

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.3

浙江金华棉花粉蚧种群的产两性孤雌生殖

赵瑞英, 张美翠, 阮永明*

(浙江师范大学化学与生命科学学院, 浙江金华 321004)

摘要: 棉花粉蚧是近年来入侵我国的重要害虫, 关于该虫在我国的入侵种群的生殖方式缺乏详细研究。本文在室内条件下对棉花粉蚧浙江金华种群的生殖方式进行了观察。结果显示孤雌生殖的棉花粉蚧可以产下雌性和雄性后代。孤雌生殖的棉花粉蚧的产卵前期为 14.8 d, 显著长于两性生殖的 6.9 d; 孤雌生殖的棉花粉蚧所产后代为 348.3 头, 显著少于两性生殖的棉花粉蚧的 494.1 头; 孤雌生殖的棉花粉蚧的雌虫总历期为 57.2 d, 明显长于两性生殖的 32.8 d。但这 2 种生殖方式产下后代的性比差异并不显著, 孤雌生殖的为 1.1, 而两性生殖的为 1.2。该棉花粉蚧种群的生殖方式为兼性产两性孤雌生殖。

关键词: 棉花粉蚧; 生殖方式; 兼性孤雌生殖; 产两性孤雌生殖

中国分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0685-05

A case of facultative deuterotoky in cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Jinhua population under laboratory

ZHAO Rui-Ying, ZHANG Mei-Cui, RUAN Yong-Ming* (College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang Province, China)

Abstract: Cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) has become a serious threat to agricultural crops, particularly cotton in China since 2008. The reproductive mode of *P. solenopsis* remains controversial. This paper investigated patterns of reproductive modes in cotton mealybug of Jinhua population under laboratory condition. The virgin females of cotton mealybug have both male and female offspring. The result showed that the preoviposition period, the number of offspring and life span were significantly different between virgin females and mated females. The preoviposition period of virgin females was 14.8 d, while that of mated females was 6.9 d. The number of offspring of virgin females was 348.3, while that of mated females was 494.1. The average life span of virgin female was 57.2 d, while that of mated female was 32.8 d. There was no significant difference between sex ratio of virgin and mated females. The results showed the reproduction mode of this mealybug is facultative deuterotoky.

Key words: *Phenacoccus solenopsis*; reproductive mode; facultative parthenogenesis; deuterotoky

棉花粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 又称扶桑绵粉蚧, 是近年来入侵我国的重要检疫性害虫。该粉蚧于 1898 年首次在美国发现并命名 (Tinsley, 1898), 在随后的近百年时间里, 作为一

种次要害虫, 国外对其基本没有多少研究。直至 1991 年, 在美国发现该虫危害棉花 (Fuchs *et al.*, 1991)。2005 年印度和巴基斯坦发生, 对棉花造成严重危害 (Abbas *et al.*, 2005; Hodgson *et al.*,

基金项目: 浙江省自然科学基金 (LY15C040002)

作者简介: 赵瑞英, 女, 1990 年生, 硕士生, 研究方向为昆虫生态学, E-mail: 1461847527@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: ruanyim@zjnu.cn

收稿日期 Received: 2016-06-02; 接受日期 Accepted: 2016-07-14

2008)。2008 年,我国首次在广州市的扶桑上发现棉花粉蚧(陆永跃等,2008;武三安和张润志,2009)。我国棉花产区的气候条件适合棉花粉蚧的生存,该粉蚧的主要寄主植物多数在我国有分布。随着分布区域不断扩张,棉花粉蚧具有成为危害我国棉花生产的重要害虫的潜力(王艳平等,2009)。

