中华真地鳖断足再生对发育的影响

谭梁飞　朱　芬　熊　强　周兴苗　雷朝亮*
（华中农业大学昆虫资源研究所　武汉　430070）

Influence of leg regeneration on development of *Eupolyphaga sinensis*. TAN Liang-Fei, ZHU Fen, XIONG Qiang, ZHOU Xing-Miao, LEI Chao-Liang* (*Institute of Insect Resources, Huazhong Agricultural University*, Wuhan 430070, China)

Abstract　Influence of leg amputated phase and amount on development duration of *Eupolyphaga sinensis* Walker were studied. With 8th instar nymphs, the critical period for regeneration was from 20 to 26 days-old. The mean development time from operation to new-molting was close to the normal, but the instar duration took more time than normal to complete. The instar duration of the fourth instar individuals' amputated different amount legs increased with the degrees of amputation, though nymphs amputated a hind leg or a pair of hind legs developed with no significant difference. Instars did not influence the effect of amputation on duration of instar development. Average instar duration was longer than the normal duration, and the extended time was just as long as the time from the preoperative moulting to operation.

Key words　*Eupolyphaga sinensis*, amputation, regenerated leg, regenerative critical period, duration

摘　要　研究中华真地鳖 *Eupolyphaga sinensis* Walker 的断足时间及数量对发育历期的影响，以及不同龄期断足处理后发育历期间的差异。以 8 龄若虫为研究对象，发现其再生临界期为 20～26 日龄。不同日龄的 8 龄若虫断去 1 条后足，蜕 1 次皮后能再生的若虫从断足至蜕皮的平均时间与 8 龄的正常历期相近，整个 8 龄若虫的发育历期均比正常历期长，并随断足处理日龄的增加而逐渐增加。蜕 1 次皮后断足没有再生的绝大部分个体，8 龄若虫的历期均比正常历期短。以 3 日龄的 4 龄若虫为处理对象，发现断去不同数量的足后（蜕 1 次皮后均能再生），从断足至蜕皮的历期及 4 龄的历期，均随虫体断足数量的增加而增加，但断去 1 条或 2 条后足处理，从断足至蜕皮的历期间及断足处理后 4 龄历期与正常历期间的差异不显著。不同虫龄的若虫断去 1 条后足的腿节后 1 次蜕皮后能再生的大部分个体，从断足至蜕皮的时间比同龄若虫的正常历期稍长，所延长的时间相当于从龄初至断足处理的时间，而断足后 1 次蜕皮未再生的其余个体从断足到蜕皮的时间均很短。

关键词　中华真地鳖，断足再生，发育历期，再生临界期

目前已知很多种昆虫断去附肢后能再生，但国内的研究报道较少[1,2]。有很多学者研究发现，昆虫的断肢再生对其整个发育有影响，如虫龄增加或龄期延长，而有些昆虫却没有太大影响[3~8]。Shaw 和 Bryant 对大马利筋长蝽 *Oncopeltus fasciatus* 断足再生的研究中描述到：若虫断足后只有蜕 2 次皮才能再生，在 1 龄时断足，对每个虫龄的发育历期均没有显著影响[7]。Roberts 等对德国小蠊 *Blattella germanica* 断足再生的研究中描述到：断足后蜕 1 次皮后能再生的若虫，该龄的发育历期延长的时间相当于从龄初至断足处理的时间[9]。到目前为止很少有人详细研究断足对发育历期的影响。

本文作者曾报道中华真地鳖 *Eupolyphaga sinensis* Walker 具有断足再生的能力，同龄若虫断足发生早的可再生，反之不能再生，断足再生使发育历期延长[2]。同一龄若虫在一定时间前断足，蜕 1 次皮可再生，否则不能再生，至下一次蜕皮才能再生，该时间为该龄的断足再生临界期。针对中华真地鳖不同虫龄的若虫断足后对发育历期的影响；同龄若虫断足再生临界期

* 通讯作者，E-mail：ioir@mail.hzau.edu.cn
收稿日期：2006-02-27，修回日期：2006-03-08

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

的具体时间及不同时间断足对发育历期的影响；同龄若虫不同数量的足丢失对龄期的影响进行详细研究，为进一步研究断足再生的生理生化机理奠定基础，报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及饲养方法

