

# 耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的 寄生能力及适应性

张美娇<sup>1,2,3</sup>, 周昭旭<sup>1,2,3</sup>

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业害虫天敌工程研究中心, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃惹害植保科技有限责任公司, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 松毛虫赤眼蜂是一种很好的生防因子, 在防治苹果蠹蛾时具有很高的适用性。为提高耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾的控制效果, 以苹果蠹蛾卵为寄主卵, 通过赤眼蜂的寄生试验研究了寄主卵日龄和密度对耐低湿松毛虫赤眼蜂寄生效果的影响, 完善甘肃地区田间赤眼蜂释放技术以减少生产成本。结果表明, 松毛虫赤眼蜂对2日龄苹果蠹蛾卵有更好的寄生选择, 当蜂卵比为1:30时, 寄生率最大, 达82.22%。通过赤眼蜂和苹果蠹蛾卵的寄生选择关系, 确定了最佳蜂卵比为1:30, 此比值下, 雌蜂的单蜂寄生效能约为26.50粒/蜂, 苹果蠹蛾卵的被寄生率约为70%, 达到较好的寄生效果。经实验室长期耐低湿处理的松毛虫赤眼蜂能更好地适应不利的环境因子, 其在西北干旱地区有更高的适用性。建议在田间使用时, 可通过虫情监测判断苹果蠹蛾产卵时间和数量, 然后可确定在苹果蠹蛾高峰产卵期48h后释放赤眼蜂, 且释放的蜂量应保持蜂卵比值约为1:30。

**关键词:** 苹果蠹蛾; 松毛虫赤眼蜂; 控制效能; 低湿

**中图分类号:** S476

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-2172(2023)10-0947-05

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.10.012

## The Parasitic Ability and Adaptability of *Trichogramma dendrolimi* Tolerant to Low Humidity on Eggs of *Cydia pomonella*

ZHANG Meijiao<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Zhaoxu<sup>1,2,3</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 7030070, China; 2. Gansu Engineering Research Centre for Natural Enemies of Agricultural Pests, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Gansu Pest Control Plant Protection Technology Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** *Trichogramma dendrolimi* is a good biocontrol factor, which has high applicability in controlling the *Cydia pomonella*. In order to improve the control efficiency of *T. dendrolimi* against *C. pomonella*, we selected *T. dendrolimi* through multiple generations under low humidity stress. This paper studied the effects of host egg age and density on the parasitism of *T. dendrolimi* tolerant to low humidity by using the eggs of *C. pomonella* as host eggs. The results showed that *T. dendrolimi* had better parasitism selection on 2-day eggs, and when the ratio of wasp and egg was 1:30, the maximum parasitism rate was 82.22%. 1:30, the optimum ratio of wasp and egg, was determined by the parasitic selection relationship between *T. dendrolimi* and *C. pomonella* eggs. Under this ratio, the single parasitism efficiency of female wasps was about 26.50 eggs/per individual and the parasitism rate of *C. pomonella* eggs was about 70%, which showed ideal parasitism. *T. dendrolimi* treated with low humidity for a long time in the laboratory could better adapt to adverse environment, which had better applicability in northwestern arid regions. It is recommended that the laying time and number of *C. pomonella* can be judged by insect situation monitoring, and *T. Dendrolimi* can be released 48 h after the peak laying period of *C. pomonella*, and the number of wasps released should keep ratio of wasp and egg about 1:30.

**Key words:** *Cydia pomonella*; *Trichogramma dendrolimi*; Control efficiency; Low humidity

苹果蠹蛾 [*Cydia pomonella* (L.)] 属鳞翅目 (*Lepidoptera*) 卷蛾科 (*Tortricidae*), 主要为害苹果、梨、桃等林果作物, 是甘肃省重要的果树害虫, 也是我国重要的检疫性害虫<sup>[1-3]</sup>。苹果蠹蛾在1987年

