

黄粉甲低温贮存对管氏肿腿蜂发育和繁殖的影响

陈倩* 刘冰 高灵旺 沈佐锐**

(中国农业大学农学与生物技术学院 北京 100094)

Influence of cold storage of *Tenebrio molitor* on the development and reproduction of *Scleroderma guani*.

CHEN Qian*, LIU Bing, GAO Ling-Wang, SHEN Zuo-Rui** (College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Activity and nutrient contents of host insects were the most influential factors on breeding productivity and quality of parasitoid insects. Pupae of *Tenebrio molitor* L. are used to be parasitized by the wasp *Scleroderma guani* Xiao et Wu for the biocontrol in forestry pests such as *Saperda populnea* (L.) It was critical to select optimal storing temperature and duration of *T. molitor* in order to decrease its activity, keep its nutrient contents, and achieve abundant production of *S. guani*. To select the optimal temperature and duration, a test was designed and conducted at 9, 3, -3, -9℃ for the host's pupae storage of 5, 15, 25, 35 and 45 d, respectively, based on laboratory observation about the physiological effects on its development, survival and reproduction of the parasitoid *S. guani*. The results indicated that parasitization rate and survival of the maternal wasps depended on the activity of its host; and the higher of the activity, the lower rate of the parasitization and survival. In addition, the rate of parasitization and survival increased with decreasing temperature of the host stored, because activity of the stored pupae was weakened at low temperature. The larval survival rate was the lowest, influenced by host that stored at different temperature and duration. Egg hatching percentage was the second. But there was no influence on pupal emergence rate. The pre-oviposition period was shortened with prolongation of host storage duration at -3 and -9℃. The lowest development time of egg, larvae and pupae on host that stored at different temperature and duration was 3.39, 6.27 and 15.15 d, respectively. The change on juvenile development time was as same as pre-oviposition. The highest number of oviposition per female was 33.19 eggs, which was 2.21 times as CK. The largest number of reproduction per female was 20.07 adults, which was 3.17 times as CK. And the highest value of sex ratio(♀:♂) was 17.53, which was 1.26 times as CK. According to the value of *S. guani* in adult production per female, the optimal host store condition must be between 15~25 d (-9℃), with 15d being the most favorable. The reproduction per female was 3 times higher than reported.

Key words *Scleroderma guani*, *Tenebrio molitor*, cold storage, survivorship, development, reproduction

摘 要 寄主的活动能力和营养状况是影响寄生蜂繁育效果的主要因素。以黄粉甲蛹为寄主, 筛选其最佳贮存温度和时间, 达到短时间内降低寄主活动能力的同时, 保证其有充足营养满足寄生蜂发育所需, 对于管氏肿腿蜂的规模化生产有重要意义。在 9, 3, -3, -9℃条件下, 分别贮存黄粉甲 *Tenebrio molitor* L. 蛹 5, 15, 25, 35 和 45 d 对管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani* Xiao et Wu 发育、存活以及增殖的影响。结果表明: 寄主活动能力随贮存温度的降低而减弱, 有利于管氏肿腿蜂的寄生, 寄生率和蜂种存活率不断升高; 寄主的不同贮存对寄生蜂卵孵化率影响小于对幼虫存活率影响, 而对蛹羽化率则无任何影响。管氏肿腿蜂各阶段历期与寄主贮存温度和时间有着一定关系, -3 和 -9℃条件下, 寄主贮存时间越长, 所接寄生蜂产卵前期越短; 不同贮存温度和时间间的寄主间, 寄生蜂卵期、幼虫期和蛹期的持续时间存在一定差异, 最短分别为 3.39, 6.27 和 15.15 d 而对预蛹期无显著差异; 幼期的变化趋势同产卵前期。寄主经不同温度和时间贮存后, 所繁育的管氏肿腿蜂最高产卵量为 33.19 粒/雌、最高出蜂量为 20.07 头/雌, 雌雄最高性比可达 17.53:1, 分别是 CK 的 2.21, 3.17 和 1.26 倍。总体而言, 寄主经 -9℃贮存 15~25 d 后最有利于繁蜂, 其中 -9℃贮存 15 d 出蜂量最高。单雌出蜂量较现有报道提高 3 倍。

* E-mail: whiteflycq@126.com
**通讯作者, E-mail: ipmist@cau.edu.cn
收稿日期: 2006-09-20, 修回日期: 2006-12-04, 接受日期: 2007-01-08