中华真地鳖 *Eupolyphaga sinensis* Walker 采自湖北罗田县天堂寨，参照谭梁飞等[2]的方法于华中农业大学昆虫资源研究所养虫室内饲养。

1.2 断足时间对发育历期的影响及再生结果

选取生长一致的健康初龄 8 龄若虫，于第 0～29 日的同一时间断去 1 条后足的腿节。每个处理 10 头以上，在断足前已经蜕皮若虫则不进行断足处理。

1.3 断足数量对发育历期的影响

选取生长一致的健康 3 日龄 4 龄若虫，分 5 组处理，分别断去 1 条后足的跗节，1 条后足、1 对后足、3 条足（1 对后足＋1 条中足）或 2 对足（1 对后足＋1 对中足）的腿节。

1.4 不同虫龄的若虫断足后不同阶段的发育历期

选取 2～9 龄的若虫分别断去 1 条后足的腿节，每处理 20 头以上，观察并记录第 1 次蜕皮时间及再生结果，蜕 1 次皮未能再生的若虫，观察并记录至第 2 次蜕皮的时间及再生情况，及所有断足再生后的若虫下一龄的发育历期。

以上各处理的对照均为未断足的同龄若虫，其中 9 龄若虫均为雌虫。

2 结果与分析

2.1 8 龄若虫于不同日龄断足处理对发育历期的影响及再生结果

从图 1 中可以看出，0～19 日龄的均能再生，20～26 日龄的处理组中再生的个体占每组的数量比从 87%减少到 5%，≥27 日龄均未再生。

在蜕 1 次皮后能再生的 0～26 日龄的处理中，从断足处理到蜕皮的历期，0～22 日龄的处理中基本与正常的该龄发育历期相近，而 23～26日龄的处理较长。在蜕1次皮后能再生的

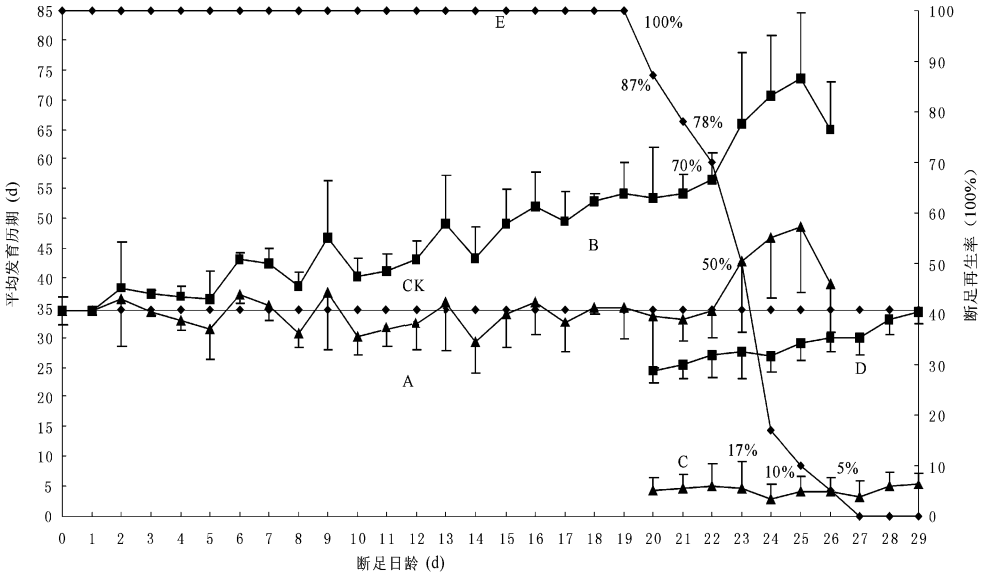

图 1 不同日龄的 8 龄若虫断去 1 条后足的腿节的再生率及对发育历期的影响

A. 蜕皮后断足能再生时断足处理至蜕皮的平均发育历期 B. 蜕皮后断足不能再生时断足处理至蜕皮的平均发育历期 C. 蜕皮后断足能再生时 8 龄的平均发育历期 D. 蜕皮后断足不能再生时 8 龄的平均发育历期 E. 不同日龄的若虫断足蜕皮后断足再生百分率 CK 8 龄若虫的正常平均发育历期为 34.8 d

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

0～26 日龄的处理中，发育历期随着断足处理时间的推迟而逐渐增加，而在 9，13，25 日龄的处理相对较长分别为 46.7，49.0，73.5 d。

在蜕 1 次皮后不能再生的 20～29 日龄的处理中，从断足到蜕皮的历期均在 3～5 d 左右。8 龄若虫的发育历期从 22 日龄的 24.4 d 逐渐增加到 29 日龄的 34.3 d，均比正常的 34.8 d 短。

