

型<sup>[9,10]</sup>。

胸窗萤成虫不取食,为不需要营养型。雌萤羽化后可立即交配并产卵。雌萤体重与产卵量之间呈正相关,与北美萤火虫 *P. collustrans* 类似<sup>[8]</sup>。因子分析结果显示,外部形态因子与内在生理因子是影响生殖力的两大因子。但是,刺激产卵的具体机制以及各因子的具体作用都还有待进一步研究。

致谢 承蒙日本横须贺市自然人文博物馆大场信义博士及美国佛罗里达大学昆虫和线虫学系 Lloyd 教授寄送部分研究资料并给与指导。华中农业大学昆虫资源研究所王俊刚、王小平、赵福、王柏海、熊强、袁洪海等协助开展野外调查。

在此表示诚挚的谢意!

### 参 考 文 献

- 1 McDermott F. A. *Trans. Am. Entomol. Soc.*, 1964, **90**(1): 1~72.
- 2 Jeng M. L., Lai J., Yang P. S. *Jpn. J. syst. Ent.*, 1999, **5**(2): 347~362.
- 3 付新华, Ohba N., 王余勇, 雷朝亮. *昆虫学报*, 2005 **48**(2): 227~231.
- 4 余家林. *农业多元试验统计*. 北京: 北京农业大学出版社, 1993. 204~218.
- 5 Demary K. C. *J. Insect Physiol.*, 2005, **51**(7): 837~841.
- 6 Van der Reijden E. D., Monchamp J. D., Lewis S. M. *Can. J. Zool.*, 1997, **75**(8): 1202~1205.
- 7 Wing S. R. *J. Insect. Behav.*, 1989, **2**(6): 841~847.
- 8 Hayashi F., Suzuki H. *Entomol. Sci.*, 2003, **6**(1): 3~10.
- 9 Ohba N. *Integr. Comp. Biol.*, 2004, **44**(3): 225~233.
- 10 付新华, 王俊刚, Ohba N., 雷朝亮. *生态学报*, 2005, **25**(6): 1439~1444.

## 双斑蟋若虫后足的再生观察<sup>\*</sup>

李 华 张晓欢 那 杰<sup>\*\*</sup>

(沈阳师范大学化学与生命科学学院 沈阳 110034)

**The hind leg regeneration in the nymphs of *Gryllus bimaculata*.** LI Hua, ZHANG Xiao-Huan, NA Jie<sup>\*\*</sup> (College of Chemistry and Life Sciences, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China)

**Abstract** In order to explore the regeneration ability of hind leg of nymphs of *Gryllus bimaculata* de Geer, its regeneration process in our laboratory was observed preliminarily. The result showed that the hind legs of nymphs of *G. bimaculatus* have the ability of regeneration assuredly. Moreover, elongating growth of the regenerated legs only occurred in the process of molting, as same as normal legs. The process of regeneration consists of three phases: emergence phase, "limb bud" phase, and valgate phase. The regeneration ability was closely related with time and position of amputation; the farther amputation from body center, the stronger ability of regeneration; the earlier amputation, the stronger ability of regeneration.

**Key words** *Gryllus bimaculata*, nymph, hind legs, regeneration

**摘 要** 研究蟋蟀若虫是否具有再生的能力,在实验室内对直翅目蟋蟀科的双斑蟋 *Gryllus bimaculata* de Geer 若虫后足的再生情况进行初步观察。结果表明:双斑蟋若虫的后足确实具有再生的能力,且再生足的伸长生长与正常足一样,均出现于虫体蜕皮时。再生的过程主要分为3个阶段:突起期、“肢芽”期、短小足期。实验结果还表明:再生能力与断肢发生的时间及断肢部位有关;断肢部位离肢体越远,再生能力越强;断肢发生的时间越早,再生能力越强。

**关键词** 双斑蟋, 若虫, 后足, 再生

再生(regeneration)是生物肌体的一部分在损坏、自然脱落或截肢之后全部或部分重新生成的现象,包括生理性再生和病理性再生。生理性再生指正常生命活动进行的再生,如鸟类羽毛的脱换、人体红细胞的新旧更替等;病理性再生指由损伤(包括意外损伤和试验损伤等)

<sup>\*</sup> 辽宁省教育厅基金项目(No. 2004-c054)和沈阳师范大学主任基金项目(No. Sy200403)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者, E-mail: hxnj@syml.edu.cn

