



张晨,马巾超,刘旭东,等.放蜂方式对松毛虫赤眼蜂田间防效的影响[J].黑龙江农业科学,2024(10):27-33.

# 放蜂方式对松毛虫赤眼蜂田间防效的影响

张晨,马巾超,刘旭东,齐振阳,王宇

(吉林农业科学院农学院,吉林吉林132101)

**摘要:**为提高赤眼蜂田间防治效果,降低释放成本,通过测定松毛虫赤眼蜂(*Trichogramma dendrolimi*)在两种放蜂方式[蛹后期释放、混合生育期释放(即预蛹期、蛹中期和蛹后期)],6个时间段(释放后1~6 d),5个距离点(0,5,10,15,20和25 m)下的实际防效,明确放蜂方式对松毛虫赤眼蜂田间寄生能力的影响。结果表明,单独释放松毛虫赤眼蜂(Td)蛹后期时,Td仅可在放蜂后3 d内对田间不同距离的玉米螟卵块进行寄生,各距离点寄生率均随放蜂时间增加而降低。在相同放蜂时间,随着距离的增加,寄生率均呈下降趋势。而混合释放预蛹期、蛹中期和蛹后期释放Td,可以在6 d内对田间玉米螟卵块进行寄生。比较两种放蜂方式发现,在释放Td 3 d后,混合释放的Td表现出更好的扩散能力。由此得出,松毛虫赤眼蜂适合采用混合释放方式。

**关键词:**放蜂方式;松毛虫赤眼蜂;玉米螟;田间防效

玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)属鳞翅目(Lepidoptera)草螟科(Crambidae),是玉米生产第一大害虫,也是具有巨大危害潜力的世界性大害虫<sup>[1]</sup>。由于环境和耕作方式的改变,导致玉米主产区玉米螟的危害越来越严重<sup>[2-3]</sup>。为了有效控制玉米螟的危害,化学农药的使用日益增多,玉米螟的抗药性也不断加强<sup>[4-7]</sup>。化学农药的大量使用对人畜及环境也有严重的伤害<sup>[8-11]</sup>,为了避免这些问题,需要建立有效、安全、可持续的玉米螟防治措施<sup>[12]</sup>。

赤眼蜂作为卵寄生蜂,被广泛应用于害虫的生物防治<sup>[13-14]</sup>。在我国,大量释放赤眼蜂防治玉米螟已经成为玉米螟防治的主要手段之一<sup>[1,15-16]</sup>。多项研究表明,2005—2015年间,我国东北地区赤眼蜂的应用量从60万hm<sup>2</sup>增加到了550万hm<sup>2</sup><sup>[16-17]</sup>。在对玉米螟的生物防治中,松毛虫赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂被认为是最佳的赤眼蜂<sup>[16,18]</sup>。自2012年以来,仅松毛虫赤眼蜂的释放量就覆盖了我国东北地区约230万hm<sup>2</sup>面积,充分证明了释放赤眼蜂生物防治玉米螟是科学有效的<sup>[16]</sup>。

玉米螟的卵龄会显著影响松毛虫赤眼蜂的寄生能力,这就需要松毛虫赤眼蜂在释放后迅速找到新鲜玉米螟卵块,而传统的释放松毛虫赤眼蜂防治玉米螟为每隔5~7 d释放一次相同发育时间的松毛虫赤眼蜂,分3次释放,来控制田间的玉

米螟卵块<sup>[19-20]</sup>。通过传统放蜂方式,松毛虫赤眼蜂在释放后会在田间迅速羽化,羽化持续时间较短,不能很好地控制田间持续出现的玉米螟卵块,且通过3次释放方式,会造成释放成本的极大提升。本研究通过蛹后期一次释放松毛虫赤眼蜂和混合生育期释放松毛虫赤眼蜂,来提高赤眼蜂田间持续羽化时间,从而保证田间始终有新的赤眼蜂羽化来寄生持续产下的玉米螟卵块,以期提高赤眼蜂田间防治效果,降低释放成本。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试蜂种 松毛虫赤眼蜂于2011年采自吉林省长春市玉米田玉米螟卵块,依据赤眼蜂雄性外生殖器的形态学特征和rDNA-ITS2分子生物学对蜂种进行鉴定。所有供试蜂种均以米蛾卵在(25±1)℃,RH 70%±5%,L14 h:D10 h培养箱(SANYO MLR-351H)内进行繁育,为了保证蜂种的寄生能力,松毛虫赤眼蜂利用米蛾卵扩繁5代后,用原寄主进行复壮,防止蜂种退化。选择初羽化(<12 h)且充分交配过的雌性赤眼蜂用于试验。

1.1.2 供试寄主 玉米螟幼虫置于(25±1)℃,RH 70%±5%,光周期L14 h:D10 h的气候室饲养,养殖玉米螟幼虫的人工饲料由麦麸300 g、酵母100 g、4-羟基苯甲酸甲酯8 g、山梨酸8 g、抗坏