结果表明，断足后蜕 1 次皮能再生的若虫，从断足处理到蜕皮的历期与正常的该龄发育历期相近，而 25 日龄的处理最长，断足再生可使该龄的发育历期延长。不能再生的若虫，断足处理可使发育历期缩短。

2.2　4 龄 3 日龄的若虫断不同数量的足后再生对发育历期的影响

从表 1 中可以看出，所有处理组的若虫蜕 1 次皮后均能再生，所有处理组从断足至蜕皮的历期，从断去 1 条后足跗节的为 21 d 逐渐增加到断去 4 条足的 25.6 d，而断去 1 条后足和 1 对后足的为 22 d，之间的差异不显著。相应的 4 龄历期在以上结果上增加 3 d，变化情况也类似。说明断足后从断足至蜕皮的历期和 4 龄的历期，随着虫体附肢丢失量的增加而逐渐增加，而断去 1 条足与断去 1 对足之间结果的差异不显著。

2.3　不同虫龄的若虫断足后不同时期的发育历期

从表 2 中可以看出，1～9 龄若虫正常的发育历期从 1 龄的 21.8 d 减少到 2 龄的 19.4 d，从 3 龄的 19.5 d 又逐渐增加到 9 龄的 41.5 d，而虫龄越高历期的变化幅度也越大。

2～9 龄断足后蜕 1 次皮能再生的若虫从断足至蜕皮的平均发育历期，比正常的要长或相近。2～9 龄断足后蜕 1 次皮未能再生的若虫，从断足到蜕皮的平均发育历期均较短，但蜕 2 次皮后均能再生。不同虫龄断足后蜕 1 次皮未能再生的若虫第 2 次蜕皮再生时的发育历期，除了高龄若虫的处理结果外低龄若虫的均要比正常历期长，但延长的时间较短。

表 1　4 龄 3 日龄的若虫断不同数量足的腿节及断 1 条后足跗节后再生对发育历期的影响 *

	断足数量					
	未断足处理	1 只左或右后足跗节	1 只左或右后足	1 对后足	1 对后足＋1 只中足	1 对后足＋1 对中足
是否再生		是	是	是	是	是
断足至蜕皮历期(d)		21.0±2.2	22.2±2.9	22.0±1.0	23.7±1.5	25.6±1.9
4 龄历期(d)	20.0	24.0±2.2	25.2±2.9	25.0±1.0	26.7±1.5	28.6±1.9

表 2　不同虫龄的若虫断足后不同阶段的发育历期与正常历期的之间的比较 *(d)

	处理虫龄(日)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
正常历期	21.8±2.0	19.4±3.8	19.5±2.5	20.0±2.5	21.2±5.8	25.7±5.2	29.9±5.7	34.8±9.0	41.5±12.6
断足至蜕皮的历期(再生)		21.0±2.4	20.5±2.3	20.5±2.3	25.4±4.2	28.4±2.9	31.0±3.6	35.0±5.5	42.7±8.5
(未再生)		2.9±1.5	2.6±1.3	3.8±1.5	4.5±2.6	5.7±4.7	6.0±3.5	4.2±2.2	6.2±2.4
二次蜕皮再生的该龄历期			22.0±3.0	22.5±2.3	25.4±4.2	30.7±1.5	32.0±3.6	33.0±3.6	39.5±5.0

* 蜕 1 次皮未能再生的部分若虫，二次蜕皮均再生。

3　讨论

8 龄不同日龄的若虫断去 1 条后足的腿节，蜕 1 次皮后能再生的若虫从断足至蜕皮的历期及 8 龄的发育历期，在 9 日龄、13 日龄和 25 日龄左右时相对较长。很多研究昆虫断肢再生的学者指出昆虫的断肢再生能力与蜕皮周期有关[4,6,8~11]，Knobloch 和 Steel 对红腹猎蝽

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

Rhodnius prolixus 断足再生的研究表明断去 1 条后足的腿节后再生临界期与断头处理的蜕皮临界期相同，即再生临界期与蜕皮激素含量变化有关，与蜕皮激素含量的高峰出现时间相对应，在蜕皮激素大量分泌后进行断足则不能再生失去的足[12]。可以推测：8 龄若虫蜕皮激素的含量，在 9 日龄和 13 日龄时相对较高，21 日龄左右时含量最高。