收稿日期: 2023-07-29; 修订日期: 2023-09-23

基金项目: 兰州市人才创新创业项目(2018-RC-115); 甘肃省农业科学院农业科技创新中青年基金项目(2021GAAS49)。

作者简介: 张美娇(1995—), 女, 甘肃天水人, 研究实习员, 硕士, 研究方向为农业昆虫与害虫防治。Email: zmeijiao18@163.com。

通信作者: 周昭旭(1977—), 男, 甘肃靖远人, 副研究员, 硕士, 研究方向为农业昆虫与害虫防治。Email: zhzhx111@126.com。

从新疆传入甘肃敦煌,之后逐渐向河西地区蔓延。2007年传入武威市后,为害规模大幅增加,尤其在凉州区的为害最为严重,并进一步向东传播扩散,给甘肃的果树产业造成了严重的经济损失<sup>[4-6]</sup>。近年来,西北旱作区的果树产业明显提升,加快旱作区绿色农业发展,是旱地农业发展的重大需求<sup>[7]</sup>。为了保证环境安全和促进甘肃林果业的绿色增效,防治苹果蠹蛾需要采取综合措施,涉及生物防治、化学防治和物理防治等技术。其中,利用寄生性天敌对害虫进行生物防治在害虫综合治理中起到了重要作用<sup>[8]</sup>。

目前,国内外用于害虫生物防治的寄生性天敌主要为赤眼蜂(*Trichogramma* spp)<sup>[9]</sup>。赤眼蜂是鳞翅目害虫卵期重要的天敌,其寄生目标明确,方法简单,成本低,是商业化最成功的天敌昆虫种类<sup>[10]</sup>。在甘肃省应用于农田、果园较多的赤眼蜂种类有松毛虫赤眼蜂(*Trichogramma dendrolimi*)、螟黄赤眼蜂(*Trichogramma chilonis*)及暗黑赤眼蜂(*Trichogramma pintoi*)<sup>[11]</sup>。近些年,在我国用赤眼蜂对苹果蠹蛾进行生物防治,已取得了显著的效果。冯弘祖等<sup>[12]</sup>在新疆利用苹果蠹蛾卵为寄主,研究松毛虫赤眼蜂(*Trichogramma dendrolimi*)和螟黄赤眼蜂(*Trichogramma chilonis*)对寄主卵功能反应及蜂卵间的干扰反应。孙圣杰等<sup>[13]</sup>利用迷向散发器和释放松毛虫赤眼蜂对黑龙江哈尔滨的梨树蛀果害虫进行防控。许建军等<sup>[14]</sup>明确了赤眼蜂对苹果蠹蛾的防治作用和效果,筛选出能有效防治苹果蠹蛾的赤眼蜂种。另外,在甘肃已开展了赤眼蜂防治玉米田、果树的应用技术与示范,取得了较好的效果<sup>[15]</sup>。但在西北地区干旱的自然环境,对于赤眼蜂的生长发育、繁殖、存活都有不利的影响,为适应干旱的生态环境,我们已通过多代低湿胁迫筛选出了一种适应西北干旱地区生态环境的赤眼蜂品系,即耐低湿松毛虫赤眼蜂,湿度胁迫筛选后的松毛虫赤眼蜂生长发育和形态上的差异不显著,能够更好的适应干旱的环境,对西北地区有着更好的适用性<sup>[16]</sup>。

耐低湿松毛虫赤眼蜂是一种在实验室中已经成功扩繁的昆虫,目前关于此赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的寄生适应性还不明确。因此,为了提高耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾的控制效能,完善甘

肃地区田间赤眼蜂释放技术以减少生产成本,开展了耐低湿松毛虫赤眼蜂与苹果蠹蛾卵间的寄生适应性研究。旨在探讨最佳的放蜂时间及数量,为农业生产中释放耐低湿松毛虫赤眼蜂防治苹果蠹蛾提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

供试松毛虫赤眼蜂为甘肃省农业科学院植物保护研究所的实验室种群,使用柞蚕卵(*Antheraea pernyi*)为寄主繁育,耐低湿松毛虫赤眼蜂种系是实验室多代耐低湿筛选保种品系。供试苹果蠹蛾虫源采自甘肃武威市凉州区,在温度为(25±0.5)℃、相对湿度为60%±5%、光周期为16(光照):8(黑暗)的条件下,用苹果饲养苹果蠹蛾幼虫,成虫羽化后用5%的蜂蜜水补充营养,选取24h以内所产的F<sub>1</sub>代卵用于赤眼蜂寄生。