收稿日期:2024-05-21

基金项目:吉林省科技发展计划项目(YDZJ202301ZYTS366)。

第一作者:张晨(1993—),女,硕士,助理实验师,从事害虫生物防治研究。E-mail:zhangchenjl@163.com。

通信作者:王宇(1994—),男,博士,副教授,从事害虫生物防治研究。E-mail:wangy19940504@163.com。

血酸 8 g、亚油酸 50  $\mu\text{L}$ 、蔗糖 28 g、琼脂 30 g 和水 1 500 mL 组成。玉米螟幼虫用自制容器(长 23 cm $\times$ 宽 23 cm $\times$ 高 5 cm)饲养。化蛹后,将玉米螟蛹收集并放置在网笼中(长 35 cm $\times$ 宽 35 cm $\times$ 高 35 cm)。待玉米螟成虫羽化,将 20% 的蜂蜜溶液作为食物放在棉质灯芯上置于笼内,用蜡纸(长 30 cm $\times$ 宽 30 cm)衬在笼子的内壁上,用作玉米螟成虫的产卵基质。

米蛾幼虫置于(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH70% $\pm$ 5%, 光周期 L14 h:D10 h 的气候室饲养,养殖米蛾幼虫的人工饲料由玉米粉 500 g、麦麸 142 g、酵母 21 g、蔗糖 49 g 和蒸馏水 200 mL 组成,米蛾幼虫用自制容器(长 23 cm $\times$ 宽 23 cm $\times$ 高 5 cm)饲养。化蛹后,将米蛾蛹收集并置于网笼(长 35 cm $\times$ 宽 22 cm $\times$ 高 42 cm)中产卵。将装有米蛾的笼子放在铁盘上收集米蛾卵,将收集到的米蛾卵用网目尺寸为 0.5 mm 的筛网将卵中的蛾毛等杂质去除,收集到的米蛾卵用紫外灯杀胚备用。

供试柞蚕茧购于吉林省蚕业科学研究所,将其放入(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH60% $\pm$ 5%, 光周期 L14 h:D10 h 的房间中培养至羽化。然后取羽化未交配且完全展翅的柞蚕雌蛾,剖腹取新鲜卵,用自来水进行冲洗,去掉不成熟的卵和杂质,在室温条件下晾干,挑选成熟饱满的健康卵粒备用。

## 1.2 方法

1.2.1 释放蛹后期松毛虫赤眼蜂的田间防治效果 将羽化 8 h 并充分交配的松毛虫赤眼蜂雌蜂引入备有柞蚕卵的试管中按蜂卵比 1:1 进行寄生。48 h 后去除雌蜂后,将柞蚕卵移入(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH70% $\pm$ 5%, L14 h:D10 h 培养箱(SANYO MLR-351H)内进行发育。放蜂前将发育至蛹期的松毛虫赤眼蜂(SDS)装入早田放蜂球中,每球 40 粒,每小区 3 个球,共 1 万头蜂。

在田间以选取的较中央的 1 点为中心,东西南北 4 个方向每隔 5 m 设置 1 点,最大间隔 25 m (图 1)。每个小区中心放置含有发育至蛹期的松毛虫赤眼蜂的放蜂器,每点叶背面悬挂一块新鲜玉米螟卵块(0~4 h, 50 粒左右,距地面 1 m)。每隔 1 d 更换 1 次新鲜的玉米螟卵,将旧卵回收,置于(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH 70% $\pm$ 5%, L14 h:D10 h 培养箱(SANYO MLR-351H)内进行发育,5 d 后调查寄生卵粒数,3 次重复,各重复之间的间隔至少 200 m。

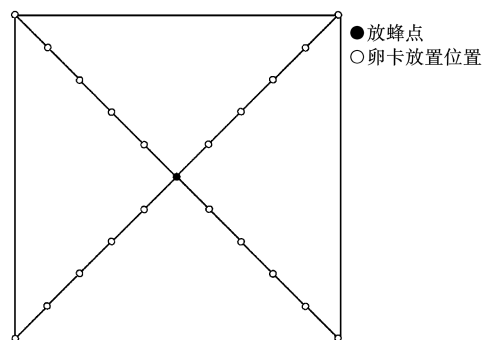


图 1 田间放蜂点处理划分示意图

1.2.2 混合释放不同发育阶段松毛虫赤眼蜂的田间防治效果 每隔 2 d 将羽化 8 h 并充分交配的松毛虫赤眼蜂雌蜂引入备有柞蚕卵的试管中按蜂卵比 1:1 进行寄生。48 h 后去除雌蜂后,并将柞蚕卵移入(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH70% $\pm$ 5%, L14 h:D10 h 培养箱(SANYO MLR-351H)内进行发育,从而获得预蛹期、蛹中期和蛹后期的松毛虫赤眼蜂(DDS)。放蜂前将预蛹期、蛹中期和蛹后期的松毛虫赤眼蜂混合装入早田放蜂器中(每球装 3 种发育时期各 13 粒),每球 40 粒,每小区 3 个球,共 1 万头蜂。