在 2～9 龄的若虫断去 1 条后足的处理中蜕 1 次皮后能再生的若虫，从断足至蜕皮的历期与相应的该龄正常历期相近。8 龄的若虫在不同日龄时断去 1 条后足后，蜕 1 次皮后能再生的若虫，从断足至蜕皮的历期也与相应的正常历期相近。说明断去 1 条后足的腿节蜕 1 次皮后能再生的若虫，从断足至蜕皮的历期和同龄若虫的正常历期较相近，使发育历期延长的时间近似于从龄初至进行断足的时间。

在 2～9 龄的若虫断去 1 条后足的腿节及 8 龄不同日龄的若虫断去 1 条后足的腿节的处理中，蜕 1 次皮后均未再生的若虫，从断足至蜕皮的历期均较短，且绝大部分进行断足处理的若虫的该龄发育历期比对照的正常发育历期短。同样 Goss 描述到，螃蟹和蜈蚣丢失较多足时会使蜕皮提早发生[13]。可能是因为断足后的个体完成表皮更新所需要的物质量少，主要进行伤口的愈合及新表皮的形成，能够较快的完成蜕皮过程，并使下一龄进行再生发育提前发生。

在 2～8 龄的若虫断去 1 条后足的腿节后，经过 2 次蜕皮才能再生的若虫，进行再生发育的 3～9 龄若虫的历期中，3～7 龄的历期均比正常历期长，但延长的时间较短，8、9 龄的历期比正常历期反而短。断足再生后的下一龄发育历期基本上比正常历期短，但差异不大。说明不同虫龄的若虫断足后在蜕 2 次皮才能再生的情况下，低龄时断足使整个发育历期延长的时间较短，高龄时断足反而使整个发育历期的缩短。

致谢　承蒙中国农业大学昆虫学系彩万志教授、王孟卿博士，日本东京大学药物科技学院 Natori Shunji 教授惠赠资料。华中农业大学昆虫资源研究所付新华博士、硕士研究生姜飞、陈艳及工作人员况旱情的帮助，谨此铭谢。

参 考 文 献

1 王孟卿，彩万志. 昆虫知识，2004，**41**(2)：127～131.
2 谭梁飞，朱芬，刘静，周兴苗，雷朝亮. 昆虫学报，2004，**47**(6)：719～724.
3 陈树椿，陈培昶. 昆虫学报，1999，**42**(2)：159～165.
4 Bullére D.，Bullére F. In：Kerkut G. A.，Gilbert L I.(eds.)，Comprehensive Insect Physiology，Biochemistry and Pharmacology，Vol. 2. England：Pergamon Press，1985. 371～424.
5 Roberts B.，Wentworth S. L.，Kotzman M. *J. Insect Physiol.*，1983，**29**(19)：679～685.
6 Maleville A.，Reggi M. *J. Insect Physiol.*，1981，**27**(1)：35～40.
7 Shaw V. K.，Bryant P. J. *J. Insect Physiol.*，1974，**20**(9)：1 847～1 857.
8 O' FalRell A. F.，Stock A.，Morgan J. *Austral. J. Biol. Sci.*，1953，**6**：485～500.
9 Marks E. P. Leopold R. A. *Science*，1970，**167**(1)：61～62.
10 Madhavan K.，Schneiderman H. A. *Biol. Bull.*，1969，**137**(2)：321～331.
11 O' FalRell A. F. Stock A. *Austral. J. Biol. Sci.*，1953，**6**(3)：485～500.
12 Knobloch C. A.，Steel C. G. H. *J. Insect Physiol.*，1988，**34**(6)：507～514.
13 Goss R. J. Principles of Regeneration. New York：Academic Press，1969.

《自然—材料学》蚕丝的本质

研究人员发现了桑蚕丝和蜘蛛丝在流动行为方面的显著相似性，这一最新的研究结果发表在 2006 年 11 月号的《自然—材料学》上。新发现令人惊讶，因为这些自然丝质产品历经岁月的演化拥有不同功能，它们的蛋白质组成和机械特性截然相异。

Fritz Vollrath 和同事首次对自然界中 2 种不同动物生产的丝质产品进行了对比。他们发现这 2 种丝均具备标准聚合体熔化的典型流动行为特征，这意味着聚合物的熔体流动理论同样适合于自然丝，因此新发现很重要。

尤为特别的是：蜘蛛丝的性能远远高于工业纺织制品。今天，对自然丝的进一步认识也许将有助于我们将自然的馈赠转变为人工产品。

摘自 http：//www.sciencetimes.com.cn

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n