应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2019, 56(6): 1347–1352. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2019.147

海拔和冰核细菌对茴香薄翅野螟过冷却点的影响*

来有鹏** 李秋荣*** 张 贵

（省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室，青海省农业有害生物综合治理重点实验室，青海省农林科学院，西宁 810016）

摘 要 【**目的**】 为了明确高原环境条件下海拔和冰核细菌对茴香薄翅野螟 *Evergestis extimalis* Scopli 耐寒性的影响。【**方法**】 采用模拟大田法，研究了茴香薄翅野螟过冷点和冰点的变化动态。【**结果**】 2014 年 2 月乐都（LD，海拔：1 900 m）、西宁（XN，海拔：2 300 m）和湟源（HY，海拔：3 010 m）茴香薄翅野螟的过冷却点分别为－12.30、－13.39 和－14.56 ℃，且过冷却点和冰点的变化与当地气温的变化一致。经冰核细菌处理后能提高茴香薄翅野螟的过冷却点。2014 年 2 月，冰核细菌 1-1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 2-1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 3-1（欧文氏菌，*Erwinia pyrifoliae*）和对照处理后的过冷却点分别为－10.72、－13.73、－14.04 和－14.39 ℃。经冰核细菌 1-1、冰核细菌 2-1、冰核细菌 3-1 和对照处理后，茴香薄翅野螟越冬幼虫死亡率分别为 29.09%、36.17%、33.16%和 27.44%。【**结论**】 随着海拔的增加，茴香薄翅野螟的过冷却点不断降低；经冰核细菌处理后，茴香薄翅野螟的过冷却点显著降低，且能提高茴香薄翅野螟越冬幼虫的死亡率。

关键词 海拔；冰核细菌；茴香薄翅野螟；过冷却点

Effects of altitude and ice nucleating active bacteria on the super-cooling point of *Evergestis extimalis* Scopli (Lepidoptera: Pyralidida)

LAI You-Peng** LI Qiu-Rong*** ZHANG Gui

(Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Key Laboratory of Agricultural Integrated Pest Management of Qinghai Province, Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Xining 810016, China)

Abstract **[Objectives]** To understand how cold tolerance is influenced by altitude and ice nucleating active bacteria (INA) in high altitude environments.【**Methods**】 Field conditions were simulated in a laboratory to study the effects of varying the super-cooling point (SCP) and freezing point (FP) of *Evergestis extimalis*.【**Results**】 Super cooling point declined gradually with altitude. For example, the SCP of *E. extimalis* from Le Du (1 900 m ASL), Xing Ning (2 300 m ASL) and Huang Yuang (3 010 m ASL) were －12.30, －13.39 and－14.56 ℃, respectively. Variation of SCP and freezing point were correlated with local temperature. The SCP of *E. extimalis* increased after INA treatment. *E. extimalis* in the following treatment groups; INA1-1 (*Pseudomonas syringae*), INA2-1 (*P. syringae*), INA3-1 (*Erwinia pyrifoliae*) and the control, had SCPs of -10.72, -13.73, -14.04 and -14.39 ℃, respectively in Feb. 2014. Mortality in the INA1-1, INA2-1, INA3-1 treatment groups and the control were 29.09%、36.17%、33.16% and 27.44%, respectively on Nov. 2013.【**Conclusion**】 The SCP of *E. extimalis* decreased with increasing altitude. INA treatment dramatically reduced mortality and increased the SCP of *E. extimalis*.

Key words altitude; ice nucleating bacteria; *Evergestis extimalis* Scopli; super-cooling point

---

*资助项目 Supported projects：青海省科技厅重大专项（2019NKA11

**第一作者 First author，E-mail：yplai@126.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：liqiurongkk@163.com

收稿日期 Received：2018-09-19；接受日期 Accepted：2018-11-18

茴香薄翅野螟 *Evergestis extimalis* Scopli，属鳞翅目 Lepidoptera 螟蛾科 Pyralidida，又名茴香螟、油菜螟，国内主要分布于青海、甘肃、宁夏、内蒙古和黑龙江等北方地区，国外分布于朝鲜、日本、美国及西北利亚等地。该虫主要为害茴香、甜菜、白菜、油菜、荠菜、萝卜、甘蓝、芥菜等植物。幼虫在春油菜上以钻蛀角果、食籽粒的方式为害。在青海省，目前茴香薄翅野螟平均年发生面积达 3 万 hm^2 左右，占总种植面积的 18.75%，使油菜产量减少 20%-90%，甚至造成个别田块绝收（张登峰等，2010）。茴香薄翅野螟在青海省春油菜田中的为害以东部农业区春油菜生产基地为中心，由低海拔向高海拔扩散蔓延的态势，为害范围不断扩大（张登峰等，2010；来有鹏等，2012）。

