经过 10 d 左右化蛹。

2.2.4 蛹 蛹为围蛹,通体黑色,长 18.2~25.4 mm(图 1:E)。进入蛹期后,虫体不能活动,蛹壳坚硬,体节舒张。蛹体前半部分增厚,尾部微微下

弯。蛹发育到后期,剖开外壳可见内部成虫雏形。发育完成后,蛹壳头部从背面横向裂开,头部蛹壳脱落,露出成虫触角和复眼,其后产生一条较短的纵裂,形成“T”字形裂缝,成虫爬出。

2.2.5 成虫 成虫从复眼到腹末长 14.0~23.0 mm,雄虫平均体长 18.6 mm,稍大于雌虫 17.3 mm(图 1:F)。复眼黑色,占到整个头部的 2/3。触角梗节内侧端缘向前成指状突,鞭节各节聚缩成盘状,通常宽大于长,亚端部具一细长的鬃状触芒。翅端部 1/3 为黑色。胸部及腹部均为金黄色,且腹部背板与第 3~5 腹板具有大块椭圆形黑斑。雌雄区分:雄性金黄指突水虻从第 3~6 腹板具有大块黑斑,外生殖器背面两侧各具一扁叶片状尾须;雌性第 4 腹板较大,其余腹板黑斑明显较小,生殖器末端较尖,尾须伸出,2 节。

初羽化的金黄指突水虻,浅黄色,腹部黑斑不明显,翅膀褶皱。经过 10 min 左右,翅膀开始充血展平。约 30 min 后,排出白色乳状蛹便后即可飞行。羽化 2 d 后交配,雄虫交配后不久死亡;雌虫多在交配后 2~3 d 内产卵,产后不久即死去。

