马铃薯块茎蛾的交配行为*

马艳粉 李正跃 肖 春** 伍苏然 李 娜 何月秋

(云南农业大学农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室 昆明 650201)

摘 要 在温度为(24±2)℃、光周期为 L:D=14:10、相对湿度为 50%~70%环境条件下观察了马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* (Zeller)交配行为。结果表明,1~2 日龄、3~4 日龄成虫交配高峰期分别发生在进入暗期后的 8.0~10.0 h、6.5~8.0 h 内。两性交配率随日龄的增加显著下降。马铃薯块茎蛾雄成虫具有多次交配能力,在连续发生 2 次以上行为交配时会导致雄蛾有效交配率下降。雄蛾平均有效交配次数可达 3.8 次/头,最高达 6 次。增加雄性比例不会显著提高单雌产卵量,但将性比(♀:♂)由 1:1 升至 2:1 时即可显著降低单雌产卵量。

关键词 马铃薯块茎蛾,交配行为,有效交配率

Mating behavior of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*

MA Yan-Fen LI Zheng-Yue XIAO Chun** WU Su-Ran LI Na HE Yue-Qiu

(Ministry of Education Key Laboratory of Agricultural Biodiversity for Plant Disease Management, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract Mating behavior of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), was investigated under laboratory conditions (24±2) ℃, L:D=14:10, RH (50%—70%). The mating peak of adults from the first to second instar occurred from the 8.0 hour to the end of scotophase, whereas that of adults from the third to the forth instar was from the 6.5 to 8.0 hour after the onset of scotophase. The mating rate of both sexes decreased significantly in successive instars and the effective mating rate decreased significantly when males had mated more than two times. The effective mating frequency of males ranged from 0—6 with an average of 3.8. The number of eggs deposited per female was not significantly increased by increasing the proportion of males in the population and was significantly reduced when the sex ratio (♀:♂) changed from 1:1 to 2:1.

Key words *Phthorimaea operculella*, mating behaviour, effective mating rate

对于两性生殖的昆虫种类而言,两性交配过程是维持其种群繁殖的必要环节(彩万志,2001)。因此,中断这类昆虫的交配过程便成为控制其种群增长的重要手段。例如使用性诱剂大量诱杀雄性或采用迷向法以阻止两性间的通讯联系,或采用雄性不育防治技术等方法均属于上述策略的范畴。这类防治方法对于控制钻蛀性害虫的发生与为害尤为适用(孟宪佐,2000;董双林和杜家纬,2002;王香萍和张钟宁,2004;梁广勤等,2008)。

但是,应用上述技术防治害虫的一个重要前提是必须对害虫的交配行为有深入的了解。例如,两性成虫间的终生可交配次数、性比对两性成虫交配及繁殖能力的影响等(罗礼智等,2003;杨兆芬等,2005;孟玲和李保平,2006;向玉勇和杨茂发,2008)。这些因素是评价性诱剂田间应用效果的重要参数指标(罗礼智等,2003;杨兆芬等,2005;向玉勇和杨茂发,2008)。

马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* (Zeller)是一种寡食性害虫,仅危害烟草、马铃薯等茄科植物。该虫在田间以幼虫钻蛀寄主叶片、嫩梢,影响植株生长。储存期的马铃薯块茎被害时可导致整个薯块被蛀空,失去食用价值(徐树云,1993;Das *et al.*, 2007)。马铃薯块茎蛾性诱剂已在生产中得到了一定应用(Raman, 1982)。为了促进马铃

* 资助项目:国家教委重点科研项目(205145)。

**通讯作者,E-mail: xiaochune@yahoo.cn

收稿日期:2010-02-02,接受日期:2010-08-15

薯块茎蛾性诱剂的高效应用，作者在室内系统观察了马铃薯块茎蛾的交配行为。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源：马铃薯块茎蛾采自云南省宣威市。幼虫以马铃薯块茎饲养，成虫以 10% 蜂蜜水饲养（桂富荣和李正跃，2003）。饲养条件温度（24 ± 2）℃，光周期 L: D = 14: 10，相对湿度为 50% ~ 70%。

1.2 方法

1.2.1 马铃薯块茎蛾交配行为观察 将 10 对 1 日龄成虫配对分别置于指型管（Φ = 2.5 cm，h = 8 cm）中，以 10% 的蜂蜜水为成虫提供营养。进入暗期后借助红色灯光每 30 min 观察一次成虫的交配行为。观察时分别记录每天交配次数、交配起始及持续的时间。持续观察 6 d。4 次重复。