收稿日期: 2006-05-08 修回日期: 2006-05-25 接受日期: 2006-

06-26

引起的再生<sup>[1,2]</sup>。本研究中的双斑蟋若虫后足再生是后者。昆虫若虫期发生肢体自残,有些种类经过蜕皮其相应部分还能够再生(regeneration)<sup>[3,4]</sup>。戚永和等发现金平巨树蟋 *Ti rachidea westwoodi* (Wood-Mason) 的雌虫或雄虫常会缺少 1 只或 2 只足,有些个体则在断足的基部长出了细弱弯曲的“肢芽”,并能够逐渐发育成 1 只完整的足,但是,看上去比原有那只弱小些<sup>[5]</sup>。陈树椿等报道竹节虫目的 3 种华枝具有很强的肢体再生能力<sup>[6]</sup>。江禹等研究显示小齿短肛棒蟋 *Baculum minutidentatum* Chen et He 若虫的肢体再生发生率可达 100%<sup>[7]</sup>。胡光熾通过对竹节虫断足再生的观察,将其再生过程分为 3 个阶段:突起期,“肢芽”期,短小足期<sup>[8]</sup>。目前,国内对于再生现象的研究主要集中在竹节虫目的昆虫<sup>[1]</sup>,尚未见直翅目昆虫再生现象的详细报道。

本研究通过双斑蟋 *Gryllus bimaculata* de Geer 不同龄期断肢和不同部位断肢,观察其再生过程,研究其肢体再生能力的大小。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

用直翅目蟋蟀科的双斑蟋 *Gryllus bimaculata* de Geer 的各龄若虫,购买种虫后,在实验室内,以 L:D=14:10,温度(27±3)℃,湿度 60%±10% 的条件,用固体人工合成饲料进行累代饲养,从中选择不同龄期的若虫供实验使用。

### 1.2 观察方法

不同龄期(5 龄为成虫)的双斑蟋蟀的若虫,每一龄期取 10 只,将它们的后足自其跗节基部剪断,采用 Motic 立体式解剖镜观察,进行显微摄影,详细记录其生长过程。同一龄期的若虫(4, 5, 7 龄)分别将其后足自胫节、跗节不同部位剪断,也采用 Motic 立体式解剖镜观察,进行显微摄影,详细记录其生长过程。

### 1.3 长度的测量

于每个龄期的初期(即若虫蜕皮的次日),将其放入填满棉花的培养皿中,轻压固定,用精

确度为 1 mm 的直尺分别测定正常足与再生足的股节、胫节、跗节的长度<sup>[1]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 双斑蟋后足再生的过程

通过观察发现双斑蟋若虫断足再生的整个过程可分为 3 个阶段:(1)突起期:仅仅是在断足部位长出 1 个比端部略细的突起,颜色发白,一般在第 1 次蜕皮后出现(图 1: B);(2)肢芽期:有些蟋蟀在经过突起期后,经过 1 次或 2 次蜕皮会出现一个“肢芽期”(图 1: C),肢芽虽然细小,但是伸直的,随着龄期的增加,它会逐渐的伸长加粗;(3)短小足期:“肢芽”经下一次蜕皮,则会出现一短小而正常的足。其股节、胫节、跗节均伸直,三者间的比例也相当,只比对侧原生足要短些细些。有些时候,蟋蟀不经过肢芽期,直接到达短小足期。短小足(图 1: D, E)出现后,还要经过几次蜕皮才能接近对侧原生足的长度。在此期间,每蜕皮 1 次,都使短小足变得长些粗些。

### 2.2 生长与蜕皮的关系

双斑蟋再生足的生长与原生足的生长一样,都是与蜕皮同步进行的,不蜕皮不生长,即双斑蟋从上一次蜕皮结束到下一次蜕皮之前其再生足外观不发生生长现象。双斑蟋若虫在一次蜕皮之后的 6 d 里,其再生足都没有发生生长现象。直到下一次蜕皮,才继续生长(图 2)。

### 2.3 断肢部位对再生能力的影响

双斑蟋的后足有很强的再生能力。但是,其断肢部位若不相同,对其再生能力有明显的影响。断肢部位出现在跗节,双斑蟋表现出很强的再生能力,5 龄双斑蟋若虫,自跗节中间断足,经 4 次蜕皮羽化成成虫后,其形态与原生足相差无几,只是颜色比原生足稍深;自跗节基部断足,经 4 次蜕皮羽化成成虫后,其形态与原生足非常相似,只是长度稍短。断肢部位出现在胫节,双斑蟋也有较强的再生能力,5 龄双斑蟋若虫,自其胫节基部断足,经 4 次蜕皮,羽化成成虫后,其再生足仍处于短小足期,且与原生结构差别较大,再生足明显短于原生足,跗节各部