### 1.2 方法

1.2.1 不同日龄苹果蠹蛾卵对耐低湿松毛虫赤眼蜂寄生选择性的影响 分别取产有1、2、3d苹果蠹蛾卵的卵卡放入指形管(20mm×80mm)中,每管中虫卵数为30粒,用小毛笔引入羽化12h并充分交配的单头供试雌蜂,在管壁内点涂10%蜂蜜水为蜂补充营养,用棉花封口。每处理重复3次;蜂卵比为1:12(供试蜂量为5头,供试卵量为60粒)时,处理同上。然后置于温度为(25±0.5)℃、相对湿度为60%±5%、光周期为16(光照):8(黑暗)的人工气候箱中,寄生5d后用毛笔移除已死亡的蜂,调查被寄生的苹果蠹蛾卵数量。

1.2.2 耐低湿松毛虫赤眼蜂在不同蜂卵比下的寄生选择性 取羽化12h并充分交配的雌蜂,分别按1、5、10头/管的接蜂密度,接入指形管(20mm×80mm)中,并在试管内壁用移液枪点涂10%蜂蜜水补充营养,指形管中提前按10、30、60粒/管的密度放入苹果蠹蛾卵纸,用棉花封口,然后置于温度为(25±0.5)℃、相对湿度为60%±5%、光周期为16(光照):8(黑暗)的人工气候箱中。试验共计9个处理,每处理重复3次。5d后取出赤眼蜂雌蜂,记录各处理被寄生的虫卵粒数,并统计赤眼蜂活幼虫、蛹、蛹壳数,计算卵寄生率、羽化率和蜂寄生效能。

卵寄生率 = [被寄生苹果蠹蛾卵粒数/供试苹果

蠹蛾卵粒数] × 100%

羽化率=[赤眼蜂蛹壳数/赤眼蜂总活虫数(活幼虫、蛹、蛹壳)] × 100%

蜂寄生效能 = 被寄生苹果蠹蛾卵粒数 / 供试赤眼蜂雌蜂数

1.3 数据分析

耐低湿松毛虫赤眼蜂的卵寄生率和单头雌蜂寄生效能数据统计和差异显著性检验采用 IBM SPSS 24.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 耐低湿松毛虫赤眼蜂对不同日龄苹果蠹蛾卵的寄生率和羽化率的影响

从表 1 可知, 当赤眼蜂雌蜂与苹果蠹蛾卵的蜂卵比为 1 : 30 时, 耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾 2 日龄和 3 日龄卵的寄生率显著高于 1 日龄卵, 苹果蠹蛾 2 日龄卵与 3 日龄卵差异不显著, 与 1 日龄卵差异显著; 蜂卵比为 1 : 12 (供试蜂量为 5 头, 供试卵量为 60 粒) 时, 苹果蠹蛾卵 2 日龄卵的寄生率高于 1 日龄和 3 日龄卵, 差异不显著。2 种蜂卵比下, 寄生赤眼蜂的羽化率随苹果蠹蛾卵日龄的增加而降低, 1 日龄卵的羽化率显著高于 2 日龄和 3 日龄卵。说明耐低湿松毛虫赤眼蜂对于苹果蠹蛾卵的寄生选择更偏向于 2 日龄卵, 当蜂卵比为 1 : 30 时, 寄生率最大为 82.22%, 寄生卵的羽化与寄主卵的龄期有关, 新产的苹果蠹蛾卵其寄生蜂羽化率更大。

表 1 耐低湿松毛虫赤眼蜂对不同日龄卵的寄生率和羽化率

苹果蠹蛾卵日龄 /d	卵量 /粒	雌蜂数 /头	寄生率 /%	羽化率 /%
1	30	1	71.11±1.11 b	85.93±0.22 a
2	30	1	82.22±2.94 a	68.66±6.24 b
3	30	1	81.11±1.12 a	68.44±2.99 b
1	60	5	66.11±7.09 a	85.40±2.98 a
2	60	5	71.67±3.47 a	55.15±1.26 b
3	60	5	69.98±5.85 a	48.68±7.73 b