Franco 等(2009)认为粉蚧类昆虫具有兼性孤雌生殖(facultative parthenogenesis)的能力。Silva 等(2009)首次提出棉花粉蚧只能专性两性生殖的观点。关鑫等(2011)发现在不与雄成虫交配的条件下,雌成虫既不能产生卵囊,也无法产卵,也认为所研究的棉花粉蚧入侵种群生殖方式为两性生殖,而不是孤雌生殖或兼性孤雌生殖。黄芳等(2011)提出棉花粉蚧以两性生殖为主,但也可以通过孤雌生殖进行繁殖。进一步的研究使其修正了观点,认为棉花粉蚧只能进行两性生殖,孤雌生殖无法产生后代(Huang *et al.*, 2013)。因此,目前国内外对棉花粉蚧的生殖方式尚有争议。为明确棉花粉蚧的生殖方式,本研究在实验室条件下,以棉花为寄主,对其孤雌生殖与有性生殖两种生殖方式的产卵前期、产卵量、性比和雌虫总历期等方面进行了较为详细的观察研究。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫及寄主植物

供试昆虫采自浙江省金华市木槿 *Hibiscus syriacus* L. 上,此后在人工气候箱中用棉花作为寄主植物连续饲养 1 年以上。

供试植物为棉花 *Gossypium hirsutum* L., 品种为福棉 2 号(F1)。棉花在人工气候箱内种植,生长期不用任何农药。待其生长至 6 片真叶左右时用于试验。

1.2 孤雌生殖

挑取棉花粉蚧单头雌性若虫(2 龄末期或 3 龄初期)置于棉花叶片上,棉花叶柄放入装有营养液的指形管中,指形管口用脱脂棉包裹。将附有雌性若虫的棉花连同指形管置于培养皿(直径 9 cm)内。培养皿底部放置湿润滤纸保湿,培养皿外面用保鲜膜包裹紧实,保鲜膜上扎孔便于空气流通。然后将培养皿放在人工气候箱中(温度: $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度: $70\% \pm 5\%$, 光照 L:D = 12:12)进行饲养,每天 10:00 观察并记录棉花粉

蚧生长情况。视棉叶和粉蚧发育情况更换营养液和叶片。待培养至成虫后,一旦发现有卵囊形成,将后代移出培养至 2 龄末期,区分出子代雌雄。从雌性后代中随机选取 70 头继续培养,观察其孤雌生殖情况。每代重复 70 头,连续培养 5 代。孤雌生殖的方式通过辨别不与雄成虫交配的雌成虫所产下后代的性别来判断。如果没有后代产生,就表明棉花粉蚧无法进行孤雌生殖;如果只产下雄性后代,说明棉花粉蚧是产雄孤雌生殖(arrhenotoky);如果只产下雌性后代,说明是产雌孤雌生殖(thelytoky);如果产下后代既有雌性,也有雄性,说明是产两性孤雌生殖(deuterotoky)。

1.3 有性生殖

棉花粉蚧的培养条件如上所述,在棉花粉蚧雌成虫羽化 4 d 内,将雄成虫接入与之交配,如雄成虫没有观察到与雌成虫交配就死亡,更换雄成虫直至观察到交配发生。每天观察记录雌成虫产卵情况直至雌成虫死亡。重复 20 次。连续培养 3 代。

1.4 不同生殖方式对雌虫总历期的影响

观察记录棉花粉蚧雌虫的生长情况,待羽化后分 2 种处理,1 种不与雄性交配,另 1 种在羽化 4 d 内,接入雄成虫与之交配。饲养至死亡为止。每种处理各重复 30 次。

1.5 数据处理与统计

采用单因素方差分析(one-way analyze, S-N-K test)检验孤雌生殖与有性生殖两种生殖方式的产卵量、产卵前期、性比和雌虫总历期的显著性差异。采用统计学软件 SPSS 11.0 对以上数据进行单因素方差分析,显著性检验水平平均为 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 孤雌生殖

在不与雄成虫交配的情况下,绝大多数的棉花粉蚧雌成虫没有产下后代就死去。例如:在前 2 代各 70 个重复中,都仅有 1 头雌成虫产下后代,产下后代的概率为 1.4%。在连续 5 代的孤雌条件下,每代均有若干棉花粉蚧雌成虫可以产下雌雄两种性别的后代。这表明:棉花粉蚧可以进行孤雌生殖,且其孤雌生殖是比较少见的产两性孤雌生殖。连续 5 代培养下,观察到能产下雌雄后代的孤雌生殖雌成虫共有 21 头,其产仔量及雌雄性后代数量见表 1。

表 1 棉花粉蚧孤雌生殖情况
Table 1 The parthenogenesis of cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis*

