

二化螟成虫雄性先羽化现象^{*}

肖丹凤¹ 胡 阳^{2**}

(1. 湖南农业大学生物安全科学技术学院 长沙 410128; 2. 中国水稻研究所 杭州 310006)

A preliminary research on protandry in rice striped stem borer. XIAO Dan-Feng¹, HU Yang^{2**} (1. College of Bio-safety Science & Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China)

Abstract Protandry is defined as males emerging before females and is a common phenomenon among Lepidoptera. Protandry has been considered a strategy to promote reproductive success and may prevent inbreeding depression; generally a heavy cost for many Lepidoptera. The rice striped stem borer, *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae), is an important pest of rice in China. We noticed that males of this species emerged earlier than females. We collected empirical data to determine the period from hatching to adult emergence, also called the immature period. The results show that the immature period of males was 38.8 d but that of females was 40.6 d. Therefore, on average, males emerged 1.8 d earlier than females. In other words, the protandrous period in *C. suppressalis* is 1.8 d. The biological significance of protandry, and the use of sex pheromone traps to detect the occurrence of striped stem borer in field conditions, is discussed.

Key words *Chilo suppressalis*, immature period, protandry, emergence, sex pheromone trap

摘 要 二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 是水稻一种重要的鳞翅目害虫, 作者在室内人工饲养的过程中注意到二化螟的雄虫羽化较雌虫早, 因此对二化螟的雄性先熟现象进行了初步的研究, 结果发现雌雄二化螟从初孵幼虫到成虫羽化阶段的历期平均长度存在显著差异, 雄虫的历期为 38.8 d, 而雌虫的历期为 40.6 d, 即雄虫较雌虫要早 1.8 d 羽化。本文对雄性先熟现象的生物学意义进行了简要讨论, 同时, 就利用性诱方法对二化螟进行监测和防治进行了讨论。

关键词 二化螟, 未成熟历期, 雄性先熟, 羽化, 性诱剂

雄性先熟现象 (protandry) 是指在某个种群中雄性成虫早于雌虫达到性成熟的阶段^[1], 在许多鳞翅目昆虫中, 雄性比雌性羽化和性成熟早的现象比较普遍。例如, 多个蝴蝶种群中存在雄性先熟的现象^[1,2], 在蛾类昆虫中也十分常见。由于这些性成熟早的雄性个体未能将其交配冲动 (mating motivation) 窗口与雌性个体的交配接受 (mating receptivity) 窗口很好配合, 它们的交配机会要少于那些与雌虫交配接受窗口吻合的个体, 因此, 在理论上, 这部分雄虫在整个种群中应该逐渐被淘汰, 然而有许多鳞翅目昆虫依然保留了这种种群性状。关于该现象的进化意义和起源提出了一些假说^[1]。例如, ①防止近亲繁殖假说; ②利用雌虫生殖未成熟

期来消除不合适的雄虫假说; ③减少雌虫在生殖前期的死亡率假说; ④提高早熟雄虫的生殖成功率假说; ⑤成虫最大化繁殖的假说^[2]。

二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 属鳞翅目螟蛾科, 广泛分布于我国水稻产区, 其中常年在长江流域严重发生, 是一种杂食性的钻蛀性害虫, 为我国水稻生产的主要害虫之一, 其幼虫为害水稻, 造成枯鞘、枯心、白穗和虫伤株, 另外二化螟还可危害茭白、玉米、小麦等植物。作者在室内饲养过程中注意到二化螟雄蛾羽化时间