在田间选取较中央的 1 点为中心,东西南北 4 个方向每隔 5 m 设置 1 点,最大间隔 25 m。每个小区中心的放置含有不同发育时期的松毛虫赤眼蜂的放蜂器,每点叶背面悬挂一块新鲜玉米螟卵块(0~4 h, 50 粒左右,距地面 1 m)。每隔 1 d 更换 1 次新鲜的玉米螟卵,将旧卵回收,置于(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH70% $\pm$ 5%, L14 h:D10 h 培养箱(SANYO MLR-351H)内进行发育,5 d 后调查寄生卵粒数,3 次重复,各重复之间的间隔至少 200 m。

1.2.3 对照设置 在田间以选取较中央的 1 点为中心,东西南北 4 个方向每隔 5 m 设置 1 点,最大间隔 25 m。每点叶背面悬挂一块新鲜玉米螟卵块(0~4 h, 50 粒左右,距地面 1 m)。每隔 1 d 更换 1 次新鲜的玉米螟卵,将旧卵回收置于(25 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$ , RH70% $\pm$ 5%, L14 h:D10 h 培养箱(SANYO MLR-351H)内进行发育,5 d 后调查寄生卵粒数。对照田与试验田相距 200 m,3 次重复,各重复之间的间隔至少 200 m。

校正寄生率(%)=[(放蜂区卵块寄生率-对照区卵块寄生率)/(1-对照区卵块寄生率)] $\times$ 100

1.2.4 数据分析 所有初始数据采用 Excel 2016 整理。将试验获得所有的数据进行正态检验和方

差齐性检验,将不符合正态分布的数据进行平方根转换,转换后所有数据均符合正态分布。赤眼蜂寄生率进行反正弦平方根转换。放蜂方式、扩散距离、持续时间对赤眼蜂防治效果的影响采用一般线性模型(GLM)三因素方差分析(ANOVA)进行处理。相同放蜂方式下,赤眼蜂在6 d内的寄生率比较采用 Tukey’S HSD法( $P<0.05$ );不同放蜂方式下,赤眼蜂在每一天的寄生率的比较采用  $t$  测验。数据分析采用 DPS(V14.1)系统分析。分析后的数据使用 Sigma Plot 12.5 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 释放蛹后期松毛虫赤眼蜂的田间防治效果

由表 1 可知,放蜂方式、扩散距离、持续时间以及任何两个变量之间的相互作用均对松毛虫赤眼蜂防治效果有显著性影响。在相同距离下,放蜂后不同天数的寄生率存在显著性差异(0 m:  $F_{5,66}=8\ 112.81, P<0.000\ 1$ ; 5 m:  $F_{5,66}=192.89, P<0.000\ 1$ ; 10 m:  $F_{5,66}=11.71, P<0.000\ 1$ ; 15 m:  $F_{5,66}=6.95, P<0.000\ 1$ ; 20 m:  $F_{5,66}=5.69, P=0.000\ 2$ ; 25 m:  $F_{5,66}=3.54, P=0.006\ 8$ )。

放蜂后第 1 天、第 2 天和第 3 天,不同距离的玉米螟卵寄生率均存在显著性差异(放蜂后第 1 天:  $F_{5,66}=75.03, P<0.000\ 1$ ; 放蜂后第 2 天:  $F_{5,66}=123.52, P<0.000\ 1$ ; 放蜂后第 3 天:  $F_{5,66}=509.53, P<0.000\ 1$ )。

由图 2 可知,释放蛹后期的松毛虫赤眼蜂仅可在放蜂后的 3 d 内对田间各方向不同距离的玉

米螟卵块进行寄生,除中心点外,各距离点寄生率均随放蜂时间增加而降低。

放蜂后的 3 d 内,随着距离的增加,寄生率均呈下降趋势。在放蜂第 1 天,松毛虫赤眼蜂在中心点 0 m 寄生率最高,为 96.2%,其次为 5 m,寄生率为 68.5%,在 10、15 和 20 m 处寄生率显著下降,分别为 29.2%、17.3%和 6.5%,在 25 m 处寄生率最低,仅为 1.5%;在放蜂的第 2 天,松毛虫赤眼蜂在中心点 0 m 寄生率最高,为 99.8%,其次为 5 m,寄生率为 66.5%,在 10、15 和 20 m 处寄生率显著下降,分别为 27.0%、14.5%和 7.2%,在 25 m 处寄生率最低,仅为 1.2%;在放蜂的第 3 天,松毛虫赤眼蜂在中心点 0 m 寄生率最高,为 99.0%,其次为 5、10 和 15 m,寄生率分别为 23.2%、9.2%和 0.8%,在 20 和 25 m 处没有玉米螟卵块被寄生(图 2)。

表 1 放蜂方式、扩散距离、持续时间及二因素相互作用对松毛虫赤眼蜂寄生的影响

变异来源	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
放蜂方式	1	707.708	<0.0001
扩散距离	5	1123.564	<0.0001
持续时间	5	112.826	<0.0001
放蜂方式×扩散距离	5	126.500	<0.0001
放蜂方式×持续时间	5	117.601	<0.0001
扩散距离×持续时间	25	31.369	<0.0001
误差	792		

