

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2018.04.008

广聚萤叶甲成虫产卵行为及其产卵部位的选择性

郭 薇¹, 张 燕^{1,2}, 陈红松^{1,3}, 郭建英¹, 周忠实^{1*}

¹ 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; ² 广西大学农学院, 广 西 南 宁 530004; ³ 广西农业科学院植物保护研究所, 广 西 南 宁 530007

摘要:【目的】明确广聚萤叶甲成虫产卵行为及其产卵部位的选择性。【方法】在室内条件下,对广聚萤叶甲成虫交配及产卵的系列行为、产卵场所选择、不同部位豚草植株叶片叶绿素 b 的含量进行了观察和测定:(1)将 1 对成虫放到养虫笼内的一株豚草上,观察交配时间,记录产卵数量、前后 2 粒卵之间的产卵时间间隔;(2)在均匀分为 5 部分(0~10、11~20、21~30、31~40 和 41~50 cm)的豚草植株上,随机放置 10 对成虫,观察雌虫对于产卵场所的选择。(3)将上述 5 个部位的豚草叶片通过丙酮匀浆法处理,用紫外分光光度计测定其在 645 和 663 nm 的吸光值,计算叶绿素 b 含量。【结果】广聚萤叶甲成虫完成一次成功交配平均需 96.09 min。雌虫一般需 45 min 的时间来寻找其适应的产卵场所,在产卵过程中,成虫习惯将卵产于叶片背面,雌虫喜欢用口器来清理刚产下的卵粒。在一株 50 cm 高的豚草植株上,雌虫喜欢将卵产在植株中部 21~30 cm 和中上部 31~40 cm 的叶片上(从下往上划分)。卵块数量和豚草不同部位叶片叶绿素 b 含量呈显著的正相关性。【结论】广聚萤叶甲成虫喜欢产卵在叶绿素 b 含量较高的叶片背面,可能以视觉识别叶片颜色来选择和定位产卵场所。

关键词: 广聚萤叶甲; 产卵部位; 产卵行为; 叶绿素; 豚草

Oviposition behavior and site selection of *Ophraella communa* adults

GUO Wei¹, ZHANG Yan^{1,2}, CHEN Hongsong^{1,3}, GUO Jianying¹, ZHOU Zhongshi^{1*}

¹ State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; ² College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China;

³ Guangxi Key Laboratory for Biology of Crop Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Guangxi, Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China

Abstract: 【Aim】 The selectivity of sites for laying eggs by *Ophraella communa* females was studied. 【Method】 Under the laboratory conditions, the mating and egg deposition behaviors, including the choice of oviposition sites and the content of chlorophyll b in leaves of *A. artemisiifolia* were recorded. To do so, a pair of adults were placed on a common ragweed plant in a rearing cage and the mating duration, the number of eggs laid, and the time interval between the laying of two eggs were recorded. In addition, 10 pairs of adults were randomly placed on a common ragweed plant which were marked in five sections (0~10, 11~20, 21~30, 31~40 and 41~50 cm) in a cage, the site selection of the female to lay her eggs was recorded, and this experiment was replicated five times. Once completed, to calculate the content of chlorophyll b, the leaves of common ragweed from the five sections were treated with acetone homogenate method, and light absorption values were determined by ultraviolet spectrophotometer at 645 nm and 663 nm. 【Result】 The average mating time was 96.09 min. It took on average 45 minutes for a female to find a suitable place to lay eggs. In the process of laying eggs, females preferred laying eggs on the back of the common ragweed leaves. and used her mouthparts to clean each newly laid egg. In a 50 cm tall common ragweed plant, females preferred to lay their eggs at the height of 21~30 cm or 31~40 cm. There was a significant positive correlation between the number of eggs and the content of chlorophyll b in a given section of the plant. 【Conclusion】 Females of *O. communa* prefer laying eggs on the back of leaves with high chlorophyll b content, and may use visual recognition of leaf color to select and locate egg deposition sites.

收稿日期(Received): 2018-09-11 接受日期(Accepted): 2018-10-28

基金项目: 国家自然科学基金(31672089)

作者简介: 郭薇, 女。研究方向: 昆虫行为学。E-mail: guowei1204@yeah.net

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: zs.zh@126.com

Key words: *Ophraella communa*; oviposition site; oviposition behavior; chlorophyll; *Ambrosia artemisiifolia*

广聚萤叶甲 *Ophraella communa* Lesage 最初分布于北美洲,主要取食豚草属植物(Futuyma & McCafferty, 1990; Palmer & Goeden, 1991; Tamura *et al.*, 2004)。2001 年在我国江苏省南京市郊首次被发现(孟玲和李保平, 2005)。因广聚萤叶甲对豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 抑制作用较好,不少国家和地区已把该叶甲当作一种具有应用潜力的豚草天敌(孟玲等, 2007; Palmer & Goeden, 1991; Yamazaki *et al.*, 2000)。为使广聚萤叶甲在豚草治理中得到更好的应用,前人已开展了相关研究(孟玲和李保平, 2006; Takizawa *et al.*, 1999; Yamazaki *et al.*, 2000)。