2.2 耐低湿松毛虫赤眼蜂在不同蜂卵比下的寄生效能

2.2.1 耐低湿松毛虫赤眼蜂在不同蜂卵比下寄生苹果蠹蛾卵的数量 由表 2 可知, 在苹果蠹蛾卵密度相同情况下, 耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的寄生数量与供试雌蜂密度呈正相关, 随着

雌蜂密度的增加而增大; 供试赤眼蜂雌蜂密度相同时, 随着苹果蠹蛾卵量的逐步增加, 耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾的总寄生卵量也显著增加。蜂卵比为 1 : 10 时, 雌蜂的寄生卵量最少为 5.67 粒 / 管; 而蜂卵比为 1 : 6 (赤眼蜂雌蜂量为 10 头, 供试苹果蠹蛾卵量为 60 粒) 时, 苹果蠹蛾的被寄生卵量为 51.67 粒 / 管。可见耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的寄生数量随供试蜂和寄主卵量的增加而增大。

表 2 耐低湿松毛虫赤眼蜂在不同蜂卵比时苹果蠹蛾的被寄生卵量<sup>①</sup>

赤眼蜂雌蜂密度 / (头/管)	不同寄主卵密度下单头雌蜂寄生卵量 / (粒/管)		
	10	30	60
1	5.67±0.33 c	24.67±0.89 b	29.00±1.16 c
5	7.33±0.33 b	26.33±1.20 ab	43.00±2.08 b
10	8.67±0.58 a	28.00±0.58 a	51.67±1.76 a

①表中同一列数据后的不同小写字母表示相同苹果蠹蛾卵量下, 不同密度雌蜂的寄生卵量差异显著(P<0.05)。

2.2.2 单头耐低湿松毛虫赤眼蜂雌蜂在不同蜂卵比下的寄生效能 当供试耐低湿松毛虫赤眼蜂雌蜂密度相同时, 从单头雌蜂的寄生效能来看, 随着供试寄主卵量的增加, 单头雌蜂的寄生效能逐渐上升。但是在供试寄主卵苹果蠹蛾卵量相同情况下, 随着寄生蜂雌蜂种群密度的增加, 单蜂寄生效能逐步降低。当蜂卵比为 1 : 60 时, 耐低湿松毛虫赤眼蜂的单蜂寄生效能最高, 单头蜂寄生苹果蠹蛾卵量达到 29.00 粒; 蜂卵比为 1 : 1 (赤眼蜂雌蜂虫量 10 头, 供试苹果蠹蛾卵量为 10 粒) 时, 单头赤眼蜂的寄生效能最低, 单头蜂只可寄生 0.87 粒苹果蠹蛾卵 (图 1)。从以上数据可以看出, 单头雌蜂的寄生量随着蜂卵比值的增加而降低。

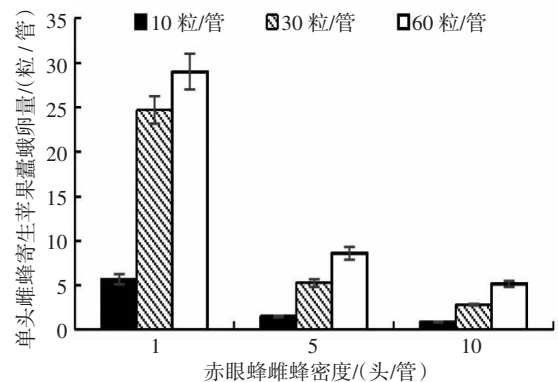


图 1 单头雌蜂在不同蜂卵比时的寄生效能



### 2.3 不同蜂卵比下的耐低湿松毛虫赤眼蜂与苹果蠹蛾卵的寄生适应性

由图 2 可知，耐低湿松毛虫赤眼蜂单蜂寄生能力随着蜂卵比的增加而逐渐下降，两者呈负相关。单头雌蜂的寄生力从 29.00 粒降至 0.87 粒，而供试寄主卵的被寄生率随着蜂卵比的增加整体呈上升趋势。单蜂寄生能力和供试寄主卵的被寄生率这两条曲线在蜂卵比为 1:30 时相交，在相交点，单头寄生蜂的寄生效能约为 26.50 粒/蜂，而供试苹果蠹蛾卵的被寄生率约 70%，达到较好的寄生效果，可见此点可确定为果园赤眼蜂参考释放点。