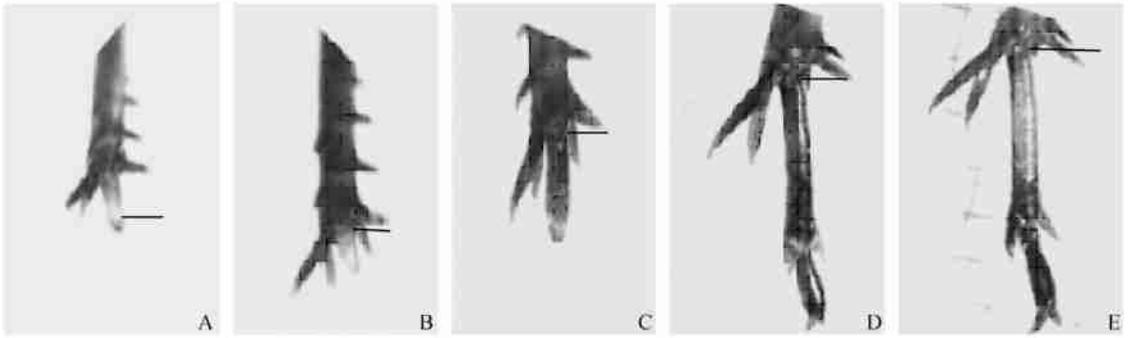


图1 5龄若虫自附节剪断后的生长情况

A. 5龄若虫自附节剪断后的照片 B. 第1次蜕皮后 C. 第2次蜕皮后 D. 第3次蜕皮后  
E. 第4次蜕皮羽化后(照片放大倍数为6倍, 横线处为剪断部位, 下同)

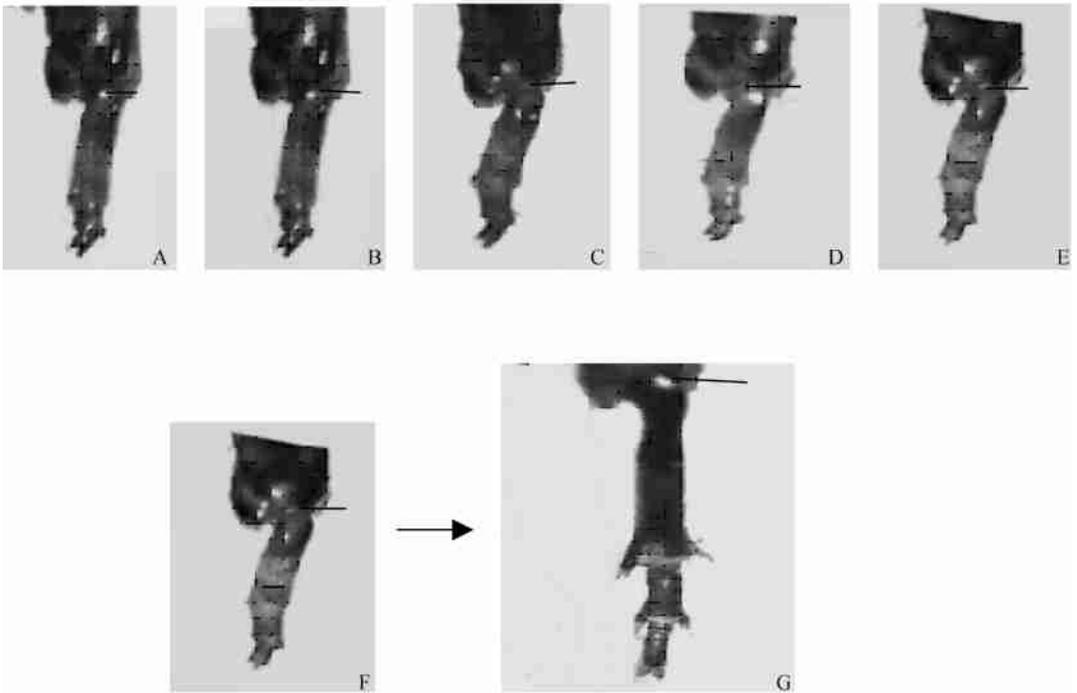


图2 双斑蟋若虫的2次蜕皮

A. 双斑蟋刚刚蜕皮后 B. 蜕皮后的第2天 C. 蜕皮后的第3天 D. 蜕皮后的第4天 E. 蜕皮后的第5天  
F. 蜕皮后的第6天 G. 下一次蜕皮后的形态(照片放大倍数为4倍)

分结构虽然已经长全,可是又细又小,不能行使其应有的功能。5龄双斑蟋若虫,自其胫节中间断足,经4次蜕皮羽化成成虫后,其再生足的形态接近原生足,再生足长度明显比基部剪断的长,附节的各部分结构明显比基部剪断的粗些长些。断肢部位出现在股节,双斑蟋则失去再生能力,5龄双斑蟋若虫自其股节基部断足,

则不能再生即没有再生能力。4龄双斑蟋若虫自其股节中间断足,则其剩余的股节部分在第2天自动脱落,且以后也不再生长,其后足不能再生。我们观察到断足部位离身体越远,其再生能力越强。如图3所示,同一龄期的双斑蟋若虫,自不同部位——附节中间和胫节中间断足后,在其再生过程中每一个龄期的再生足伸