一般而言,昆虫通过生理感觉器官(例如视觉、嗅觉和触觉器官)来察觉和寻找其潜在的产卵场所和位置(Bernáth *et al.*, 2008; Krugner *et al.*, 2008; Obonyo *et al.*, 2008)。寄主或场所的定位对于植食性(食草性)昆虫满足自身营养需求和找到适合的产卵场所至关重要(Bruce *et al.*, 2005)。研究表明,昆虫的产卵场所选择、寄主定位,甚至寄主选择可能受到环境或成虫羽化后的经历的影响(Krugner *et al.*, 2008; McCall & Kelly, 2002; McNeelyf & Singerf, 2001; O'Neill *et al.*, 2003),昆虫对产卵场所的选择是为了提高后代长时期的适合度和存活率(Attique *et al.*, 2004; Grundel *et al.*, 1998; Mayhew, 2001),这种行为也是昆虫在长期进化过程中形成的种的固有特性。此外,昆虫交配和产卵节律揭示昆虫的生命特性和行为习性(Quiring, 1994; Saunders, 1982)。昆虫产卵场所选择不仅反映了某种昆虫逃脱恶劣环境的生存策略(如天敌和一些不利的非生物因素),也降低了其后代生存和发育的能量消耗。对昆虫的交配与产卵节律的了解有助于昆虫行为生物和生态学的研究(Quiring, 1994; Saunders, 1982)。

本研究旨在探索广聚萤叶甲在豚草植株上产卵场所的选择性、成虫交配及产卵的一系列行为特性,同时分析不同部位叶片的叶绿素 b 的含量和广聚萤叶甲成虫产卵量的相关性。研究结果为进一步深入研究该叶甲生物学、生态学习性奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验条件

本实验在室内进行。室内保持 27~28 ℃ 的温度、(70±2)% 的相对湿度和 14 L : 10 D 的光照条件。

1.2 供试寄主

从苗圃将豚草幼苗单株移栽到直径为 15 cm 的塑料营养杯内,每隔 3 d 浇一次水,每半月按 N : P : K = 13 : 7 : 15 的比例施一次化肥,以维持植株正常生长。营养杯栽培的豚草苗在无增温和自然光照条件的温室内进行培育,当株高达 50 cm 时,用于实验。

1.3 供试虫源

广聚萤叶甲成虫采自湖南省临湘市,饲养于湖南省农业科学院植物保护研究所另一个无增温和自然光照条件下的温室的豚草植株上。将广聚萤叶甲蛹从温室豚草植株上剪下,放入规格为 19 cm×12 cm×6 cm 的透明塑料养虫盒内,并置于 25~26 ℃ 的实验室内进行饲养。成虫羽化后,将初羽化的雌雄虫分别饲养于规格为 40 cm×40 cm×60 cm 的养虫笼内,每养虫笼放入 1 株豚草苗供成虫取食,每笼接入成虫数为 20 头。取羽化 2 d 的成虫用于实验。

1.4 广聚萤叶甲成虫产卵行为

将 1 对成虫放到养虫笼(60 cm×60 cm×80 cm)内的一株豚草上,记录产卵数量、前后 2 粒卵之间的产卵时间间隔,逐日摘除卵块,直至雌虫死亡。如果雄虫先死亡,则补充 1 头新雄虫。此外,记录雌虫在产卵过程中的一系列行为反应。实验设 20 次重复。

1.5 广聚萤叶甲产卵场所的选择性

将 50 cm 高的豚草植株从下到上均匀划分为 5 部分:0~10、11~20、21~30、31~40 和 41~50 cm,把 10 对成虫随机放到一株豚草上,然后将带成虫的单株豚草放入养虫笼(60 cm×60 cm×80 cm)中,并置于 27~28 ℃ 的室内条件下进行观察,实验设 20 次重复。放入成虫 1 d 后,逐日观察记录植株各部位的卵块数量,持续观察 5 d。

1.6 豚草植株不同部位叶片叶绿素 b 的含量

随机摘取上述 5 个部位的叶片,每部位采 4 张新鲜叶片。将摘下的叶片剪碎放到玻璃研钵内,加入 2 mL 的 80% 丙酮研磨成匀浆。将匀浆置于 5 ℃ 的黑暗条件下提取 6 h,过滤后将提取液在波长为 645 和 663 nm (U-3110 紫外分光光度计, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan) 的入射光测定相应的吸光度。叶绿素 b (chl b) 的计算公式: $chl\ b = (22.9A_{645} - 4.68A_{663}) \times 0.10$, 式中, A_{645} 和 A_{663} 为提取液的吸光度。

1.7 数据分析

将数据进行正态和同方差性检验,不呈正态分布的数据进行反正弦平方根或对数转换。不同处理之间的数据经单因素(ANOVA)多重比较进行差异显著性分析($P\leq0.05$),通过最小差异法(LSD)比较各处理间平均数的差异程度。同时,将各部位产卵数量和叶绿素 b 含量之间的线性相关回归分析。