研究结果表明，茴香薄翅野螟越冬幼虫的过冷却点、冰点及其他生理生化指标，随着当地的环境温度的变化而变化，初步推测该虫已产生耐寒性（来有鹏等，2014；Lai *et al.*，2019）。本文假设不同海拔和冰核细菌对茴香薄翅野螟越冬幼虫的过冷却点、冰点和存活率有影响。通过研究为茴香薄翅野螟的综合治理提供新思路。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

在湟中县西堡镇（101°35′30.06″，36°31′37.82″N），角茴香薄翅野螟老熟幼虫采自处于油菜成熟期（9 月中旬）的植株上。将老熟幼虫置于装有筛土的网袋（10 cm×20 cm）中，每袋放 10 头幼虫，然后埋于距地表 10 cm 的土壤中。

1.2 不同海拔茴香薄翅野螟的处理

埋虫地点分别为乐都农业科技园（LD，海拔：1 900 m）、西宁市城北区（XN，海拔：2 300 m）、湟源县寺寨乡（HY，海拔：3 010 m）。每点各埋 18 袋。

1.3 冰核细菌的培养

菌源：冰核细菌 1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 2（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）和冰核细菌 3（欧文氏菌，*Erwinia pyrifoliae*），均由中国科学院微生物研究所菌种保藏中心提供。

培养基：蛋白胨 10.0 g，牛肉浸取物 3.0 g，Nacl 5.0 g，蒸馏水 1.0 L。培养基配 pH=7.0。

在相对湿度 75%、30 ℃下培养，至各菌浓度在 600 nm 处的吸光值为 0.3 A。

1.4 冰核细菌处理茴香薄翅野螟幼虫的方法

每种菌种培养液的配比方法有 2 种，下文中分别简称为高浓度和低浓度，即培养液：蒸馏水=70：80（该配比的 3 种菌种编号分别 1-1、2-1 和 3-1）和培养液：蒸馏水=30：120（该配比的 3 种菌种的编号分别为 1-2、2-2 和 3-2）。每种方法配制的总体积为 150 mL。

于 10 月下旬，挖出预处理的网袋，并将网袋中已结土茧的幼虫挑出。用小型喷雾器将 150 mL 细菌液喷于挑出的土茧上。待土茧凉干后装于 12 个网袋，然后埋于距地表 10 cm 的土壤中。各浓度处理 12 个网袋，每网袋内装有 10 个土茧。

1.5 过冷却点和冰点的测定方法

先将幼虫从土茧中剥出来，统计存活个数和死亡数。越冬幼虫死亡的标准为，虫体呈褐色或虫体腐烂。过冷却点和冰点的测定参考来有鹏等（2014）方法。

1.6 数据分析

本文中数据表示格式为平均值±标准差，数据统计所用软件为 Microsoft excel 2003。

2 结果与分析

2.1 不同海拔高度对茴香薄翅野螟过冷却点的影响

一般情况下，上年 12 月份至下年 3 月份间是青海省气温最低的季节。从表 1，表 2 可以看出，大田环境条件下，茴香薄翅野螟的过冷却点（SCP）和冰点（FP），随当地气温的变化呈一致状态，即当地气温最低时其 SCP 和 FP 也降至

最低。随着海拔的增加其过冷却点和冰点不断降低。2014 年 2 月，LD（乐都，海拔：1 900 m）、XN（西宁，海拔：2 300 m）和 HY（湟源，海拔：3 010 m）茴香薄翅野螟的过冷却点分别为－12.30、－13.39 和－14.56 ℃；冰点分别为－9.87、－10.62 和－11.19 ℃。2014 年 5 月份的 SCP 和 FP 较 3 月和 4 月的低。比如，4 月和 5 月乐都样点的 SCP 分别为－8.56 ℃和－10.01 ℃。