1.2.2 马铃薯块茎蛾有效交配率观察 将部分配对的 1 日龄成虫分别置于指型管（规格同 1.2.1）中，以 10% 的蜂蜜水为成虫提供营养。当观察到雌蛾分别交配 1 次、2 次、3 次时，取出雌蛾置于体视显微镜下解剖、检查雌蛾贮精囊内的精苞数。各处理 10 次重复。

1.2.3 性比对马铃薯块茎蛾雌、雄成虫的交配次数及对雌蛾繁殖的影响 将 1 日龄雌、雄成虫按不同数量比（1: 5、1: 4、1: 3、1: 2、1: 1、2: 1、3: 1、4: 1、5: 1）分别置于指型管（规格同 1.2.1）中，以纱布封口。纱布用滤纸覆盖以便于雌蛾产卵。以 10% 的蜂蜜水为成虫提供营养。每天收集、清点纱布上落卵量。从所有收集的卵粒中随机取 50 粒观察孵化率，3 次重复。待雌虫死亡后于体视显微镜下解剖、检查雌蛾贮精囊中精苞数。每处理 10 次重复。

1.3 数据处理

$$\text{有效交配率}(\%) = \frac{\text{雌蛾体内精苞数}}{\text{行为交配次数}} \times 100。$$

采用单因素方差分析（ANOVA）及 Duncuns 多重比较（SAS8.0）分析不同处理间的显著差异性（$P < 0.05$）。

2 结果与分析

2.1 马铃薯块茎蛾交配行为

行为观察结果表明，不同日龄成虫间的交配节律有明显差异（图 1）。1 ~ 4 日龄成虫的交配发生在进入暗期后的 4.0 ~ 10.0 h，其中 1 ~ 2 日龄成虫的交配高峰期集中在进入暗期后的 8.0 ~ 10.0 h，3 ~ 4 日龄成虫高峰期则集中在进入暗期后的 6.5 ~ 8.0 h 左右。5、6 日龄成虫则在整个暗期均有交配行为发生，但没有明显的高峰期。总的趋势是，随着成虫日龄数增加，交配时间逐渐提前。

从表 1 可以看出，各日龄成虫的交配率随日龄的增加逐渐下降。1 日龄成虫交配率最高，达到 50%，显著高于其它日龄。1 日龄成虫的平均行为交配次数在 1 次以上，随着日龄增加，成虫行为交配次数逐渐下降。从单次行为交配持续时间上看，以 3 日龄成虫交配持续时间最长，达到 206.3 min。

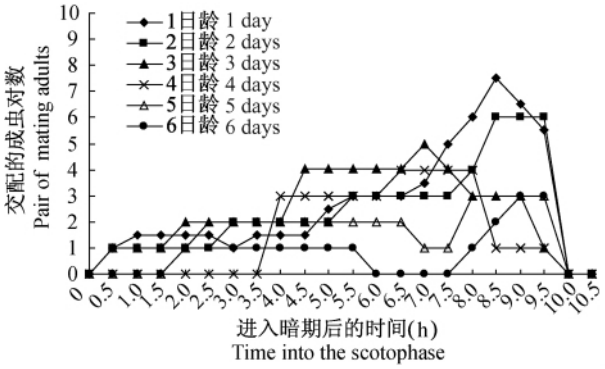


图 1 马铃薯块茎蛾成虫的交配节律

Fig. 1 Changes in mating behavior of *Phthorimaea operculella* of different ages at different time into the scotophas

2.2 马铃薯块茎蛾的有效交配率

由试验结果（表 2）可知，两性成虫发生一次行为交配时雌蛾贮精囊中有一个精苞，但两性间发生 2 次以上行为交配时则雌蛾体内的精苞数低于行为交配次数。这说明雄蛾在发生 2 次以上行为交配时即会存在无效交配。例如在两性间平均行为交配 3 次时有效交配率仅为 80.2%。

2.3 性比对马铃薯块茎蛾雌、雄成虫的交配次数及对雌蛾繁殖的影响

2.3.1 性比对雌蛾的交配次数及繁殖的影响 在雌：雄比从 1: 1 ~ 1: 5 变化范围内，雌虫交配率随雄虫比例的增加而升高，在雌: 雄比达到 1: 3 以上时雌蛾的交配率可以达到 100%。雄性比例的增