关键词 管氏肿腿蜂, 黄粉甲, 低温贮存, 存活, 发育, 繁殖

管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani* Xiao et Wu 属膜翅目、肿腿蜂科 Bethyridae, 是防治农林业蛀干害虫最有效的天敌之一^[1], 其寄生害虫范围多达 22 科 50 余种^[2]。经过 50 多年的不断研究, 我国科学工作者虽在其形态、分类、生物学特性、人工饲养条件和生物防治等方面已取得一些进展^[3,4], 但多利用人工剖木采得的天牛类自然寄主来繁育, 消耗大量的人力、物力, 且寄主数量有限, 不能满足商品化生产的需要^[5]。因此, 筛选出适宜的可人工扩繁的替代寄主, 是对蛀干害虫生物防治中推广应用管氏肿腿蜂急需解决的一个问题。

经过研究人员的筛选发现, 利用黄粉甲 *Tenebrio molitor* L. 蛹繁育管氏肿腿蜂较好^[6,7], 但其繁蜂效果同青杨天牛 *Saperda populnea* (L.) 等自然寄主比较依然较低^[8]。究其原因是在生产过程中必须设法降低寄主的活动能力, 因为活动能力强的寄主, 往往会杀死寄生蜂或者身体剧烈扭动甩掉寄生蜂产在其体壁上的卵, 因而大大降低繁蜂效率; 而活动能力低或死亡的寄主, 不能为寄生蜂提供其后代生长发育所需的充足营养。原有的生产工艺则未能处理好上述寄主营养和活动能力的关系。

降低寄主活动能力主要通过药物麻醉和低温 2 种方法, 其中药物麻醉不便于操作, 对寄主有腐蚀作用, 容易造成寄主炭化^[9], 低温相对而言更加安全且易于实现。但是, 温度过低或贮存时间过长, 寄主体内的营养物质往往会不断消耗, 无法满足寄生蜂正常发育所需营养; 若温度和贮存时间达不到一定的程度, 又不能起到降低寄主活动能力的效果。因此, 本研究设计了一系列寄主贮存低温和时间, 从寄生蜂的寄生率、存活率、发育历期、产卵量、出蜂量等方面评价寄主经不同低温和时间贮存后对寄生蜂繁育的影响, 希望从降低寄主活动能力和保持寄主营养 2 个方面筛选出寄主最适贮存低温和时间。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

管氏肿腿蜂系从林间采集, 在恒温室中 ($26 \pm 1^\circ\text{C}$, RH 70% ~ 80%) 以青杨天牛幼虫繁育保种。黄粉甲系市场购置, 在恒温室中以麦麸饲养。

1.2 黄粉甲低温贮存对管氏肿腿蜂繁育的影响

将黄粉甲 1 日龄蛹分别于 9, 3, -3 和 -9°C 下贮存 5, 15, 25, 35 和 45 d 后取出, 在指型管 ($50\text{ mm} \times 10\text{ mm}$) 中接入 1 头蛹和 1 头交尾过的雌蜂, 塞上棉塞, 每管标记, 放于 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、RH = 70% 的人工智能箱中, 每 24 h 观察记录 1 次产卵量、孵化率、幼虫存活率、化蛹率和出蜂率等, 直至完全羽化出蜂。分析其产卵前期、不同虫态发育历期、寄生率、产卵量、卵孵化率、化蛹率和出蜂率、雌雄性比等。以黄粉甲 1 日龄蛹直接接交尾过的管氏肿腿蜂雌蜂为 CK, 不同处理重复 40 次。

1.3 数据分析

应用 SAS8.0 软件对上述数据进单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 黄粉甲低温贮存对管氏肿腿蜂寄生和存活的影响

寄生率和存活率是衡量寄主适合度的重要指标。寄主经不同低温和时间处理后, 管氏肿腿蜂对黄粉甲的寄生率以及蜂种和后代存活率存在一定差异(表 1)。

从表 1 可以看出, 寄主处理的温度和时间对管氏肿腿蜂的寄生和存活有着直接影响。在 9.3°C 的处理中, 由于温度较高, 在黄粉甲蛹发育起点温度以上, 贮存期间黄粉甲蛹依然能持续发育, 取出接蜂后很快羽化为成虫(45 d 贮存末期就已有大量成虫出现)。贮存时间越长, 接蜂后羽化为成虫的时间越短, 不利于肿腿蜂的