表 1　海拔高度对茴香薄翅野螟过冷却点的影响

Table 1　Supercooling point variation of *Evergestis extimalis* at different altitude

时间（年. 月）Time (year. month)	海拔高度 Above sea level		
	乐都 LD ASL (1 900m)	西宁 XN ASL (2 300 m)	湟源 HY ASL (3 010 m)
2013.12	－7.05±1.10a	－7.20±1.15a	－9.26±2.10b
2014.1	－10.13±1.90a	－11.02±1.23b	－12.94±1.48c
2014.2	－12.30±1.84a	－13.39±2.05b	－14.56±2.18c
2014.3	－10.50±1.24a	－11.00±1.40b	－14.93±1.42c
2014.4	－8.56±2.14a	－10.33±2.53b	－9.91±2.30b
2014.5	－10.01±1.89a	－10.35±2.26a	－10.45±2.45a

同列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。采用 DMRT 法分析差异显著性。下表同。

Data followed by different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

表 2　海拔高度对茴香薄翅野螟冰点的影响

Table 2　Freezing point variation of *Evergestis extimalis* at different altitude

时间（年. 月）Time (year. month)	海拔高度 Above sea level		
	乐都 LD ASL(1 900 m)	西宁 XN ASL(2 300 m)	湟源 HY ASL (3 010 m)
2013.12	－6.48±0.29a	－6.91±1.22a	－7.36±0.98a
2014.1	－6.66±1.56a	－7.89±1.35b	－8.41±0.69b
2014.2	－9.78±1.95a	－10.62±2.20ab	－11.19±1.34b
2014.3	－10.05±1.87b	－7.65±0.39a	－11.15±1.98b
2014.4	－6.45±1.46a	－7.76±1.59a	－7.49±2.69a
2014.5	－8.59±1.25a	－7.65±1.45a	－7.56±0.43a

2.2　冰核细菌对茴香薄翅野螟过冷却点的影响

从表 3 可知，经冰核活性细菌处理后，茴香薄翅野螟的过冷却点较未处理对照的低，该结果表明，冰核活性细菌能提高茴香薄翅野螟的过冷却点，降低其耐寒性。2014 年 2 月，经冰核细菌 1-1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 2-1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 3-1（欧文氏菌，*Erwinia pyrifoliae*）和对照处理后的过冷却点分别为－10.72、－13.73、－14.04 和－14.39 ℃。另外，同一浓度的冰核活性细菌处理后，茴香薄翅野螟过冷却点的变化与外界环境气温的变化基本一致。高浓度的冰核活性细菌处理后过冷却点较低浓度的高，如 2014 年 1 月，经高浓度 2-1 和低浓度 2-2 的冰核细菌处理后，茴香薄翅野螟的过冷却点分别为－9.39 ℃和－8.71 ℃；经高浓度 3-1 和低浓度 3-2 的冰核细菌处理后，过冷却点分别为－7.14 ℃和－6.52 ℃，该结果表明，冰核活性细菌浓度越高，就越能提高昆虫过冷却点，降低其耐寒性。两种丁香假单胞菌相同浓度处理后过冷却点变化差异不明显，如，2013 年 12 月，经高浓度的冰核细菌 1-1 和冰核细菌 2-1 处理后茴香薄翅野螟的过冷却点分别为－7.13 ℃和－6.97 ℃。经丁香假单胞菌处理后过冷却点较

欧文氏菌处理后的高，如 2014 年 4 月，冰核细菌 2-1（丁香假单胞菌）和冰核细菌 3-1（欧文氏菌）处理后，茴香薄翅野螟的过冷却点分别为－8.81 ℃和－11.43 ℃，该结果表明，丁香假单胞菌更能提高茴香薄翅野螟越冬幼虫的过冷却点。