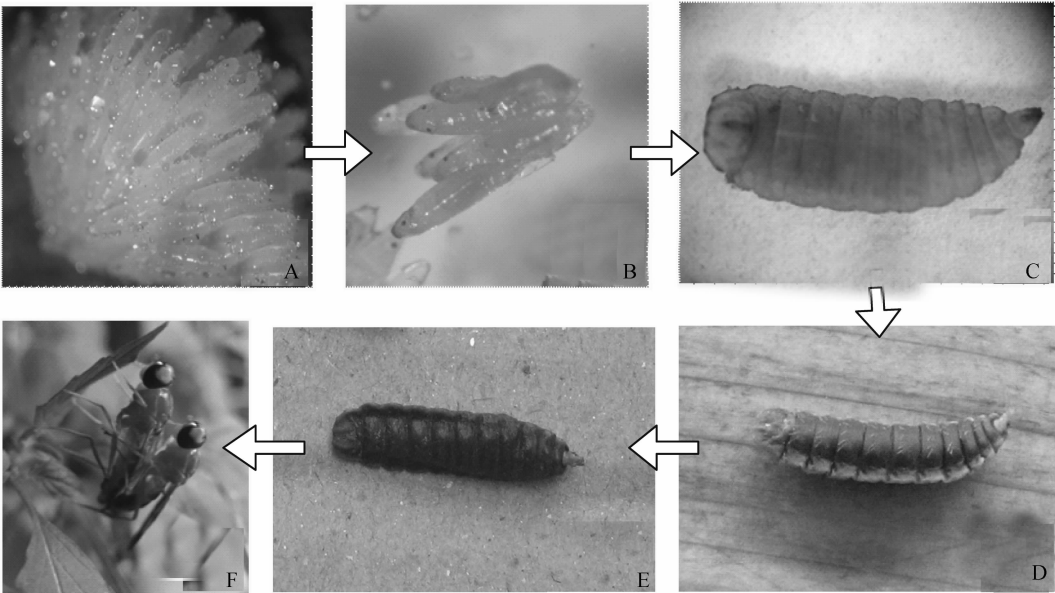


图 1 金黄指突水虻形态特征

Fig.1 Morpholog of *Ptecticus aurifer*

A. 卵块 eggs; B. 将孵化卵 hatching eggs;C. 幼虫 larva;D. 预蛹 prepupa;E. 蛹 pupa;F. 成虫 adults.

2.3 幼虫至预蛹发育过程体重增长变化

在 25℃ 条件下,初孵幼虫到预蛹需要两周左右,前 3 d 幼虫个体很小,不易观察。4 日龄后,幼

虫取食量明显增加,体重快速增长,9 日龄后体重增长至 0.20 g 左右(图 2)。13 日龄后,幼虫爬出培养基,寻找干燥隐蔽的场所化蛹。

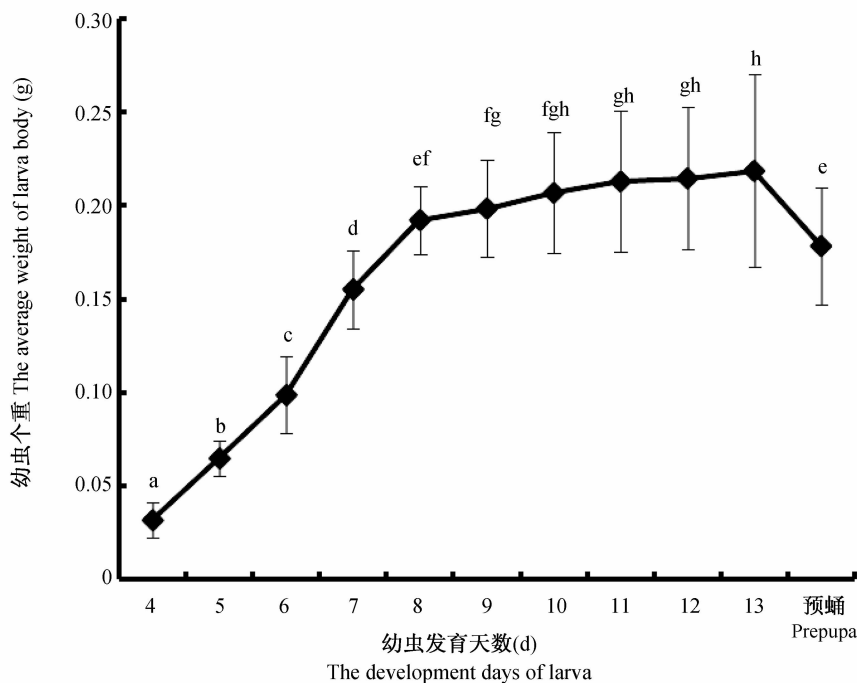


图2 金黄指突水虻4日龄幼虫至预蛹发育过程体重增长(25℃)

Fig.2 Weight change of *Ptecticus aurifer* from 4th day larva to prepupa(25℃)

图中数据点上标相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (Tukey 法)。

The points with the same letters are not significant difference at 0.05 level by Tukey test.

2.4 成虫行为特征

2.4.1 活动与取食 金黄指突水虻性喜阴凉, 惧强光。野外观测发现, 适于金黄指突水虻成虫活动的气温 17 ~ 30℃, 成虫会根据气温的变化来调节活动时段。夏季晴天的清晨或黄昏活动最为频繁; 中午时分活动多在林荫或灌丛中休息; 阴雨天活动频繁。在春、秋季节, 晨昏气温偏低, 金水虻多选择在较温暖的中午活动。

野外未观测到成虫有访花习性。在笼室内, 发现成虫取食蜂蜜、露水。金黄指突水虻能被粪便等腐臭有机质所吸引, 但并不取食粪便。

2.4.2 交配与产卵 金黄指突水虻具明显的交配竞争行为。雄性成虫找到腐臭有机质后, 不时在领地上空飞行巡视, 标记领地。当有其它雄性进入领地时, 就会发生激烈争斗。雄性金黄指突水虻之间的战斗常达半小时以上, 直到一方选择退出, 胜者能获得更多与被粪便吸引前来的雌性水虻交配的机会。

雄性水虻发现雌性进入领地后, 飞起追逐。成虫在空中完成抱对, 落在地面或树叶上交尾。

雄性水虻在上, 雌性在下, 交配时雄性生殖器有节奏地每 2 s 上下摆动一次。当交配活动结束前, 雄性开始敲打雌性的头部, 发出停止交配的信号。约 30 s 后, 交配双方分离。交尾时间从几分钟到 1 h 不等。

雌性水虻寻找含有丰富有机质如禽畜粪便, 动植物残体的地方产卵, 但不直接产卵于潮湿的腐殖质上, 而是产于腐殖质附近阴暗的缝隙或者较干的粪块上。幼虫孵化后落入条件合适的腐殖质上取食。