^{*} 资助项目: 中国水稻研究所留学回国人员启动项目/转基因生物新品种培育重大专项课题 (2008ZX08012-04)。

^{**} 通讯作者, E-mail: yanghucnri@gmail.com

收稿日期: 2009-11-10, 修回日期: 2009-12-22

要早于雌蛾,因此本研究拟就二化螟是否也存在雄性先熟现象进行验证,并提供研究的数据,本文还就雄性先熟现象的生物学和农业生产意义展开了简要讨论。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试虫源于 2009 年 3 月采集自中国水稻研究所(富阳)试验基地的越冬稻田,通过在田间剥查越冬稻桩,共采集到 319 头越冬幼虫并带回温室内,并置于一个规格为(1 m × 1 m × 1 m)纱笼内化蛹,纱笼内置 30 ~ 45 日龄的水稻苗供成虫产卵,同时笼内放入 5 mL 10% 的蜂蜜水以补充成虫营养。每日采集有卵块的稻叶放在培养皿中,培养皿内放有保湿用的滤纸。卵块变黑后保存于 10℃ 恒温箱中,然后统一接入人工饲料中饲养,因此试验用虫为室内饲养的第 1 代二化螟。

1.2 幼虫饲养方法

幼虫饲养盒为家用保鲜盒(直径 11 cm,高 6.5 cm),盒盖上凿有直径为 4 cm 的通气口,并用铜纱封口。幼虫饲料为作者实验室研制的人工饲料(待发表)。幼虫饲养于 27℃ 的恒温条件下,盒底 24 h 光照。并在饲养 25 d 时更换一次饲料,同时在养虫盒中放入一个用于幼虫化蛹的纸圈。5 d 后将旧纸圈取出,换入新的纸圈,带有蛹的纸圈放置 2 d 后将纸圈沿孔径撕开,取出蛹。第 40 d 时,检查后放入的第 2 个纸圈,取出所有的蛹。

1.3 蛹的保存条件

将采集到的蛹分雌雄性别,然后分开放置。雌雄蛹分类依据为雌虫第 7、8 腹节具纵裂纹 1 条,雄虫第 8 和第 9 腹节中间凹陷,周围凸起^[3]。性别鉴定后蛹单头保存在 1.5 mL 的离心管中,并置于人工智能培养箱内,人工智能培养箱温度分别为 27℃(光期温度)、21℃(暗期温度),光照设置为 L:D = 14:10,湿度为 80%。

1.4 未成熟历期计算法

每日定时观察蛹的羽化情况,由于二化螟成虫羽化后不久即可交配^[4,5],因此作者将幼

虫孵化期到成虫初羽化所经历的天数视为二化螟的未成熟历期。

1.5 数据处理方法

运用 DPS 软件^[6]进行 *t*-检验以比较雌雄两性未成熟历期长度有无显著性差异。同时运用 Excel 软件对未成熟历期天数及其频次分布进行拟合。

2 结果与分析

作者分别观察到 608 头雌虫和 734 头雄虫的未成熟历期长度。结果发现二化螟雌雄两性的发育历期存在极显著性的差异($P < 0.001$),雄虫的发育历期平均为 38.8 d,雌虫平均为 40.6 d,两者相差 1.8 d(图 1)。

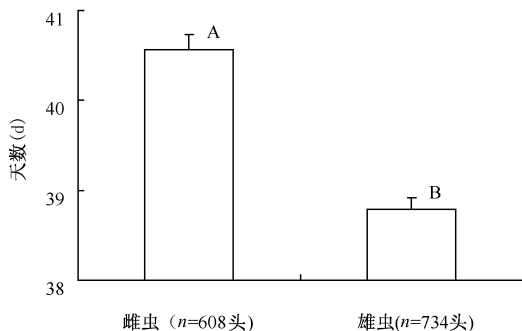


图 1 雌雄二化螟幼虫期和蛹期平均发育历期

注:柱形图中字母不同表示差异达极显著水平, $P < 0.01$

二化螟种群雌雄两性未成熟期的发育历期时间长度均表现出典型的正态分布型(图 2),即大多数个体的发育历期的长短均在平均值周围。雌虫在 36 ~ 42 d 期间有 64% 的羽化,雄虫在 35 ~ 41 d 期间有 76% 的羽化。最早的雄虫仅用了 30 d 就羽化,而较晚的则需要 52 d。最早的雌虫仅用了 33 d 就羽化,而较晚的则需要 52 d。而且雄虫的羽化峰值(图 2 中虚线峰值)高于雌虫的(图 2 中实线峰值)。