从表 4 可知，与对照相比，经冰核活性细菌处理后茴香薄翅野螟的冰点较高。该结果表明，冰核活性细菌能提高茴香薄翅野螟的冰点，降低其耐寒性。2014 年 2 月，经冰核细菌 1-1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 2-1（丁香假单胞菌，*Pseudomonas syringae*）、冰核细菌 3-1（欧文氏菌，*Erwinia pyrifoliae*）和对照处理后的冰点分别为－8.86、－8.84、－10.28 和－11.62 ℃。

2.3 冰核细菌对茴香薄翅野螟越冬幼虫死亡率的影响

从表 5 可以看出，同一时期内，经冰核细菌处理的茴香薄翅野螟越冬幼虫的死亡率高于未经处理的空白对照，如，经冰核细菌 1-1、冰核细菌 2-1、冰核细菌 3-1 和空白对照处理后，2013 年 12 月份其死亡率分别为 29.09%、36.17%、33.16%和 27.44%，说明冰核细菌能提高茴香薄翅野螟的死亡率。同一冰核细菌经高浓度处理后死亡率较低浓度的高，如，2014 年 2 月，经高浓度 1-1 和低浓度 1-2 处理后死亡率分别为 50.00%和 60.74%。经冰核细菌处理后，于当地气温降至最低时，茴香薄翅野螟越冬幼虫的死亡率也达到最高，如，2013 年 12 月、2014 年 1 月、2014 年 2 月、2014 年 2 月、2014 年 3 月、2014 年 4 月和 2014 年 5 月，经高浓度的 1-1 处理后其死亡率分别为 29.09%、40.91%、50.00%、43.00%、32.00%和 28.18%，2014 年 2 月的死亡率明显高于其他时期的。

表 3 冰核细菌对茴香薄翅野螟过冷却点的影响

Table 3 INA bacteria effect on supercooling point of *Evergestis extimalis*

处理 Treatment	2013.12	2014.1	2014.2	2014.3	2014.4	2014.5
对照 CK	－7.20±1.15a	－11.02±1.23c	－14.39±3.05c	－11.00±1.40a	－10.33±2.53b	－12.35±3.26d
冰核细菌 1-2 INA1-2	－7.13±1.40a	－8.59±2.43b	－10.72±1.79a	－9.80±3.24a	－10.90±2.30bc	－11.62±3.26bcd
冰核细菌 1-1 INA1-1	－6.30±1.88a	－8.52±1.95b	－10.15±2.41a	－9.67±3.42a	－8.85±2.30a	－10.16±3.39a
冰核细菌 2-2 INA2-2	－6.97±1.67a	－9.39±1.81b	－13.73±2.70bc	－10.95±3.59a	－8.81±2.88a	－10.37±2.12ab
冰核细菌 2-1 INA2-1	－6.76±0.80a	－8.71±1.93b	－12.97±1.77b	－9.70±2.56a	－8.91±2.07a	－10.03±2.86a
冰核细菌 3-2 INA3-2	－6.90±1.97a	－7.14±1.66a	－14.04±2.19bc	－10.92±3.03a	－11.43±2.07c	－11.77±3.48cd
冰核细菌 3-1 INA3-1	－6.79±1.79a	－6.52±1.95a	－13.05±1.88bc	－10.59±2.39	－11.02±2.35bc	－10.78±3.36abc

表 4 冰核细菌对茴香薄翅野螟冰点的影响

Table 4 INA bacteria effect on freezingpoint of *Evergestis extimalis*

处理 Treatment	2013.12	2014.1	2014.2	2014.3	2014.4	2014.5
对照 CK	－6.91±1.22c	－7.89±1.35d	－11.62±2.20c	－9.65±0.39c	－8.76±1.59c	－10.65±2.45d
冰核细菌 1-2 INA1-2	－6.64±1.58bc	－6.93±1.63c	－10.05±1.26abc	－8.62±1.69bc	－8.12±2.54bc	－9.12±1.32bcd
冰核细菌 1-1 INA1-1	－5.26±0.81a	－6.96±1.47c	－8.86±2.68a	－6.05±2.76a	－7.00±1.90ab	－8.66±1.73bc
冰核细菌 2-2 INA2-2	－6.51±1.65bc	－6.53±1.19abc	－9.19±2.48ab	－9.00±1.03c	－6.92±1.29ab	－7.39±2.21ab
冰核细菌 2-1 INA2-1	－5.59±0.71ab	－6.09±1.17ab	－8.84±1.47a	－8.65±2.04bc	－6.14±1.38a	－7.06±2.67a
冰核细菌 3-2 INA3-2	－6.03±1.53abc	－6.65±1.75bc	－10.92±2.79bc	－8.01±1.52bc	－8.47±0.94bc	－9.41±1.25cd
冰核细菌 3-1 INA3-1	－5.09±1.32a	－5.96±1.47a	－10.28±1.94abc	－6.84±2.39ab	－8.04±2.17bc	－8.17±2.01abc