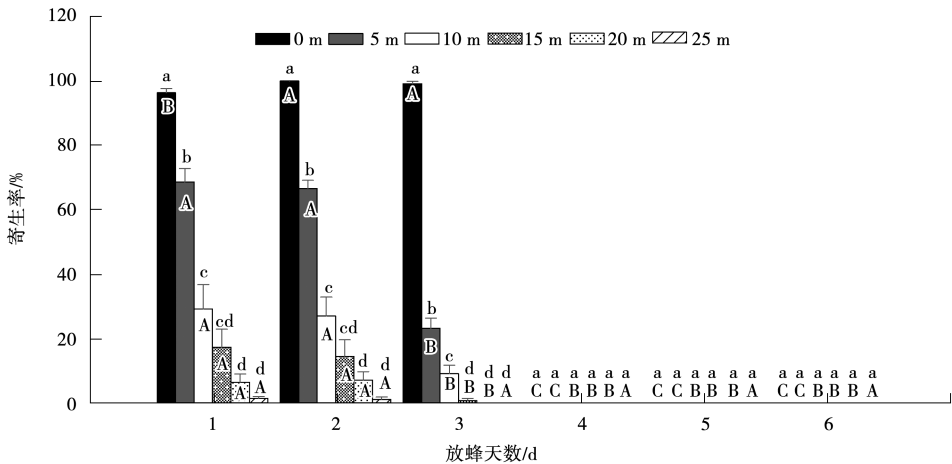


图 2 释放蛹后期松毛虫赤眼蜂后不同距离玉米螟卵寄生比例

注:图中数据为均值±标准误。不同大写字母表示同一距离不同放蜂天数下松毛虫赤眼蜂对玉米螟卵寄生率在  $P<0.05$  水平差异显著;不同小写字母表示在同一放蜂天数下松毛虫赤眼蜂对不同距离点玉米螟卵寄生率在  $P<0.05$  水平差异显著。下同。

## 2.2 混合释放不同发育阶段松毛虫赤眼蜂的田间防治效果

混合释放(预蛹期、蛹中期和蛹后期)松毛虫赤眼蜂,可以在6 d内对田间玉米螟卵块进行寄生,0和20 m距离下,放蜂后不同天数的寄生率存在显著性差异(0 m:  $F_{5,66}=3.76, P=0.0047$ ; 20 m:  $F_{5,66}=3.53, P=0.0069$ ),其余距离下在不同放蜂天数下不存在显著性差异。

混合释放(预蛹期、蛹中期和蛹后期)松毛虫赤眼蜂,在相同放蜂天数下,不同距离的玉米螟卵块寄生率均存在显著性差异(放蜂后第1天:  $F_{5,66}=118.23, P<0.0001$ ;放蜂后第2天:  $F_{5,66}=149.16, P<0.0001$ ;放蜂后第3天:  $F_{5,66}=146.26, P<0.0001$ ;放蜂后第4天:  $F_{5,66}=206.87, P<0.0001$ ;放蜂后第5天:  $F_{5,66}=88.87, P<0.0001$ ;放蜂后第6天:  $F_{5,66}=101.20, P<0.0001$ )。

放蜂后的6 d内,随着距离的增加,寄生率均呈下降趋势。在放蜂第1天,松毛虫赤眼蜂在中心点0 m寄生率最高,为97.7%,其次为5 m,寄生率为62.8%,在10、15和20 m处寄生率显著下降,分别为22.8%、14.8%和5.0%,在25 m处寄生率最低,仅为1.7%;在放蜂的第2天,松毛

虫赤眼蜂在中心点0 m寄生率最高,为99.8%,其次为5 m,寄生率为60.8%,在10、15和20 m处寄生率显著下降,分别为26.0%、13.0%和5.8%,在25 m处寄生率最低,仅为1.8%;在放蜂的第3天,松毛虫赤眼蜂在中心点0 m寄生率最高,为100%,其次为5 m,寄生率为59.7%,在10、15和20 m处寄生率显著下降,分别为29.2%、6.3%和0.3%,在25 m处没有玉米螟卵块被寄生;在放蜂的第4天,松毛虫赤眼蜂在中心点0 m寄生率最高,为100%,其次为5 m,寄生率为46.8%,在10、15和20 m处寄生率显著下降,分别为29.8%、8.3%和2.3%,在25 m处没有玉米螟卵块被寄生;在放蜂的第5天,松毛虫赤眼蜂在中心点0 m寄生率最高,为100%,其次为5 m,寄生率为52.5%,在10、15和20 m处寄生率显著下降,分别为31.5%、16.2%和11.0%,在25 m处寄生率最低,仅为3.2%;在放蜂的第6天,松毛虫赤眼蜂在中心点0 m寄生率最高,为99.8%,其次为5 m,寄生率为53.0%,在10、15和20 m处寄生率显著下降,分别为32.8%、19.5%和11.8%,在25 m处寄生率最低,仅为1.8%(图3)。