寄生。因此,管氏肿腿蜂的寄生率随寄主贮存时间的延长而显著降低。贮存 5 d 的寄主的被寄生率虽然最高,但其依然保持较高活动能力,强烈的身体扭动,严重影响寄生蜂的顺利寄生,其寄生率同 CK (25. 00%)相差无几。这说明寄主经 9、3℃的低温贮存不适于管氏肿腿蜂的寄生。试验表明,寄主经-3、-9℃贮存后,管氏肿腿蜂对其寄生率最高可达 80. 00%,最低也能达到 37. 50%,较 CK 显著提高。在此条件下,寄主贮存时间越长,接蜂时的活动能力越弱,寄生率也就越高;但若超出一定时间范围,例如-3℃下超过 35 d,-9℃下超过 25 d,寄主就会出现失水干缩现象,从而影响寄生率,使其呈下降趋势。因此,单从寄生率的角度考虑,寄主经-9℃低温贮存 15~25 d 为最佳。

在 9℃、3℃处理中,接入的蜂种同 CK 一样,均存在一定死亡现象,而-3℃、-9℃处理中蜂种存活率为 100%。造成这种现象的原因主要有 2 点:(1)CK 和 9℃、3℃条件下的寄主活性强,能通过身体的强烈扭动抵制蜂种的蜇刺,从而影响蜂种的存活;(2)黄粉甲在 9℃、3℃贮存过程中依然进行发育,接蜂后很快羽化为成虫,成虫对接入的蜂种的抵抗作用依然很强,可直接造成蜂种死亡。

在所设的各个处理中,卵孵化率均保持在较高水平,最低为 70. 15%,最高为 97. 99%,二者相差 27. 84 个百分点。且寄主贮存温度越低,孵化率相对越高。

相对于卵的孵化率,寄主的不同处理对管氏肿腿蜂幼虫存活率影响更为显著,最高仅为 69. 12%,最低可达 21. 38%,二者差值达 47. 74 个百分点。总体来说,较低温贮存的寄主较高温贮存寄主上的幼虫的存活率高。这可能与较高温度下贮存寄主,取出接蜂后很快羽化为成虫,体内营养物质含量降低。低温贮存的寄主则不存在这种现象,体内营养物质的含量相对较高;而幼虫只有通过取食寄主体内的营养才能完成自身发育,寄主营养物质含量越高,幼虫存活率也越高。

寄主经不同处理后,管氏肿腿蜂蛹的存活

率为 100%,说明管氏肿腿蜂幼虫只要能发育到蛹的阶段,蛹就可以正常羽化为成虫;寄主贮存的温度和时间对管氏肿腿蜂蛹的存活率没有任何影响。

表 1 黄粉甲低温处理对管氏肿腿蜂寄生和存活的影响(%)

寄主处理		寄生率	蜂种存活率	卵孵化率	幼虫存活率	蛹存活率
温度(℃)	时间(d)					
9	5	25. 00	80. 00	86. 67	60. 36	100
	15	15. 00	75. 00	80. 00	50. 00	100
	25	12. 50	65. 00	88. 95	30. 64	100
	35	5. 00	50. 00	70. 15	21. 38	100
	45	0. 00	—	—	—	—
3	5	27. 50	95. 00	76. 71	60. 48	100
	15	15. 00	90. 00	81. 81	54. 56	100
	25	15. 00	85. 00	89. 30	23. 38	100
	35	7. 50	75. 00	81. 08	23. 21	100
	45	0. 00	—	—	—	—
-3	5	37. 50	100. 00	86. 21	61. 43	100
	15	40. 00	100. 00	82. 34	67. 33	100
	25	53. 33	100. 00	96. 56	68. 56	100
	35	76. 67	100. 00	91. 74	69. 12	100
	45	63. 33	100. 00	87. 08	51. 33	100
-9	5	46. 00	100. 00	96. 80	63. 90	100
	15	80. 00	100. 00	93. 92	64. 81	100
	25	80. 00	100. 00	95. 04	61. 90	100
	35	77. 50	100. 00	94. 41	50. 98	100
	45	55. 00	100. 00	97. 99	38. 01	100
CK		25. 00	75. 00	82. 61	51. 05	100