金黄指突水虻完成交配要求较大的空间。在 0.5 m × 0.5 m × 0.5 m, 1.0 m × 1.0 m × 1.0 m 的网室中, 金黄指突水虻不能正常活动。在 2.0 m × 2.0 m × 2.0 m 的笼室中, 水虻能够取食, 交配和产卵。室内收集到的卵块含卵量为 (139 ± 67) 粒, 与野外采集到的卵块含卵量 (166 ± 65) 粒, 经独立样本 *t* 检验, 差异不显著 ($t = 1.564, P = 0.123$)。

2.5 金黄指突水虻生活史

金黄指突水虻在广东省南岭地区一年发生 5 到 6 代, 世代重叠明显。以预蛹和蛹形态越冬, 第

2 年 4 月中旬出现越冬代成虫,到 5 月下旬完成第 1 代。对该虫的饲养发现,在温暖的 6—9 月,完成一个世代为 35 ~ 45 d;而在 4、5、10、11 月份,需要

40 ~ 60 d。11 月中旬以后,野外成虫和卵消失 (图 3)。

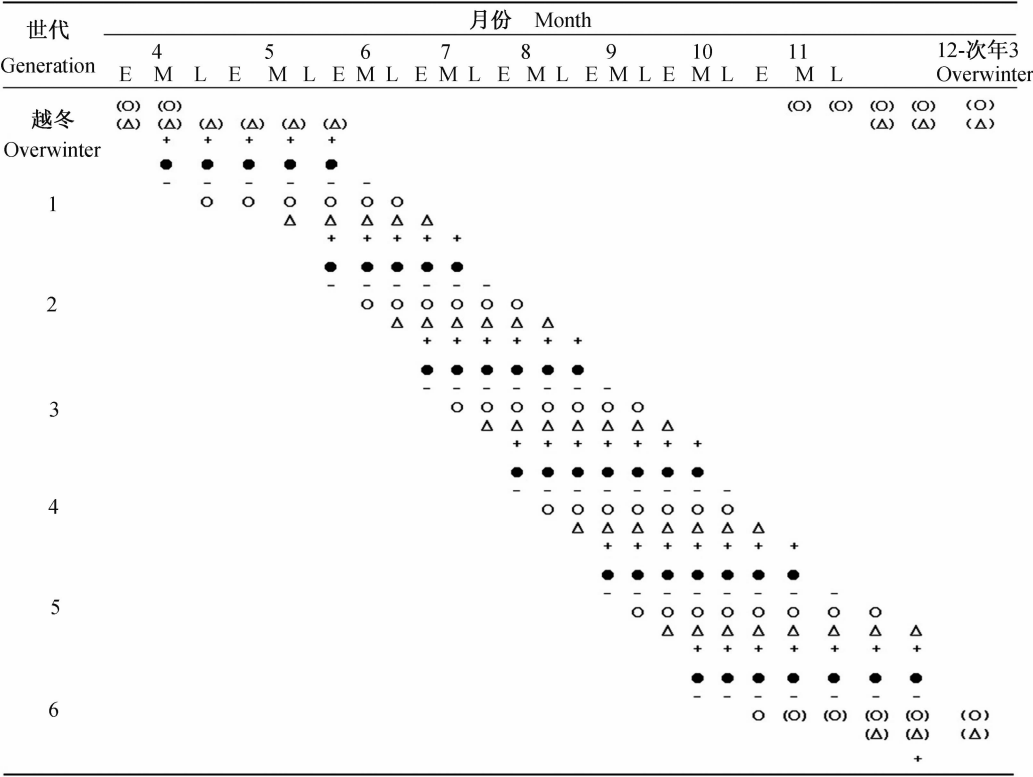


图 3 金黄指突水虻的年生活史 (广东,天井山)

Fig.3 Annual life history of *Ptecticus aurifer* (Tian Jing Shan,Guangdong Province)

●:卵 egg;—:幼虫 larva;○:预蛹 prepupa;△:蛹 pupa;+:成虫 adult;(○):越冬预蛹 overwinter prepupa;
(Δ):越冬蛹 overwinter pupa;E:上旬 early;M:中旬 middle;L:下旬 late.