代数 Generation	重复数 Number of observations	不产卵的雌虫 (头) No. of females without offspring	产卵的雌虫 (头) No. of ovipositing females	产仔量 (头) Fecundity (ind.)	后代雌性数量 (头) Female offspring (ind.)	后代雄性数量 (头) Male offspring (ind.)
第一代 1 st gen.	70	69	1	412	223	189
第二代 2 nd gen.	70	69	1	587	298	289
第三代 3 rd gen.	70	67	3	404	184	220
				166	93	73
				500	262	238
				296	146	153
				145	81	64
				301	84	217
				257	120	137
第四代 4 th gen.	70	59	11	470	178	292
				261	118	143
				189	123	66
				459	286	173
				364	235	129
				790	352	338
				240	132	108
第五代 5 th gen.	70	65	5	337	204	133
				386	237	149
				407	229	178
				277	115	162
				305	128	177

2.2 孤雌生殖和两性生殖的比较

在提供雄成虫交配的条件下, 绝大多数的棉花粉蚧雌成虫都可以产下后代 (90% 以上), 没有产下后代的雌成虫极少。这说明, 棉花粉蚧的生殖方式是兼性孤雌生殖, 而且以两性生殖为主。孤雌生殖的棉花粉蚧的产卵前期为 14.8 d, 显著

长于两性生殖的 6.9 d; 孤雌生殖的棉花粉蚧所产后代为 348.3 头, 显著少于两性生殖的棉花粉蚧的 494.1 头; 孤雌生殖的棉花粉蚧的雌虫总历期为 57.2 d, 明显长于两性生殖的 32.8 d。但这 2 种生殖方式产下后代的性比差异并不显著, 孤雌生殖的为 1.1, 而两性生殖的为 1.2。

表 2 棉花粉蚧不同生殖方式的比较
Table 2 Parameters of two reproductive modes of cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis*

生殖方式 Reproductive mode	产卵前期 (d) Preoviposition	产仔量 (头) Fecundity (ind.)	性比 (♂ : ♀) Sex ratio	雌虫总历期 (d) Life span
孤雌生殖 Parthenogenesis	14.8 ± 1.0 a (n = 21)	348.3 ± 25.2 b (n = 21)	1.1 ± 0.1 a (n = 21)	57.2 ± 1.3 a (n = 30)
两性生殖 Gamogenesis	6.9 ± 0.1 b (n = 56)	494.1 ± 40.5 a (n = 54)	1.2 ± 0.1 a (n = 56)	32.8 ± 0.4 b (n = 30)

注: 表中数据为平均值 ± 标准差, 同列字母不相同, 表示处理间在 $P = 0.05$ 水平下的差异性显著。括号内的数值代表样本数。Note: Date in the table are presented as Means ± SD, and those in the same column followed by different letters are significantly different at the 0.05 levels. n = number of observation.

3 结论与讨论

在本试验中,浙江金华孤雌生殖的棉花粉蚧既可以产生雌性后代,也能产生雄性后代。这说明其孤雌生殖类型为产两性孤雌生殖。除了孤雌生殖,棉花粉蚧还能通过有性生殖产生雌雄后代。进一步表明其生殖类型为兼性孤雌生殖。能够孤雌生殖的雌成虫的概率较小,在连续5代的培养中,前2代70个重复仅有1头雌成虫产下后代。孤雌生殖的棉花粉蚧的雌虫历期为57.2 d,这一研究结果与朱艺勇等(2011)的雌虫历期约为47–59 d和Huang等(2013)的雌虫寿命(孤雌条件下)约为65 d的结果基本一致。孤雌生殖的棉花粉蚧的寿命长于两性生殖的棉花粉蚧,这一结果与Huang等(2013)的结果一致,符合“wait and reproduce”的假说,即未受精雌成虫体内会发生卵吸收现象,成虫会吸收卵母细胞的营养物质来延长寿命,度过暂时性的、不利于繁殖的环境。而两性生殖雌成虫由于产生大量后代,消耗了体内大量营养和资源用于产生下一代,导致成虫寿命较短。产两性孤雌生殖是一种很少见的孤雌生殖方式,烟蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 的纽约种群(Nault *et al.*, 2006)和绣球绵蜡蚧 *Pulvinaria hydrangeae* (Nur, 1963)据报道可以产两性孤雌生殖。但其性比决定机制和遗传机制仍缺乏研究。