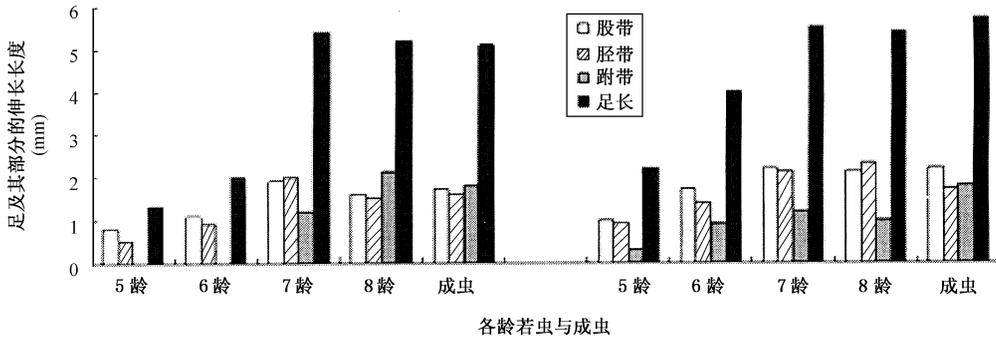


图3 不同断足部位各个龄期再生足的伸长长度比较(左边为自胫节中间剪断的, 右边为自附节中间剪断的)

长长度都是前者大于后者。

### 2.4 龄期对再生能力的影响

5龄双斑蟋若虫自其附节剪断, 经过4次蜕皮长成成虫后其再生足可生长到与其相对应的原生足的长度, 两者无显著差异。7龄的双斑蟋若虫同样自其附节剪断经2次蜕皮后形态与原生足差异很大, 处于肢芽期, 附节的各部分结构没有长全。8龄的双斑蟋若虫自附节剪断后也具有一定的再生能力, 只是其再生足与原生足差异更大, 处于突起期, 只长出小部分的凸起。成虫后足也自附节剪断, 结果没有再生。这表明断肢的时间越早, 肢体的再生能力越强。

## 3 讨论

本文描述了双斑蟋的再生现象, 研究表明蟋蟀科的双斑蟋的确具有断肢再生的能力。从双斑蟋的再生现象上看, 断肢再生的器官, 结构完整, 比例协调, 与正常器官的生长一致。但是再生之后的肢体在功能上是否与原来的肢体一模一样, 还有待于进一步的研究。

双斑蟋的肢体再生过程基本分为3个阶段: 突起期—“肢芽”期—短小足期。但是在实验中观察的结果显示有的断肢不经过“肢芽”期, 直接到达短小足期, 我们推测这可能与肢体剪断的时间有关。所选的蟋蟀虽然都在一个龄期, 但是1个龄期大约有7~8天的时间, 在这段时间里, 蟋蟀的肢体不发生伸长生长, 主要表现为能量的积累。因此如果剪断的时间不同, 那么能量的积累程度也不同, 从而导致有的断

肢不经过“肢芽”期, 直接到达短小足期。

断肢部位和龄期对其肢体再生能力有一定的影响。通过对断肢部位的研究结果表明, 断肢发生在股节, 则失去再生能力; 断肢发生在胫节或胫节以下部位, 则具有再生能力, 所以初步推断在双斑蟋后足的胫节基部可能存在着某些促进断足再生的因子。这种因子是什么, 具体存在于哪些部位都有待于进一步研究。另外, 在实验中, 我们还观察到一个有趣的现象, 在剪断部位发生在股节、胫节或附节的基部附近时(如图1:A所示), 靠近基部的一小段残余部分会自动自基部脱落。这种现象可能与双斑蟋的生理结构以及弃肢行为密切相关。有关双斑蟋的断肢再生的生理生化机制也有必要进行深入的研究, 这对人体医学及生物修复, 补偿某些组织、肢体具有积极和有效的启发性。

### 参考文献

- 1 王孟卿, 彩万志. 昆虫知识, 2004, 41(2): 127~137.
- 2 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦. 普通昆虫学. 北京: 中国农业大学出版社, 2001. 231~240.
- 3 王孟卿, 彩万志. 昆虫知识, 2003, 40(3): 280~284.
- 4 Bullère D., Bullère F. In: Kerkut G. A., Gilbert L. I. (eds), Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, Vol. 2. England: Pergamon Press 1985. 371~424.
- 5 戚永和, 刘胜利. 动物分类学报, 1992, 17(2): 250~252.
- 6 陈树椿, 陈培昶, 王缉健. 昆虫学报, 1999, 42(2): 159~165.
- 7 江禹, 刘维全, 金爱军. 吉林农业大学学报, 2002, 24(4): 61~63.
- 8 胡光沛. 四川动物, 2000, 19(1): 48~49.