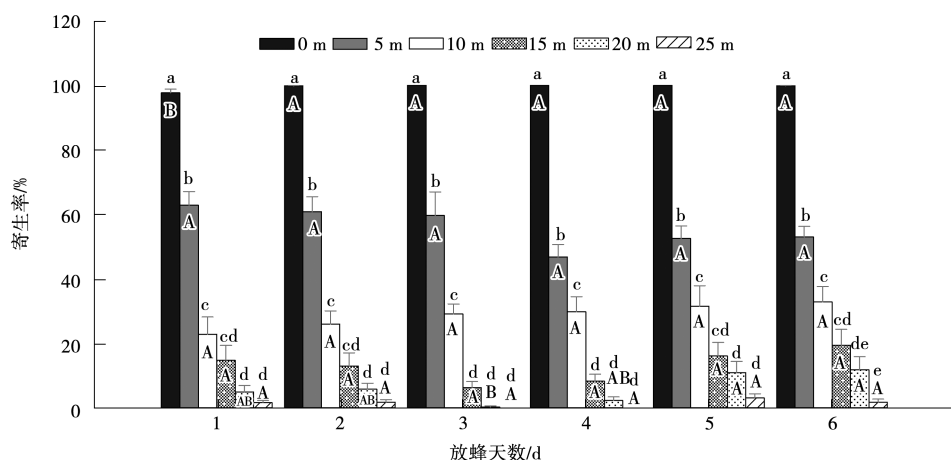


图3 混合释放预蛹期、蛹中期、蛹后期松毛虫赤眼蜂后不同距离玉米螟卵寄生比例

## 2.3 不同释放方式下松毛虫赤眼蜂的田间扩散距离及防治效果

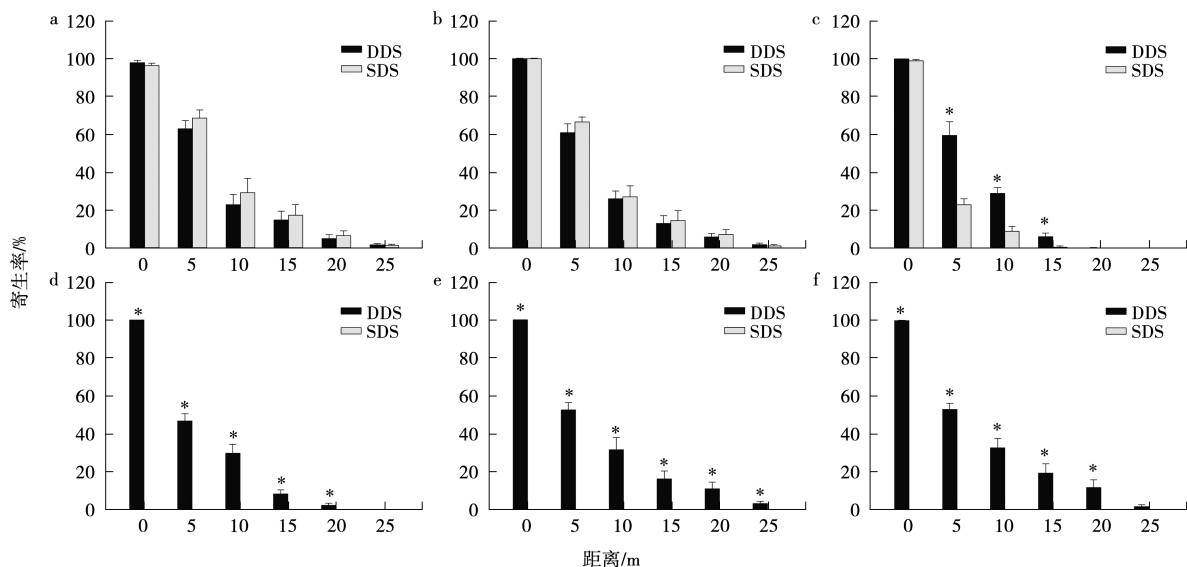
在释放松毛虫赤眼蜂2 d内,两种不同释放方式下松毛虫赤眼蜂的田间扩散能力之间无显著性差异。在释放松毛虫赤眼蜂的第3天至第6天,两种不同释放方式下松毛虫赤眼蜂的田间扩散能力在不同距离下存在显著性差异(第3天5 m:  $t=4.5946, df=22, P<0.0001$ ;10 m:  $t=4.9541,$

$df=22, P<0.0001$ ;15 m:  $t=2.7649, df=22, P<0.0001$ 。第4天0 m:  $t=244.948974, 278.3, df=22, P<0.0001$ ;5 m:  $t=12.2174, df=22, P<0.0001$ ;10 m:  $t=6.3917, df=22, P<0.0001$ ;15 m:  $t=3.8618, df=22, P<0.0001$ ;20 m:  $t=2.0765, df=22, P=0.0497$ ),均为混合释放(预蛹期、蛹中期、蛹后期)的松毛虫赤眼蜂扩散更好。第4天除25 m距离两种放蜂方式没