昆虫的地理种群不同,所采用的生殖方式也可能不同。例如烟蓟马常见的生殖方式为产雌孤雌生殖(Kendall and Capinera, 1990),然而在地中海东部地区,该蓟马是以产雄孤雌生殖为主,而且产雄孤雌生殖可能是这种昆虫的原始生殖方式(Nault *et al.*, 2006)。

外来入侵昆虫棉花粉蚧之所以能够成功入侵并不断向外扩增可能与其孤雌生殖的生殖方式密切相关。Baker(1974)曾提出,在植物中可单亲生殖的种类在新环境中的居留能力要强于自交不亲和或雌雄异株的种类。这个规律可能对昆虫同样适用。也就是说,可进行孤雌生殖的昆虫的入侵定殖能力要比只能进行两性生殖昆虫的强。棉花粉蚧在入侵新环境时,选择孤雌生殖来繁殖后代的可能性更大一些。在生殖对策方面,很多研究表明孤雌生殖特性有利于刚传入种群的定殖(Craig and Mopper, 1993)。孤雌生殖在一定程度上可以解决封闭环境中生物性别比例失衡问题,

比如在海岛上(一般孤雌生殖在岛屿上比在大陆上更常见),由某些因素造成的性别比例失衡会严重影响到种群的繁衍,而通过直接的孤雌生殖可以让种群不致退化和灭绝(Stalker, 1956)。不少昆虫同时使用两性生殖与孤雌生殖两种方式进行繁殖。将孤雌生殖和两性生殖相结合,可以获得最大的生殖利益。棉花粉蚧把孤雌生殖与两性生殖有机地结合起来,既可以在稳定的环境中短时间内迅速繁育个体,又可以在多变的环境中产生适应能力强的两性后代,不仅保证了种群的繁荣,又不因此失去基因重组、丰富基因组多样性的机会,这一生殖策略是其他昆虫无可比拟的(王成业, 2011)。

蚧壳虫在兼性产两性孤雌生殖中有生殖潜能上升的优势,这是因为其性别决定机制容许性比中性比例少于50%(Nur, 1971)。当种群大量繁殖以及性别比例不到50%时,产雄孤雌生殖和产两性孤雌生殖都拥有一个特殊的优势,因为其未受精卵发育为雄性的能力弥补了任何一代中雄性的丢失。蚧壳虫的雄性非常脆弱,雄性的丢失在蚧壳虫中是很常见。Hughes-Schrader(1948)解释了蚧壳虫中孤雌生殖高频发生的原因,他认为孤雌生殖在蚧壳虫中本就应该很常见,这与雄性较短的寿命和脆弱以及雌性和雄性成熟的不同步性有关。

参考文献 (References)

- Abbas G, Arif MJ, Saeed S. Systematic status of a new species of the genus *Phenacoccus* Cockerell (Pseudococcidae), a serious pest of cotton, *Gossypium hirsutum* L., in Pakistan [J]. *Pakistan Entomol.*, 2005, 27: 83–84.
- Baker KB, Cook RJ. Biological Control of Plant Pathogens [M]. San Diego: W. H. Freeman & Co Ltd. 1974.
- Craig TP, Mopper S. Sex ratio variation in sawflies. In: Wagner MR, Raffa KF, eds. Sawfly Life History Adaptations to Woody Plants [M]. San Diego: Academic Press, Inc. 1993, 61–92.
- Franco JC, Zada A, Mendel Z. Novel approaches for the management of mealybug pests. In: Biorational Control of Arthropod Pests [M]. Springer Netherlands, 2009, 233–278.
- Fuchs TW, Stewart JW, Minzenmayer R, *et al.* First record of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in cultivated cotton in the United States [J]. *Southwestern Entomologist*, 1991, 16 (3): 215–221.
- Guan X, Lu YY, Zeng L. Biology of mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley from Guangzhou fed on cotton [J]. *China Cotton*, 2011, 38 (8): 11–13. [关鑫, 陆永跃, 曾玲. 棉花上扶桑绵粉蚧广州种群生物学特性观察 [J]. 中国棉花, 2011, 38 (8): 11