加并不会显著提高马铃薯块茎蛾单雌产卵量和卵的孵化率(表 3)。

表 1　马铃薯块茎蛾的交配(♀:♂ =1:1)特征

Table 1　The mating characters of *Phthorimaea operculella* (♀:♂ =1:1)

日龄(d) Ages	交配率(%) Mating frequency	单次行为交配持续时间(min) Mating duration at once	平均行为交配次数 Average behaviral mating times
1	50.0 ± 0.0a	126.7 ± 13.1c	1.2 ± 0.1
2	22.5 ± 6.3b	167.5 ± 5.8b	1.0 ± 0.0
3	15.0 ± 2.9b	206.3 ± 6.3a	1.0 ± 0.0
4	12.5 ± 2.5b	195.0 ± 10.4a	1.0 ± 0.0
5	10.0 ± 2.1b	165.7 ± 12.5b	0.8 ± 0.1
6	10.0 ± 2.1b	82.5 ± 2.5d	0.8 ± 0.1

注:表中数据为平均数 ± 标准误(*SE*),同一列数据中,具有不同字母的数据是经 Duncan 多重比较存在显著差异 ($P < 0.05$)。下表同。

The data in the table are mean ± *SE*, and those followed by different letters in same column are significantly different tested by Duncan's multiple-range test at the 0.05 level. The same below.

表 2　马铃薯块茎蛾成虫的行为交配次数与雄蛾产生精苞数的关系

Table 2　The relationship between the mating number observed and number of spermatophore of *Phthorimaea operculella*

行为交配次数 Behavioral mating times	雌蛾体内精苞数(个) Spermatophor number in female	有效交配率(%) Effective mating rate
1	1.0 ± 0.0c	100.0 ± 0.0a
2	1.8 ± 0.1b	90.0 ± 6.7ab
3	2.4 ± 0.1a	80.2 ± 5.4b

2.3.2　性比对雄蛾的交配次数及对雌蛾繁殖的影响　试验结果证实,在雌:雄比从1:1 ~ 5:1变化范围内,雄虫交配率随雌虫比例的增加而升高,在雌:雄比达到2:1以上时雄蛾的交配率可以达到 100%。马铃薯块茎蛾雄蛾可多次交配,平均有效交配次数可达 3.8 次,最高可达 6 次。随着雄蛾比例的下降以及雄蛾交配次数的增加,雌蛾单雌产卵量会显著下降。试验结果也进一步显示,雄蛾的多次交配不会显著降低卵的孵化率(表 4)。

表 3　性比对马铃薯块茎蛾雌蛾交配次数及繁殖的影响

Table 3　The effect of sex ratio on the mating number and reprodution of female for *Phthorimaea operculella*

♀:♂	雌蛾交配率(%) Mating frequency of female	雌蛾体内的精苞数(个) Spermatophor number in female		单雌产卵量(粒) Deposited eggs per female	卵孵化率(%) Eggs hatching
		数量 Number	波动范围 Range of change		
1:1	80.0 ± 7.8b	1.7 ± 0.3b	0 ~ 3	82.8 ± 12.8	74.7 ± 4.3
1:2	90.0 ± 5.0ab	1.8 ± 0.2b	0 ~ 3	83.5 ± 13.8	75.3 ± 5.8
1:3	100.0 ± 0.0a	2.1 ± 0.2ab	1 ~ 3	88.0 ± 11.7	76.0 ± 6.0
1:4	100.0 ± 0.0a	2.4 ± 0.2a	1 ~ 4	93.5 ± 18.7	80.6 ± 4.9
1:5	100.0 ± 0.0a	2.5 ± 0.3a	1 ~ 4	98.2 ± 20.4	81.0 ± 4.6