2. 2 黄粉甲低温贮存对管氏肿腿蜂生长发育的影响

寄主经低温处理后对管氏肿腿蜂蜂种产卵前期和后代幼期各阶段发育历期的影响见表 2。

通过表 2 可以看出,在贮存相同时间但不同温度的寄主上,管氏肿腿蜂的产卵前期无显著性差异;随着寄主贮存的温度降低,肿腿蜂寄生的产卵前期也有所下降。这可能与贮存温度降低,寄主的活动能力也随之降低,有利于肿腿蜂获取充足营养而加快产卵。在同一贮存温度内,随寄主贮存时间的增加,管氏肿腿蜂的卵期也略有增加。不同处理间卵期最短为 3. 39 d,最长为 4. 50 d,二者差 1. 11 d。管氏肿腿蜂的

幼虫期最短为 6.40 d, 最长为 9.33 d, 差值可达 2.93 d 之多。幼虫期一般随寄主贮存时间的延长而增加(在 9℃和 3℃条件下);而在较低寄主贮存温度条件下(−3℃和−9℃), 寄生于不同贮存寄主上的幼虫期以及同 CK 间无显著差异。各处理间的预蛹期无显著差异。蛹期最长为 17.80 d, 最短为 15.15 d, 相差 2.65 d; 总体来说, 寄生经较高温度贮存寄主的蛹期较较低温

度贮存寄主的低。对于整个幼期来说, 寄生−3℃和−9℃贮存的寄主上的幼期短于 9℃和 3℃贮存的寄主。寄主贮存温度越高, 时间越长, 寄生蜂整个幼期的发育时间也就越长。黄粉甲在 9℃、45 d 和 3℃、45 d 的贮存过程中就已经全部羽化为成虫, 因此管氏肿腿蜂无法完成寄生过程。

表 2 黄粉甲低温处理对管氏肿腿蜂发育历期(d)的影响

寄主处理		产卵前期	卵期	幼虫期	预蛹期	蛹期	幼期
温度(℃)	时间(d)	(d)	(d)	(d)	(d)	(d)	(d)
9	5	8.17±2.31bcd	4.00±0.89ab	6.57±0.53cd	1.41±0.82a	17.00±1.97abc	37.15±5.68bc
	15	8.50±4.95bcd	4.17±0.75ab	7.63±1.30bc	1.75±0.96a	17.25±2.06ab	39.30±3.20ab
	25	9.71±4.23ab	4.20±1.30ab	8.00±1.40abc	1.86±0.64a	17.80±0.84a	41.03±7.86ab
	35	10.33±2.25a	4.50±0.71a	9.33±2.52a	1.87±0.36a	17.77±2.06a	43.93±10.68a
	45	—	—	—	—	—	—
3	5	8.42±2.15bcd	3.67±0.58ab	6.27±1.10d	1.40±0.55a	16.00±0.71bc	35.76±0.71bc
	15	8.67±1.97abc	3.80±0.45ab	6.67±1.15cd	1.33±0.58a	16.36±1.26bc	36.83±2.65bc
	25	8.67±2.31abc	3.86±0.38ab	7.67±2.08bc	1.40±0.67a	16.86±2.34abc	38.46±5.77abc
	35	9.37±3.46ab	4.00±0.39ab	8.25±1.26ab	1.45±0.93a	17.00±0.89abc	40.07±2.61ab
	45	—	—	—	—	—	—
3	5	8.50±2.38bcd	3.67±0.75ab	6.50±1.29d	1.22±0.43a	16.00±2.16bc	35.89±2.63bc
	15	7.23±2.03cde	3.72±0.57ab	6.67±1.53cd	1.18±0.39a	15.33±1.53cd	34.13±3.79c
	25	7.09±2.43cde	3.86±0.69ab	6.40±0.55d	1.00±0.00a	15.36±1.50cd	33.71±2.68c
	35	6.93±1.86cdef	4.14±0.69ab	6.45±0.67d	1.00±0.00a	15.67±0.58bc	34.19±3.19c
	45	5.19±1.66fgh	4.22±0.52ab	7.26±1.03bc	1.33±0.58a	15.88±1.31bc	33.88±2.36c
−9	5	8.00±1.22bcd	3.39±0.50b	6.46±0.97d	1.29±0.76a	15.67±0.58bc	34.81±4.54c
	15	6.72±2.10defg	3.88±0.64ab	6.48±0.83d	1.00±0.00a	15.66±1.47bc	33.74±3.02c
	25	6.11±1.54efgh	3.84±0.58ab	6.45±0.83d	1.02±0.67a	15.15±0.86cd	32.57±3.09c
	35	5.13±0.72gh	3.86±0.36ab	6.67±0.96cd	1.13±0.58a	15.77±0.86bc	32.56±1.52c
	45	4.89±1.20h	4.26±0.51ab	7.13±1.67bc	1.38±0.58a	15.69±1.11bc	33.35±2.14c
CK		8.30±2.41bcd	3.78±0.44ab	6.88±1.53bc	1.29±0.49a	16.57±2.07bc	36.82±2.12bc