3 讨论

室内研究发现二化螟未成熟期发育历期的变幅很大,雌雄成虫的羽化期均可持续三周以上,但羽化峰依然较为明显,在羽化峰前后(约一周的时间内)大约 3/4 的雄虫羽化为成虫,

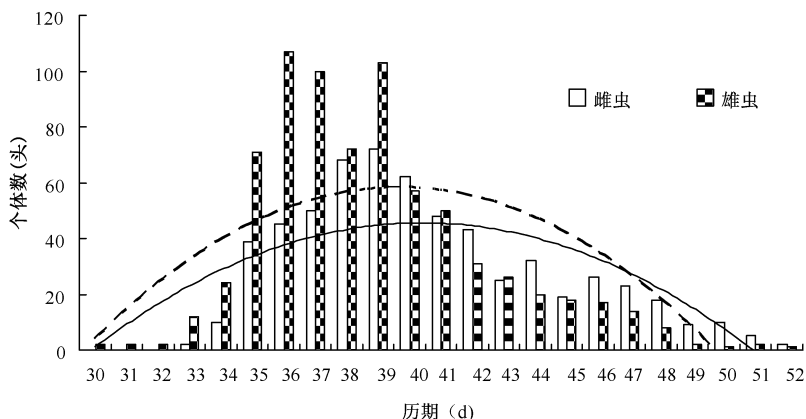


图2 雌雄二化螟未成熟历期及频次分布

有大约 2/3 的雌虫也在一周的时间内羽化。室内观察到羽化期短于田间二化螟成虫的发生期^[7],原因可能有两个,第一,我们只观察了初羽化期,没有观察成虫历期,而田间二化螟成虫的发生期往往还包含了部分成虫历期,第二,室内饲养的幼虫孵化时间较为整齐,一般只相差 1 d 或 2 d,而田间发生的二化螟幼虫孵化时间可能相差 10 d 以上,进而使得田间二化螟成虫发生持续很长的时期。

由于二化螟雌雄成虫均在羽化后不久(通常小于 1 d)即可交配^[4,5],因此幼虫期和蛹期可以视为二化螟的未成熟期。在卵孵化后第 30 d,就有雄性成虫出现,而雌虫直到第 33 d 才开始羽化,即在此 3 d 中并无雌性成虫可以交配。同样的,雄虫羽化量在 36 d 时达到最大值,而雌虫在 39 d 时,才到达最大羽化量,两者也相差 3 d。因此雌雄两性存在着交配窗口的时间差异。

从理论上来说,由于缺乏可交配对象,那些早于雌虫羽化并性成熟的雄虫在经过一定的代数以后会被逐渐的从种群中淘汰,因而雄性早熟的现象在种群中会逐渐消失,然而雄性早熟的现象在昆虫中却十分普遍,从而反证了雄性早熟现象据有一定的生物学功能和进化意义。就二化螟而言,其成虫日龄对雄蛾交配能力的影响较小,而对雌虫却有一定的影响^[8],1 日龄雌蛾交配率为 44%,2~3 日龄雌蛾达到高峰,约 70%,然后急剧下降,7 日龄雌蛾的交配率仅

有 4%;相反,日龄对二化螟雄蛾交配能力的影响较小,6 日龄雄蛾的交配率仍高达 48%。同时,二化螟雄虫存在多次交配的行为,而雌虫一般只有一次交配行为,因此雄虫先羽化后在其等待雌性出现的过程中仍保持有较高的交配能力。反之,雌性先羽化就会大大降低其交配的成功率。因此雄虫先羽化可能是雌雄成虫为了达到繁殖最大化的策略。这个例子中,先羽化的雄虫可以视为随时准备好的供给,而雌虫性成熟时的交配看作一种需求,通过这种机制可以提高整个种群的交配成功率,从而提高整个种群的繁殖成功率^[3]。因此,二化螟的雄性早熟现象可以被认为是雌雄成虫为了最大化繁殖的共同策略。