3 讨论

在自然界中,水虻科昆虫中的某些种主要以腐烂的有机物和动物粪便为食。开发和利用这些昆虫,不仅可以有效减少动物粪便的堆积、净化人类生活环境,还能用于生产具有较高经济价值的昆虫蛋白饲料。目前,关于金黄指突水虻的研究资料限于形态分类描述和地理分布方面的报道,仅有少数文献简单指出其幼虫营腐生生活,而有关其生物学和生态学方面的研究及进一步的开发利用未见报道。而人们对同是水虻科的亮斑扁角水虻 *Hermetia illucens* (俗称黑水虻)的研究较多。黑水虻能与家蝇种群形成竞争,抑制家蝇滋生 (Furman *et al.* ,1959;Sheppard,1983);可利用幼虫进行畜禽粪便处理 (Sheppard and Newton,1994);

以及作为蛋白饲料来源饲养鸡、猪、鲶鱼、罗非鱼等畜禽和水产动物 (Hale, 1973; Newton *et al.* , 1977;Bondari and Sheppard,1987)。金黄指突水虻在我国亚热带山区广泛分布,目前尚缺乏这些方面的研究。

金黄指突水虻一生经过卵、幼虫、预蛹、蛹、成虫等几个发育阶段,本研究对各个虫态的生物学特性和形态特征进行了观察。除成虫有形态分类方面的描述外,其它各个发育阶段的生物学特性和形态特征均为首次报道。

在 25℃,70% RH 条件下,金黄指突水虻从卵到成虫平均需要 37 d,金黄指突水虻幼虫平均 15 d 就可以发育至预蛹,而黑水虻在 27℃下饲养,完成幼虫期尚需 20 d 左右 (Tomberlin *et al.* ,2009)。幼虫发育的前 3 d,幼虫个体很小,不易观察。4 日

龄后,幼虫取食量明显增加,体重快速增长,9 日龄后体重可增长至 0.20 g 左右。幼虫发育至预蛹阶段,会自行爬出培养基寻找干燥的场所化蛹,利用这一特性可实现虫体与培养基的分离和收集。

金黄指突水虻性喜阴凉,惧强光,交配和产卵多发生在清晨或傍晚。而黑水虻的交配、产卵均需要较强的阳光照射刺激 (Tomberlin and Sheppard,2002)。因此,金黄指突水虻比较适应山区温暖湿润的气候环境,我国亚热带山区地域广阔,这些区域的气候条件适宜金黄指突水虻繁殖。

金黄指突水虻在交配过程中具有领域性行为,完成交配要求较大的空间。雌性水虻寻找富含腐殖质如禽畜粪便、动植物残体的地方产卵。在广东省南岭地区,金黄指突水虻一年发生 5 到 6 代,世代重叠明显,以预蛹和蛹的形态越冬。

参考文献 (References)

Bondari K, Sheppard DC, 1987. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquacult. Res.*, 18 (3): 209 – 220.

Booth DC, Sheppard DC, 1984. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics. *Environ. Entomol.*, 13:421 – 423.

Furman DP, Young RD, Catts PE, 1959. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *J. Econ. Entomol.*, 52 (5): 917 – 921.

Hale OM, 1973. Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. *J. Georg. Entomol. Soc.*, 8:16 – 20.

Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM, 1977. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.*, 44(3):395 – 400.

Rozkošný R, Kovac D, 2003. Seven new species of *Ptecticus* including new distributional records and a key to the Oriental species (Insecta, Diptera, Stratiomyidae, Sarginae). *Senck. Biol.*, 82:191 – 211.

Rozkošný R, Courtney GW, 2005. New records of *Ptecticus* species from Thailand including description of a new species (Stratiomyidae, Diptera). *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.*, 51:343 – 348.

Sheppard DC, 1983. House fly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. *Environ. Entomol.*, 12 (5): 1439 – 1442.

Sheppard DC, Newton GL, 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. *Biores. Technol.*, 50(3):275 – 279.

Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM, 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J. Med. Entomol.*, 39: 695 – 698.

Tomberlin JK, Sheppard DC, 2002. Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *J. Entomol. Sci.*, 37(4):345 – 352.

Tomberlin JK, Adler PH, Myers HM, 2009. Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environ. Entomol.*, 38(3):930 – 934.

Woodley NE, 2001. A world catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera). *Myia*, 11:1 – 473.

叶明强, 邝哲师, 赵祥杰, 罗秋兰, 罗国庆, 陈小凤, 郭明昉, 侯柏华, 2012. 金黄指突水虻作为蛋白饮料的营养价值评价. *中国饲料*, 3:40 – 42.