表 5　冰核细菌对茴香薄翅野螟死亡率变化的影响
Table 5　INA bacteria effect on mortality of *Evergestis extimalis*

处理 Treatment	2013.12	2014.1	2014.2	2014.3	2014.4	2014.5
对照 CK	27.44±1.32f	30.00±2.31g	36.00±1.56f	32.85±2.35f	28.80±0.36e	29.00±2.89cd
冰核细菌 1-2 INA1-2	29.09±3.00f	40.91±2.14d	50.00±2.24c	43.00±1.98c	32.00±2.47d	28.18±3.10d
冰核细菌 1-1 INA1-1	31.09±2.54e	58.62±1.45a	60.74±1.65a	50.81±1.87a	39.13±1.24b	30.41±1.75c
冰核细菌 2-2 INA2-2	36.17±1.00c	50.00±3.87c	41.67±1.03e	38.18±1.20e	17.39±0.98g	13.64±1.01e
冰核细菌 2-1 INA2-1	39.00±2.01b	53.33±2.14b	56.92±0.87b	42.86±2.34c	59.26±4.35a	14.76±1.32e
冰核细菌 3-2 INA3-2	33.16±0.87d	31.72±2.46f	46.43±0.23d	41.06±1.58d	34.62±2.13c	40.00±1.25b
冰核细菌 3-1 INA3-1	41.38±3.98a	36.09±4.10e	49.57±4.20c	44.44±1.23b	23.53±3.25f	50.00±0.23a

3　结论与讨论

冰核活性细菌在欧文氏菌属（*Erwinia*）、假单胞菌属（*Pseudomonas*）和单胞菌属（*Xanthomonas*）等细菌属中发现（Maki *et al.*，1974；Lindow *et al.*，1978；Kim *et al.*，1987）。而大多数冰核活性细菌是附生于植物，仅有一些是来自青蛙和昆虫肠道（Lee *et al.*，1991，1995）。冰核细菌在其生长周期中始终保持冰核活性，并且细菌自由生长阶段的悬浮液比菌丝颗粒具有更高的冰核活性；营养缺乏和低温暴露能提高细菌的冰核活性（Tricia *et al.*，2001）。有些情况下，使用冰核活性细菌以后，过冷却点恢复至对照水平（Strong-Gunderson *et al.*，1990；Lee *et al.*，1994），这可能与冰核细菌种群的不稳定性有关。不同属的细菌，冰核活性也有差异。本研究中，经丁香假单胞菌处理后过冷却点和冰点较欧文氏菌处理后的高，该结果表明，丁香假单胞菌更能提高茴香薄翅野螟越冬幼虫的冰点。

许多研究报道，通过喷洒和取食冰核活性细菌可提高昆虫过冷却点，降低其越冬虫态的耐寒性。比如，锈赤扁谷盗 *Cryptolestes ferrugineus*、会纹长足瓢虫 *Hippodamia convergens*、马铃薯甲虫 *Lepinotarsa decemlineata* 等（Fields 1990；Strong-Gunderson *et al.*，1990；Lee *et al.*，1994）。马铃薯甲虫取食荧光假单胞菌 *Pseudomonas fluorescens* 和恶臭假单胞菌 *Pseudomonas putida* 后，降低其过冷却能力（Costanzo *et al.*，1998）。说明冰核细菌能促使昆虫在相对低温的情况下体内结冰，进而提高其过却点。这一结论与本研究的结果一致。

本研究采用喷洒的方式，模拟大田对比了 3 种细菌的冰核活性，结果表明，海拔和冰核细菌明显影响茴香薄翅野螟的过冷却点，且随着海拔和冰核细菌浓度的增加茴香薄翅野螟越冬幼虫的过冷却点越低。因此，可利用冰核细菌促杀茴香薄翅野螟越冬幼虫，实现该虫的生物防治目的。关于冰核细菌用于规模化防治害虫的技术及其干扰耐寒性的机理有待于进一步的研究。

参考文献 (References)

Costanzo JP, Humphreys TL, Lee RE, Moore JB, Lee MR, Wyman JA, 1998. Long-term reduction of cold hardiness following ingestion of ice-nucleating bacteria in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*, 44(12): 1173–1180.