此外,雄性成虫在等待雌性成虫羽化的时间内,必然发生一定的扩散行为,即离开其羽化地点的机率较高,换言之,早熟的雄虫可以较为有效的避免近亲交配带来的近交衰退(inbreeding depression),近交衰退在许多鳞翅目昆虫中均有报道^[9],例如舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 的近交后代产生 9.1% 不正常的雌虫,同时卵孵化率也大为降低^[10]。总体而言,作者认为前言中提到的第 1 第 3 和第 5 个假说在理论上可以成立,第 4 个假说可以部分成立,而第 2 个假说尚待探讨。

当前,应用性信息素对二化螟进行防治和测报已取得很大进展^[11~13],由于性诱剂只针对雄虫进行诱捕,因此在利用性诱剂进行测报时

应该考虑到雌雄成虫的发生差异,例如在雄性先熟的时期内,在田间设置的性诱剂不会受到雌性二化螟的竞争,可能有着很好的诱集率和诱集数量,而当田间有了雌性二化螟羽化后,由于雌虫的竞争,性诱剂的诱集率可能会下降,因而诱集到雄虫数量可能会比实际数量低一些,对准确的预测雌虫发生期、产卵期和幼虫孵化期有一定的影响。因此了解雄性先熟现象可以更好的指导性诱剂的田间运用和设置。

参 考 文 献

1 Thorhill R. , Alcock J. The Evolution of Insect Mating Systems. Harvard University Press, Cambridge. 1983, 97.

2 Fagerström T. , Wiklund C. Why do males emerge before females? Protandry as a mating strategy in male and female butterflies. *Oecologia (Berl.)* , 1982, **52**:164 ~ 166.

3 郑福山,强承魁,董红霞,等. 二化螟的采集与室内饲养方法. *安徽农业科学*,2009,**37**(17) :7 837 ~ 7 838.

4 孙丽娟,戴华国,衣维贤,等. 二化螟水稻类群与茭白类群成虫羽化节律和交配节律研究. *昆虫知识*, 2002,**39**(6) : 421 ~ 423.

5 Cuong L. , Cohen M. B. Mating and dispersal behaviour of *Scirpophaga incertulas* and *Chilo suppressalis* (Lepidoptera;

Pyrilidae) in relation to resistance management for rice transformed with *Bacillus thuringiensis* toxin genes. *Int. J. Pest Management* , 2003, **49**(4) :275 ~ 279.

6 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析 & 数据挖掘. 北京:科学出版社,2007.

7 杨辅安,韦永保,祝春强. 用二化螟性诱剂代替测报灯进行二化螟发生期预测. *植物保护*,2000, **26**(2) :14 ~ 16.

8 焦晓国,宣维健,盛承发. 水稻二化螟的交配行为. *生态学报*,2006,**26**(4) :1 110 ~ 1 115.

9 Keller L. F. , Waller. D. M. Inbreeding effects in wild populations. *Trends Ecol. Evol.* , 2002, **17**:230 ~ 241.

10 Higashiura Y. , Ishihara M. , Schaefer. P. W. Sex ratio distortion and severe inbreeding depression in the gypsy moth *Lymantria dispar* L. in Hokkaido, Japan. *Heredity* , 1999, **83**:290 ~ 297.

11 姜海平,阚李斌,陈迎春,等. 水稻二化螟性诱剂测报与防治技术研究. 重大农业害虫性诱剂监控技术国际研讨会论文集,桂林 广西,2009,76 ~ 80.

12 将跃培,陈时健. 水稻二化螟性诱剂在测报监测中预警作用显著. 重大农业害虫性诱剂监控技术国际研讨会论文集,桂林 广西,2009,81 ~ 82.

13 张晨光,蒋学辉,楼润忠. 性诱剂防治稻田二化螟诱捕器的田间布局方式初探. 重大农业害虫性诱剂监控技术国际研讨会论文集,桂林 广西,2009,86 ~ 88.