有寄生,在其它距离点只有混合释放赤眼蜂有寄生,在 5 m 寄生率高达 50%,而同期释放蛹后期的赤眼蜂均没有寄生玉米螟卵(图 4 d);在第 5 天和第 6 天,所有距离点,只有混合释放赤眼蜂有寄

生,在 5 m 和 10 m,寄生率均分别达到 50%和 30%,而同期释放蛹后期的赤眼蜂在各点均没有玉米螟卵寄生(图 4 e, f)。



a~f. 分别为放蜂后第 1 天、第 2 天、第 3 天、第 4 天、第 5 天、第 6 天;

DDS. 释放预蛹期、蛹中期和蛹后期赤眼蜂;SDS. 释放蛹后期赤眼蜂。

图 4 不同释放方式下松毛虫赤眼蜂的田间扩散距离及寄生率

注: 图中数据为均值±标准误。\* 表示经 Student's *t* 法检验在  $P<0.05$  水平差异显著。

### 3 讨论

本研究通过研究释放蛹后期和混合生育期松毛赤眼蜂两种不同的释放方式的田间可持续扩散能力来确定松毛虫赤眼蜂的最佳田间释放方式。结果表明,松毛虫赤眼蜂通过混合释放(预蛹期、蛹中期和蛹后期)的方式,可以有效提高松毛虫赤眼蜂在田间的可持续扩散能力,松毛虫赤眼蜂的田间寄生率随着距放蜂点距离的增加,呈下降趋势,在 15 m 外,寄生率低于 20%。玉米螟赤眼蜂在两种释放方式下,可持续扩散能力间无显著性差异,均表现出优异的可持续扩散能力,在田间的有效扩散距离达到 25 m,寄生率高达 80%以上。

田俊策等<sup>[21]</sup>田间调查发现,释放稻螟赤眼蜂后的 3 d,被寄生的卵卡持续高达 80%,且被寄生的卵粒数量显著提升,且在距释放点 0~8 m 的距离内控制效果最佳,释放后 2 d 的平均赤眼蜂覆盖率(被寄生卵卡数量)高达 92%,但之后随着时间的推移而明显下降。同样的,20 世纪 70 年代,北京市农业科学院在密云采用松毛虫赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂防治玉米螟,结果发现,玉米螟赤

眼蜂在田间对玉米螟有可持续控制能力,放蜂后第二代寄生率高达 90.83%,第三代寄生率高达 98.3%,而松毛虫赤眼蜂放蜂区的寄生率仅为 52.17%,和对照相比,仅高出 15.50%,表明松毛虫赤眼蜂在当地的玉米田中不能建立群落,只能对当代发生的害虫有控制效果,无法持续控制玉米螟虫口数量<sup>[22-23]</sup>。这些结果与本研究表现一致,均表现为松毛虫赤眼蜂田间寄生率随着时间的推移而明显下降,释放蛹后期发育的松毛虫赤眼蜂,可以在放蜂后的 3 d 对田间的玉米螟卵块进行寄生。也就是说,松毛虫赤眼蜂在放蜂后并不能在玉米田中建立种群,进而实现可持续控制玉米田中的玉米螟。

何余容等<sup>[24]</sup>发现赤眼蜂在菜地的有效扩散距离为 3~4 m;另有研究发现在棉田和玉米地为 12 m 左右<sup>[25-26]</sup>;田俊策等<sup>[21]</sup>发现稻螟赤眼蜂在水稻田的有效扩散距离约为 8 m;张青文等<sup>[27]</sup>发现同一种赤眼蜂在不同的年份、月份,其扩散距离都可能会有明显的差异。如螟黄赤眼蜂在棉田扩散时,6 月至 8 月有效扩散距离为 10~20 m,而在 9 月份仅为 5 m 左右;Chapman 等<sup>[28]</sup>发现玉米螟