注: 表中同列英文字母不同表示在 5%水平上差异显著, 下表同。

2.3 黄粉甲低温贮存对管氏肿腿蜂增殖的影响

寄生不同处理的黄粉甲蛹, 对管氏肿腿蜂的各项生物学指标均有显著影响(表 3)。其中, 9℃、45 d 和 3℃、45 d 的处理中, 因为寄主贮存温度过高且时间过长, 贮存过程中就几乎全部羽化为成虫, 从而影响管氏肿腿蜂的寄生, 因此, 肿腿蜂在其上的产卵量为 0。在寄主相同贮存时间下, 产卵量随寄主贮存温度的降低而升高, 说明寄主经低温贮存后活性降低, 有利于蜂种获取营养, 因此产卵量逐渐升高。—

9℃、25 d 的处理产卵量最高, 为 33.19 粒/雌, 显著高于 CK(15.00 粒/雌)。

出蜂量和雌雄性比也是衡量寄主适合度的一重要指标。寄主经不同温度处理后所繁育出的管氏肿腿蜂(出蜂量)数量不同: 9℃、35 d 的出蜂量最低, 平均仅为 0.51 头; −9℃、15 d 的出蜂量最高, 为 20.07 头/雌, 此数值也明显高于对照(6.33 头/雌)。寄主经不同温度及时间贮存后, 管氏肿腿蜂利用其繁育的子代蜂性比也不同。−9℃、35 d 的子代蜂雌雄性比最高, 为 17.53, 高于 CK(13.90)。

表 3 黄粉甲低温处理对管氏肿腿蜂增殖的影响

寄主处理		产卵量	出蜂量	雌雄性比
温度	时间	(粒/雌)	(头/雌)	(♀:♂)
(℃)	(d)			
9	5	17.50±5.61ef	9.15±4.24fg	7.50±6.24f
	15	13.00±6.88gh	5.20±1.42i	4.00±0.00g
	25	9.00±4.33i	2.45±0.41j	13.50±9.87bc
	35	3.40±1.24jk	0.51±0.12j	1.00±0.83h
	45	0.00k	0.00j	0.00h
3	5	17.67±6.20ef	8.20±2.12gh	4.00±1.41g
	15	14.00±6.23gh	6.25±2.25hi	14.33±7.90b
	25	10.50±5.07hi	2.19±0.40j	5.67±6.43fg
	35	5.17±2.42ij	0.97±0.48j	11.09±5.58de
	45	0.00k	0.00j	0.00h
-3	5	19.33±3.44e	10.24±3.50fg	9.86±5.27e
	15	23.50±8.10l	13.03±4.74de	14.67±8.74b
	25	24.86±7.73cd	16.46±6.92bc	14.60±1.51b
	35	28.53±7.93bc	18.09±7.51ab	13.20±7.12bc
	45	28.43±10.49bc	12.71±4.27e	12.20±8.09cd
-9	5	20.75±8.45de	12.83±4.83e	10.00±8.68e
	15	32.97±6.70ab	20.07±7.86a	14.00±7.42bc
	25	33.19±8.09a	19.53±6.46a	17.16±10.21a
	35	31.73±11.82ab	15.27±4.11cd	17.53±10.26a
	45	29.71±7.16b	11.06±3.58ef	11.14±9.89de
CK		15.00±4.29fg	6.33±2.09hi	13.90±8.20bc