- 13]
- Hodgson C, Abbas G, Arief MJ, *et al.* *Phenacoccus solenopsis*, an invasive mealybug damaging cotton in Pakistan and India, with a discussion on seasonal morphological variation [J]. *Zootaxa*, 2008, 1913: 1-35.
- Hughes - Schrader S. Cytology of Coccids (Coccoidea - Homoptera) [J]. *Advances in Genetic*, 1948, 2: 127-203.
- Huang F, Zhang PJ, Zhang JM, *et al.* Effects of three host plants on the development and reproduction of *Phenacoccus solenopsis* [J]. *Plant Protection*, 2011, 37 (4): 58-62. 黄芳, 张蓬军, 章金明等. 三种寄主植物对扶桑绵粉蚧发育和繁殖的影响 [J]. *植物保护*, 2011, 37 (4): 58-62]
- Huang F, Zhang JM, Zhang PJ, *et al.* Reproduction of the solenopsis mealybug, *Phenacoccus solenopsis*: Males play an important role [J]. *Journal of Insect Science*, 2013, 13 (1): 137-148.
- Kendall DM, Capinera JL. Geographic and temporal variation in the sex ratio of onion thrips [J]. *Southwestern Entomologist*, 1990, 15 (1): 80-88.
- Lu YY, Zeng L, Wang L, *et al.* Precaution of solenopsis mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30 (4): 386-387. 陆永跃, 曾玲, 王琳等. 警惕一种危险性绵粉蚧入侵中国 [J]. *环境昆虫学报*, 2008, 30 (4): 386-387]
- Nur U. Meiotic parthenogenesis and heterochromatization in a soft scale, *Pulvinaria hydrangea* (Coccoidea: Homoptera) [J]. *Chromosoma*, 1963, 14 (2): 123-139.
- Nur U. Parthenogenesis in coccids (Homoptera) [J]. *American Zoologist*, 1971, 11 (2): 301-308.
- Nault BA, Shelton AM, Gangloff - Kaufmann JL, *et al.* Reproductive modes in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) populations from New York onion fields [J]. *Environmental Entomology*, 2006, 35 (5): 1264-1271.
- Silva EB, Mendel Z, Franco JC. Can facultative parthenogenesis occur in biparental mealybug species [J]. *Phytoparasitica*, 2009, 38 (1): 19-21.
- Stalker HD. On the evolution of parthenogenesis in Lonchoptera (Diptera) [J]. *Evolution*, 1956, 345-359.
- Tinsley JD. Notes on Coccidae with descriptions of new species [J]. *The Canadian Entomologist*, 1898, 30 (12): 317-320.
- Wang YP, Wu SA, Zhang RZ. Pest risk analysis of a new invasive pest, *Phenacoccus solenopsis*, to China [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46 (1): 101-106. 王艳平, 武三安, 张润志. 入侵害虫扶桑绵粉蚧在中国的风险分析 [J]. *昆虫知识*, 2009, 46 (1): 101-106]
- Wu SA, Zhang RZ. A new invasive pest, *Phenacoccus solenopsis*, threatening seriously to cotton production [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46 (1): 159-162. 武三安, 张润志. 威胁棉花生产的外来入侵新害虫——扶桑绵粉蚧 [J]. *昆虫知识*, 2009, 46 (1): 159-162]
- Wang CY. Genetic mechanism and evolutionary significance of the origin of parthenogenetic insects [J]. *Zoological Research*, 2011, 32 (6): 689-695. 王成业. 昆虫孤雌生殖起源的遗传机制和进化意义 [J]. *动物学研究*, 2011, 32 (6): 689-695]
- Zhu YY, Huang F, Lv YB. Bionomics of mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2011, 54 (2): 246-252. 朱艺勇, 黄芳, 吕要斌. 扶桑绵粉蚧生物学特性研究 [J]. *昆虫学报*, 2011, 54 (2): 246-252]