赤眼蜂在马铃薯田的有效扩散距离在有些年份为21~26 m,而在有些年份仅为8~10 m。本研究发现,松毛虫赤眼蜂在玉米田中有效扩散距离为15 m。

钱永庆等<sup>[13]</sup>用<sup>32</sup>P标记研究玉米螟赤眼蜂的田间活动范围,结果表明,在风力4级、气温23℃时,玉米螟赤眼蜂在放蜂后的2 d内,有100%的玉米螟赤眼蜂存在于20 m内,其中46.7%存在于10 m内。冯建国等<sup>[29]</sup>利用<sup>32</sup>P标记对松毛虫赤眼蜂在果园的扩散情况进行研究,在气温27℃、风速3~4级的条件下,放蜂后的6 h内,有91.3%的松毛虫赤眼蜂在10 m范围内进行活动,5 m范围内占61.9%;释放24 h后,松毛虫赤眼蜂逐步向外扩散,在30 m处松毛虫赤眼蜂蜂量由释放6 h时的2.2%上升为34.4%,松毛虫赤眼蜂在45 m以外蜂量极少。这些研究表明,赤眼蜂向外飞行扩散是逐步的。在本研究中,松毛虫赤眼蜂在两种放蜂方式下,日寄生率均随着距离的增加显著下降,究其原因,是由于松毛虫赤眼蜂在田间的扩散需要时间,当扩散到更远距离时,已耗费数个小时,而在前期研究发现,松毛虫赤眼蜂寄生玉米螟卵块能力受玉米螟卵龄影响,仅可以对8 h以内的玉米螟卵进行有效寄生,因此当松毛虫赤眼蜂扩散至更远距离时,其所能寄生的玉米螟卵块越来越少,寄生率也越来越低。本研究中松毛虫赤眼蜂采用蛹后期释放法时,松毛虫赤眼蜂仅可以在放蜂后的3 d内对田间玉米螟卵块进行寄生,原因为柞蚕卵繁育的松毛虫赤眼蜂,可以在3 d内持续羽化,因此在田间放蜂后的3 d后,所释放的松毛虫赤眼蜂已全部羽化完毕,没有新蜂羽化,所以在放蜂后的第4天、第5天和第6天没有玉米螟卵块被寄生。但是,已经羽化的松毛虫赤眼蜂为什么没有在田间进行持续残留并发挥作用,猜测是因为玉米螟卵并不是松毛虫赤眼蜂的最佳寄主,虽然在实验室内,松毛虫赤眼蜂对玉米螟卵块的寄生率可以达到80%以上,但是田间为开放空间,松毛虫赤眼蜂会自主扩散寻找其他寄主,因此松毛虫赤眼蜂防治玉米螟在采用释放蛹后期蜂时,持续防效较差。松毛虫赤眼蜂采用混合释放(预蛹期、蛹中期和蛹后期)时,松毛虫赤眼蜂可以在放蜂后的6 d内对田间玉米螟卵块进行寄生,因为所释放的松毛虫赤眼蜂处于不同的发育状态,在放蜂后会分批羽化,因此田

间会持续有新的松毛虫赤眼蜂羽化并进行扩散,从而提高了松毛虫赤眼蜂在田间的持续防效。

## 4 结论

根据本研究结果,建议在使用松毛虫赤眼蜂防治玉米螟时,采用混合多个发育阶段的松毛虫赤眼蜂包装后进行释放的方法,可以显著提升松毛虫赤眼蜂的田间持续防治效果。本研究填补了松毛虫赤眼蜂在田间释放后持续防效方面的研究,可为松毛虫赤眼蜂更好地防治玉米螟提供理论依据和技术支撑。

## 参考文献:

- [1] IQBAL A, CHEN Y M, HOU Y Y, et al. Rearing *Trichogramma ostrinae* on the factitious host *Antheraea pernyi* via multiparasitism with *Trichogramma chilonis* facilitates enhanced biocontrol potential against *Ostrinia furnacalis*[J]. *Biological Control*, 2021, 156: 104567.
- [2] 汤兰. 玉米螟的发生及防治技术[J]. *中国农村小康科技*, 2010(2):47,52.
- [3] 张宏波, 田春晖, 杨雪清, 等. 东北地区亚洲玉米螟危害损失测定模型研究[J]. *玉米科学*, 2018, 26(4):144-149.
- [4] GUEDES R N C, SMAGGHE G, STARK J D, et al. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs[J]. *Annual Review of Entomology*, 2016, 61: 43-62.
- [5] LIU X L, TANG Q L, LI Y D, et al. Widespread resistance of the aphid *Myzus persicae* to pirimicarb across China, and insights on ace2 mutation frequency in this species[J]. *Entomologia Generalis*, 2017, 36(4): 285-299.
- [6] WANG X, XU X, ULLAH F, et al. Comparison of full-length transcriptomes of different imidacloprid-resistant strains of *Rhopalosiphum padi* (L.) [J]. *Entomologia Generalis*, 2021, 41(3): 289-304.
- [7] PIRES PAULA D, LOZANO R E, MENER J P, et al. Identification of point mutations related to pyrethroid resistance in voltage-gated sodium channel genes in *Aphis glycines* [J]. *Entomologia Generalis*, 2021, 41(3): 243-255.
- [8] HOPPIN J A, LEPREVOST C E. Pesticides and human health [M]. *Environmental Pest Management*, 2017: 251-273.
- [9] DESNEUX N, DECOURTYE A, DELPUECH J M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods[J]. *Annual Review of Entomology*, 2007, 52: 81-106.
- [10] JIANG J G, LIU X, ZHANG Z Q, et al. Lethal and sublethal impact of sulfoxaflor on three species of *Trichogramma* parasitoid wasps (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Biological Control*, 2019, 134: 32-37.
- [11] MENAIL A H, BOUTEFNOUCHET-BOUCHEMA W F, HADDAD N, et al. Effects of thiamethoxam and spinosad on the survival and hypopharyngeal glands of the