3 讨论

寄生蜂繁殖率的高低不但与蜂种产卵前期营养补充有关,与寄主活动能力也有着不可分割的联系^[10~13]。程惠珍等试验表明,低温诱导亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 幼虫滞育或在 10℃下贮存 2 周,可减弱寄主的活动能力,避免由于寄主的扭动、翻滚等因素对管氏肿腿蜂造成机械损伤,缩短麻痹寄主的时间,提高寄生率^[14]。李英梅应用 5℃低温贮存 12 h 后的大蜡螟 *Galleria mellonella* 接管氏肿腿蜂的繁蜂率较未低温贮存明显提高,单雌繁蜂量甚至超过以青杨天牛为寄主的情况^[15]。张卫光等选用取材容易的黄粉甲、家蚕 *Bombyx mori*、蜜蜂 *Apis dorsata* 和松阿扁叶蜂 *Acantholyda posticalis*、粘虫 *Mythimna separata* 进行比较试验。结果显示,管氏硬皮肿腿蜂对个体小而活动性较弱的黄粉甲幼虫、蛹和松阿扁叶蜂幼虫,能够较稳定顺利地进行蜇刺麻醉,进而产卵完成寄生,因而寄生率较高;但对家蚕和粘虫则根本不寄生。张卫光等认为,造成上述现象的原因可能是由于该 2 种寄主昆虫的活动能力较强且虫体较大,当肿

腿蜂爬到虫体上欲行蜇刺麻醉时,寄主幼虫虫体弯曲、翻动、爬行等活动强烈,表现出自卫性反抗抵御,使肿腿蜂难以对寄主实施麻醉,即使有少数个体被麻醉,但由于遭到反抗而使蜇刺麻醉过程延长,造成肿腿蜂体力消耗过大,最终无力产卵而不能完成寄生^[16]。我们认为,张卫光等的解释只是寄生蜂对寄主选择的特异性的一个方面;而寄生蜂对寄主选择的特异性问题比这要复杂得多。例如,管氏硬皮肿腿蜂对家蚕和粘虫则根本不寄生的原因是不是还应该从遗传进化或系统发育角度做更深层次的探究。

从经济效益来看,本试验通过低温有效地降低了黄粉甲蛹体扭动和翻滚的能力,显著提高了管氏肿腿蜂寄生黄粉甲蛹的各项生物学指标,并筛选出贮存黄粉甲蛹的最适低温和时间,为-9℃贮存 15~25 d,对于扩大管氏肿腿蜂的工厂化生产具有重要意义。且此次通过改变寄主贮存时的包装物,在较低温度下更有助于避免寄主体内水分和营养的散失,极大提高了寄生蜂对寄主的寄生效率,并将陈倩等^[8]研究出的最佳单雌繁蜂量 6.63 头,提高为 20.07 头,增加了 3 倍之多。

参 考 文 献

1 萧刚柔. 中国森林昆虫(第 2 版). 北京: 中国林业出版社, 1992. 1 262~1 265.
2 戴建昌, 林乃铨. 昆虫天敌. 2000, 22(3): 116~122.
3 陈君, 程惠珍. 中国生物防治. 2000, 16(4): 166~170.
4 田慎鹏, 徐志强. 昆虫知识. 2003, 40(1): 59~62.
5 田慎鹏, 徐志强. 昆虫知识. 2003, 40(4): 356~359.
6 代平礼, 徐志强, 田慎鹏. 昆虫知识. 2005, 42(3): 308~311.
7 贺凯, 徐志强, 代平礼. 昆虫学报. 2006, 49(3): 454~460.
8 陈倩, 梁洪柱, 张秋双. 中国生物防治. 2006, 22(1): 30~32.
9 陈倩, 梁洪柱, 侯峥嵘, 胡雅君. 中国森林病虫. 2006, 25(1): 39~41.
10 Richerson J.V. Can Entomol., 1972, 104(12): 35~50.
11 Giron D., Rivero A., Mandon N., Darrouzet E., Casas J. Function. Ecol., 2002, 16: 750~757.
12 侯照远, 严福顺. 昆虫学报. 1997, 40(1): 94~103.
13 张卫光, 孙绪良, 曲爱军, 刘亚利. 昆虫天敌. 2004, 26(1): 28~33.
14 程惠珍, 卢美娟, 林谦壮. 生物防治通报. 1989, 5(4): 145~148.
15 李英梅. 中国生物防治. 1998, 2: 13.
16 张卫光, 尹淑艳, 李波, 郭光智, 孙绪良. 中国生物防治. 2005 21(3): 151~154.