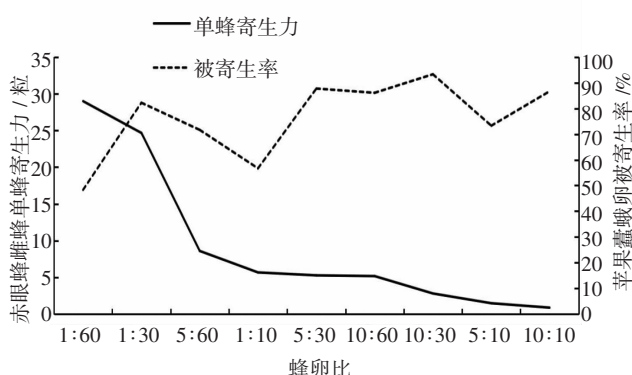


图 2 不同蜂卵比下单蜂寄生力和供试寄主卵被寄生率的关系变化

### 3 讨论与结论

西部干旱地区若利用耐低湿松毛虫赤眼蜂防治苹果蠹蛾，为达到最好的防治效果，赤眼蜂的释放时间与数量需要综合苹果蠹蛾的产卵时间、数量，以达到最佳蜂卵比值。本研究结果表明，苹果蠹蛾卵的日龄影响松毛虫赤眼蜂的寄生偏好性，耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾 2 日龄卵的寄生明显高于 1 日龄和 3 日龄的卵，当蜂卵比为 1:30 时，寄生率最高可达 82.22%，并且不同蜂卵比下寄生偏好相同。此结果与李耀发等<sup>[17]</sup>棉铃虫卵龄和密度对松毛虫赤眼蜂寄生效能的影响及 Olson<sup>[18]</sup>关于欧洲玉米螟赤眼蜂偏好寄生于欧洲玉米螟 2 日龄卵的研究结果一致。张焯等<sup>[19]</sup>的研究表明，对不同颜色赤眼蜂表现出不同的趋性。寄主卵在发育过程中随时间变化其自身颜色逐渐加深，因此，对寄主卵颜色变化和卵内物质的变化是否影响松毛虫赤眼蜂寄生选择性，需做进一步研究。

果园中利用松毛虫赤眼蜂防治苹果蠹蛾的最佳释放技术，除释放时间外，还要确定释放蜂量的密度和寄主昆虫产卵量的大小等。冯宏祖等<sup>[9]</sup>研究发现，赤眼蜂寄生苹果蠹蛾卵的寻找效应随着赤眼蜂密度的增加而降低，寄主蜂相互之间的干扰作用随着天敌密度的上升而增加。Saljoqi 等<sup>[20]</sup>研究发现，玉米螟赤眼蜂对米蛾卵的寄生效能也会因为寄生蜂和寄主卵之间的密度干扰，玉米螟赤眼蜂的寄生效能会随供试卵的密度增大而增加，随蜂密度的增加却明显降低。李耀发等<sup>[17]</sup>研究表明，当蜂卵比为 1:20 时，赤眼蜂单头雌蜂的寄生效果及供试棉铃虫卵的被寄生率有较高的呈现。本研究探讨了在不同蜂卵比下单蜂寄生力和供试寄主卵被寄生率的关系变化，其中当耐低湿松毛虫赤眼蜂种群密度和供试寄主卵数量之间比值为 1:30 时，单头寄生蜂的寄生效能约为 26.50 粒/蜂，而供试苹果蠹蛾卵的被寄生率约 70%，能达到较高的单蜂寄生能力，又可较大程度的寄生害虫卵，获得最好的防治效果。此研究结果和前人研究结果一致，蜂卵影响着赤眼蜂对寄主昆虫卵的寄生效能。本研究还发现，在蜂卵比为 1:1 (赤眼蜂雌蜂虫量 10 头，供试苹果蠹蛾卵量为 10 粒) 时，单头蜂的寄生效能最低，蜂卵比为 1:60 时，耐低湿松毛虫赤眼蜂的单蜂寄生效能最高，这可能是由于赤眼蜂种群间存在一定的竞争寄生现象。今后需进一步进行田间试验，合理综合不同的生物防治技术，提高对苹果蠹蛾防控的效果。