3　讨论

在使用性诱剂或者雄性不育技术防治害虫时,必须明确防治对象的交配行为特征,因为雄性的多次交配能力会显著降低上述防治技术的应用效果。

从马铃薯块茎蛾的交配行为可以看出,马铃薯块茎蛾雄蛾具有多次交配能力,平均有效交配次数可达 3.8 次/头。雄蛾的多次交配习性会导致性诱剂实际应用效果的下降。

通常认为,雄蛾交配一次会向雌蛾体内输送一个精苞,也就是说雌蛾体内的精苞数即为雌蛾与雄蛾发生的行为交配次数(罗礼智等,2003;向

玉勇和杨茂发,2008)。但作者的实验结果说明,马铃薯块茎蛾成虫的行为交配次数并不等于雌蛾接受的精苞数,即雄性在发生 2 次以上的交配行为时存在着无效交配现象。这说明应用性诱剂防治仍能取得一定的效果,但前提是在应用性诱剂诱杀雄蛾前需要将害虫种群控制在适当的密度之下。如此方能取得理想的控制效果。也就是说,应用性诱剂防治马铃薯块茎蛾需要与其它相关技术联合使用才能获得满意的效果。

表 4 性比对马铃薯块茎蛾雄蛾交配次数及对雌蛾繁殖的影响

Table 4 The effect of sex ratio on the mating number of male and reprodution of female for *Phthorimaea operculella*

♀:♂	雌蛾交配率(%) Mating frequency of female	雌蛾体内的精苞数(个) Spermatophor number in female		单雌产卵量(粒) Deposited eggs per female	卵孵化率(%) Eggs hatching
		数量 Number	波动范围 Range of change		
1:1	80.0 ± 7.8b	1.7 ± 0.3b	0 ~ 3	82.8 ± 12.8a	74.7 ± 4.3
2:1	100.0 ± 0.0a	2.4 ± 0.3b	1 ~ 5	71.3 ± 6.5b	73.2 ± 3.3
3:1	100.0 ± 0.0a	3.5 ± 0.4a	1 ~ 6	45.4 ± 6.2c	70.0 ± 3.1
4:1	100.0 ± 0.0a	3.6 ± 0.3a	0 ~ 6	39.1 ± 4.1cd	66.7 ± 2.4
5:1	100.0 ± 0.0a	3.8 ± 0.5a	0 ~ 6	32.0 ± 4.4d	63.0 ± 4.4

从本研究试验结果可以看出,马铃薯块茎蛾雄蛾虽然可以多次交配,但适度降低雄性比例可显著减少雌蛾的单雌产卵量。如雌:雄比为3:1时单雌产卵量仅为 45.4 粒,显著低于性比为 1 时的单雌产卵量。这说明应用性诱剂诱杀掉部分雄蛾后不仅能够显著降低雌蛾的交配率,而且可以显著降低雌蛾的单雌产卵量。

参考文献(References)

彩万志,2001. 普通昆虫学. 北京:中国农业大学出版社. 207—208.

Das PD, Raina R, Prasad AR, Sen A, 2007. Electroantennogram responses of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera; Gelichiidae) to plant volatiles. *J. Biosci.*, 32(2): 339—349.

董双林,杜家纬,2002. 甜菜夜蛾性信息素鉴定及应用研究进展. 昆虫知识,39(6):412—416.

桂富荣,李正跃,2003. 用马铃薯人工饲养马铃薯块茎蛾的方法. 昆虫知识,40(2): 187—189.

梁广勤,梁帆,赵菊鹏,邹维权,周庆贤,伍伟亮,吴佳教,胡学难,2008. 桔小实蝇不育技术及应用研究. 广东农业科学,5:60—63.

罗礼智,曹卫菊,钱坤,胡毅,2003. 甜菜夜蛾交配行为和能力. 昆虫学报,46(4):494—499.

孟玲,李保平,2006. 豚草条纹萤叶甲的交配和产卵行为. 昆虫知识,43(6):806—809.

孟宪佐,2000. 我国昆虫信息素研究与应用的进展. 昆虫知识,37(2):75—84.

Raman KV, 1982. Field trials with the sex pheromone of the potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environ. Entomol.*, 11: 367—370.

王香萍,张钟宁,2004. 延迟交配对昆虫生殖行为的影响以及与性信息素防治害虫的关系. 昆虫知识,41(4): 295—298.

向玉勇,杨茂发,2008. 小地老虎的交配行为和能力. 昆虫知识,45(1):50—53.

徐树云,1993. 烟草害虫防治. 郑州:河南科学技术出版社. 202—209.

杨兆芬,许友勤,檀东飞,2005. 细纹豆芫菁交配与繁殖力的关系. 昆虫知识,42 (5):550—553.