Fields PG, 1990. The cold-hardiness of *Cryptolestes ferrugineus* and the use of ice nucleation-active bacteria as a cold-synergist// Proceedings of 5th International Working Conference on Stored Product Protection ed. France: 1183–1191.

Kim HK, Orser C, Lindow SE, Sands DC, 1987. *Xanthomonas campestris* pv. *translucens* strains active in ice nucleation. *Plant Disease*, 71(11): 994–997.

Lai YP, Zhang DF, Hou TP, Liu TX, 2014. Analysis of super-cooling point and biochemical indexes on *Evergestis extimalis* Scopli (Lepidoptera: Pyralidae) larvae over-winting. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 23(2): 44–48. [来有鹏, 张登峰, 侯

太平, 刘同先, 2014. 茴香薄翅野螟越冬幼虫过冷却点与相关生化指标分析. 西北农业学报, 23(2): 44–48.]

Lai YP, Zhang DF, Xian WR, 2012. The relationship between the population density of *Evergestis extimalis* (Scopoli) rape yield loss and control index. *Chinese Journal of Applied Entomology* 49(2): 526–528. [来有鹏, 张登峰, 咸文荣, 2012. 茴香薄翅野螟虫口密度与油菜产量损失关系及其防治指标的研究. 应用昆虫学报, 49(2): 526–528.]

Lai YP, Tao K, Hou TP, 2019. Preliminary analysis of geographical distribution based on cold hardiness for *Evergestis extimalis* (Scopoli) (Lepidoptera: Pyralidae) on Qinghai-Tibet Plateau. *Entomological Research*, 49: 13–20

Lee RE, Costanzo JP, Kaufman PE, Lee MR, Wyman J, 1994. Ice nucleation active bacteria reduce the cold-hardiness of the freeze-intolerant Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 87 (2): 377–381.

Lee RE, Lee MR, Strong-Gunderson JM, Minges SR, 1995. Isolation of ice nucleating active bacteria from the freezetolerant frog *Rana sylvatica*. *Cryobiology*, 32 (4): 358–365.

Lee RE, Strong-Gunderson JM, Lee MR, Grove KS, Riga JT, 1991. Isolation of ice nucleating active bacteria from insects. *Journal of Experimental Zoology*, 257 (1): 124–127.

Lindow SE, Arny DC, Upper CD, 1978. *Erwinia herbicola*: A bacterial ice nucleus active in increasing frost injury to corn. *Phytopathology*, 68 (3): 523–528.

Maki LR, Galyan EL, Chang-Chien MM, Caldwell DR, 1974. Ice nucleation induced by *Pseudomonas syringue*. *Applied Microbiology*, 28 (3): 456–459.

Strong-Gunderson JM, Lee RE, Lee MR, 1990. Ingestion of ice nucleating active bacteria increases the supercooling point of the lady beetle *Hippodamia convergens*. *Journal of Insect Physiology*, 36(3): 153–157.

Tricia L, Louela A, Marcia M, Lee R, 2001. Sensitivity of partially purified ice nucleation activity of *Fusarium acuminatum* SRSF 616. *Current Microbiology*. 42(5): 330–338.

Zhang DF, Lai YP, Xian WR, Wang X, Wang AL, Geng GG, 2010. Investigation of the occurrence dynamics of *Evergestis extimalis* (Scopoli). *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(1): 201–203. [张登峰, 咸文荣, 来有鹏, 王信, 王爱玲, 耿贵工, 2010. 茴香薄翅野螟在青海发生动态的调查. 昆虫知识, 47(1): 201–203.]