本研究结果表明，耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾 2 日龄卵有更好的寄生选择，通过赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的寄生能力试验，确定了蜂卵比为 1:30 时，耐低湿松毛虫赤眼蜂的单蜂寄生能力和害虫卵的被寄生率均达到较高的水平。在此蜂卵比下释放耐低湿松毛虫赤眼蜂蜂种，对苹果蠹蛾有较好的防治效果，也节约了蜂种生产成本。提高耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾防控的效果。

#### 参考文献:

[1] 梁亮, 余慧, 刘星月, 等. 苹果蠹蛾在中国的适生性分析[J]. 植物保护, 2010, 36(4): 101-05.  
 [2] 王列珍, 刘宏霄, 崔浩军. 苹果蠹蛾的防治[J]. 河北

- 果树, 2021(2): 23-24.
- [3] 李 淳, 马 雲, 王素琴, 等. 探究苹果蠹蛾发生特点与综合防治[J]. 农业技术与装备, 2021(11): 170-171.
- [4] 王春林, 王福祥. 苹果蠹蛾疫情防控阻截动态及思考[J]. 植物保护, 2009, 35(2): 102-104.
- [5] 罗进仓, 周昭旭, 刘月英, 等. 甘肃苹果蠹蛾的发生现状与研究进展[J]. 生物安全学报, 2015, 24(4): 281-286.
- [6] 李 平. 苹果蠹蛾雄虫发生动态及其与气温和降水的相关性研究[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(6): 52-54.
- [7] 樊廷录, 李尚中, 赵 刚, 等. 西北旱地农业研究进展及科技创新重点内容[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(10): 26-31.
- [8] 陈学新, 冯明光, 娄永根, 等. 农业害虫生物防治基础研究进展与展望[J]. 中国科学基金, 2017, 31(6): 577-585.
- [9] 姚艳霞. 寄生于林木食叶害虫的小蜂分类研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.
- [10] 王 兰, 冯宏祖, 郭文超, 等. 苹果蠹蛾消长动态及果园中赤眼蜂释放技术的研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 261-265.
- [11] WANG Z Y, He K L, ZHANG F, et al. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China[J]. *Biological Control*, 2014, 68(1): 136-144.
- [12] 冯宏祖, 王 兰, 郭文超, 等. 赤眼蜂对苹果蠹蛾卵功能反应的研究[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 307-311.
- [13] 孙圣杰, 任爱华, 王晓祥, 等. 利用迷向散发器和释放松毛虫赤眼蜂对梨树蛀果害虫的防控效果[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(1): 102-109.
- [14] 许建军, 冯宏祖, 李翠梅, 等. 释放赤眼蜂防治苹果蠹蛾、梨小食心虫效果研究[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(5): 690-695.
- [15] 柴福喜, 李方正, 张迎春. 田间释放赤眼蜂防治玉米螟试验结果简报[J]. 甘肃农业科技, 2000(7): 42.
- [16] 周莉莉, 袁伟宁, 张美娇, 等. 耐低湿松毛虫赤眼蜂的筛选及在柞蚕卵内的发育过程[J]. 草原与草坪, 2022, 42(4): 115-120; 132.
- [17] 李耀发, 赵玉敬, 安静杰, 等. 棉铃虫卵龄和密度对松毛虫赤眼蜂寄生效能的影响[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(2): 356-361.
- [18] OLSON D M. Oviposition and offspring survival within eggs of European corn borer: discrimination of the host embryo by female *Trichogramma manubilale*[J]. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 1998, 87(1): 79-84.
- [19] 张 烨, 朱文雅, 李 唐, 等. 玉米螟赤眼蜂对不同颜色的偏好性研究[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(4): 931-937.
- [20] SALJOQI A U R, HE Y R. Effect of host and parasite density on *Trichogramma mastrinae*[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2004, 25(3): 120-122.