- African honey bee (*Apis mellifera intermissa*) [J]. *Entomologia Generalis*, 2020, 40(2): 207-215.
- [12] LUO S P, NARANJO S E, WU K M. Biological control of cotton pests in China[J]. *Biological Control*, 2014, 68: 6-14.
- [13] 钱永庆,曹瑞麟,李国柱. 玉米螟赤眼蜂的生物学特性及其利用[J]. *昆虫学报*,1984(3): 287-293.
- [14] DU W M, XU J, HOU Y Y, et al. *Trichogramma* parasitoids can distinguish between fertilized and unfertilized host eggs[J]. *Journal of Pest Science*, 2018, 91(2): 771-780.
- [15] 冯建国. 松毛虫赤眼蜂防治玉米螟的效果及其影响因素[J]. *华东昆虫学报*, 1996(1): 45-50.
- [16] ZANG L S, WANG S, ZHANG F, et al. Biological control with *Trichogramma* in China: history, present status, and perspectives [J]. *Annual Review of Entomology*, 2021, 66: 463-484.
- [17] 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: 136-144.
- [18] WANG Z Y, HE K L, YAN Su. Large-scale augmentative biological control of Asian corn borer using *Trichogramma* in China: a success story[C]// Hoddle M S. *Proceedings of the Second International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Davos, Switzerland, 2005.
- [19] IQBAL A, CHEN Y M, HOU Y Y, et al. Factitious host species impact on the outcome of multiparasitism between egg parasitoids[J]. *Journal of Pest Science*, 2019, 92(3): 1261-1269.
- [20] LI T H, TIAN C Y, ZANG L S, et al. Multiparasitism with *Trichogramma dendrolimi* on egg of Chinese oak silkworm, *Antheraea pernyi*, enhances emergence of *Trichogramma ostrinae* [J]. *Journal of Pest Science*, 2019, 92(2): 707-713.
- [21] 田俊策,王子辰,王国荣,等. 四种赤眼蜂的飞行能力和稻螟赤眼蜂的田间扩散能力评价[J]. *中国生物防治学报*, 2017,33(1):26-31.
- [22] 张芝利,黄融生,朱塘,等. 利用玉米螟赤眼蜂防治玉米螟的研究初报[J]. *昆虫知识*,1979(5):207-210.
- [23] 张俊杰. 水稻二化螟赤眼蜂寄生效果评价及其滞育机制研究[D]. 长春:东北师范大学,2015.
- [24] 何余容,吕利华,庞雄飞. 拟澳洲赤眼蜂和短管赤眼蜂在菜芯地的扩散动态[J]. *昆虫天敌*,2000,22(3):97-101.
- [25] 胡学难,梁广文,庞雄飞. 玉米螟赤眼蜂在甜玉米地寄生率和扩散规律的研究[J]. *昆虫知识*,2003,40(3):224-228.
- [26] 周丽楚,李吉,朱学纯. 赤眼蜂治虫效果与应用技术探讨[J]. *昆虫天敌*,1983(3):150-157.
- [27] 张青文,王立和,杨淑霞,等. 螟黄赤眼蜂在棉田的有效扩散距离及其影响因素的研究[J]. *昆虫学报*,1998,41(S1): 70-77.
- [28] CHAPMAN A V, KUCHAR T P, SCHULTZ P B, et al. Dispersal of *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in potato fields[J]. *Environmental Entomology*, 2009, 38(3): 677-685.
- [29] 冯建国,张勇,陶训,等. 利用松毛虫赤眼蜂防治苹果小卷叶蛾的研究[J]. *生物防治通报*,1989(2):56-59.

## Effects of Wasps-Releasing Methods on Field Control Efficacy of *Trichogramma dendrolimi*

ZHANG Chen, MA Jinchao, LIU Xudong, QI Zhenyang, WANG Yu

(Agricultural College, Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin 132101,China)

**Abstract:** In order to improve the field control effect of *Trichogramma* and reduce the release cost, clarify the effect of wasps-releasing methods on the control efficacy of the *T. dendrolimi* in the field, this study measured the actual control effectiveness of *T. dendrolimi* (Td) under two different release methods (post pupal release, mid pupal release, and post pupal release), six time periods (1—6 days after release), and five distance points (0, 5, 10, 15, 20 and 25 m). When the Td was completely released in the post-pupal stage, the Td only parasitizes the egg masses of ACB at different distances in all directions in the field within three days after the release. The parasitism rate at each distance point decreases with the increase of the release time. At the same release time, the parasitic rate showed a decreasing trend with the increase of distance. When Td was released in mixed developmental stages including the pre-pupal, mid-pupal and post-pupal stages, the wasps could parasitize the egg masses in the field within 6 days after the release. By comparing the effects of two different wasps release methods on the control efficacy, it was found that within two days of releasing Td, there was no significant difference in the field dispersal ability. On the 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> days after releasing Td, the mixed release of the wasps spread better. These results indicated that the mixed release method is suitable for *T. dendrolimi*.

**Keywords:** release method; *Trichogramma dendrolimi*; maize boree; field control effect