2 结果与分析

2.1 广聚萤叶甲的交配和产卵行为

广聚萤叶甲的交配行为按时间顺序可分为交配前、交配和交配后。交配前:雌雄相遇后,雄虫伺机爬到雌虫的背部,雌虫有时会拒绝交配,但被挣脱的雄虫会再次爬到雌虫背上,直至雌虫愿意交配为止。交配:雄虫把握雌虫,曲腹从腹末伸出阳具插入雌虫生殖腔,交配时雌虫原地取食不动或在叶片间到处游走,在交配期间雄虫有时会用触角不停地拍打雌虫。交配后:雄虫一般会在雌虫背上停留片刻,之后雌雄虫分开各自取食。

一次完整交配的平均持续时间为 96.09 min,多数成虫交配时间在 70~120 min 之间。进入产卵期的雌虫在枝叶间不停地走动,以口器试探叶片表面来寻找适宜的产卵场所,搜寻过程一般在 45 min 以上。找到适宜产卵场所后,从口器中分泌粘液于叶表,然后将卵产在粘液上,成虫有转身用口器整理刚产下卵粒的习性。卵块多聚集成一丛或成簇排列。前后 2 粒卵的产卵时间间隔多为 1~2 s(表 1)。

表 1 广聚萤叶甲前后 2 粒卵的产卵时间间隔
Table 1 Mean time interval between two eggs being by a *O. communa* female

时间 Time span/s	产卵数量/粒 No. of eggs	百分率 Percentage/%
<1.0	1	1.4
1.0~1.1	7	10.0
1.2~1.3	33	47.1
1.4~2.0	12	17.2
>2.0	17	24.3

2.2 广聚萤叶甲产卵场所的选择

广聚萤叶甲成虫在豚草植株上对产卵场所的选择存在很大差异($df=4$, $F=122.85$, $P<0.0001$)。一株 50 cm 的豚草从下往上划分,成虫更喜欢选择中部(21~30 cm)和中上部(31~40 cm)的叶片产卵,其卵块数量明显高于其他部位(图 1)。叶片背面的着卵率占 88.6%,远远大于叶片正面(11.4%)。

2.3 豚草不同部位叶片叶绿素 b 的含量

经测定,豚草(50 cm 高)植株中下部(11~20 cm)、中部(21~30 cm)和中上部(31~40 cm)叶片的叶绿素 b 的含量高于下部(0~10 cm)和上部(41~50 cm)叶片($df=4$, $F=1.91$, $P=0.1479$)。经线性回归分析,发现不同部位叶绿素 b 的含量与着卵量之间均呈显著正相关(图 2),回归方程为: $y=82.91x-30.88$ ($R^2_{0.01}=0.6084$, $R^2=0.9849^{**}$)。

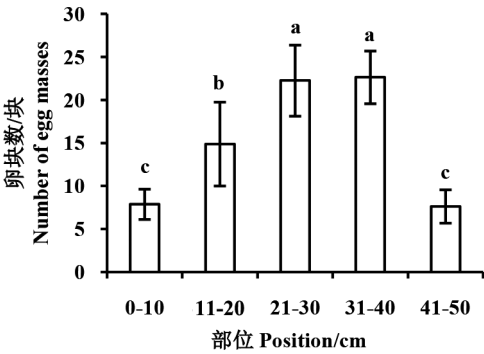


图 1 广聚萤叶甲在豚草上对产卵场所的选择性

Fig.1 Mean number of eggs laid per section of *A. artemisiifolia* by *O. communa* female

图中数据为平均值±标准误,不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

Data are means±SE. Different letters indicate significant

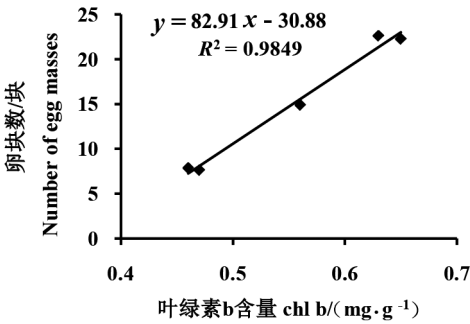


图 2 广聚萤叶甲产卵量和豚草叶片的叶绿素 b 含量的线性回归分析

Fig.2 The linear relationship between the number of egg masses and the content of chlorophyll b in the leaves of *A. artemisiifolia*

3 讨论

昆虫的交配和产卵行为往往可以反映昆虫种的行为特性(Heard *et al.*, 1999; Quiring, 1994)。本研究发现,成虫更喜欢将卵产于叶片背面,这与孟玲和李保平(2006)的研究结果一致。然而,孟玲和李保平(2006)的研究结果表明,成虫完成一次正常的交配平均需 38.12 min,而本研究发现成虫完成一次交配的平均历时 96.09 min,差异较大。

早期研究表明,寄主叶片颜色可影响昆虫对产

卵寄主和产卵场所的选择 (Held & Potter, 2004; Khan, 2006; Loughrin *et al.*, 1995)。因此, 昆虫对产卵部位的偏爱和选择可能与寄主叶片的一些色素含量存在一定相关性。本研究发现, 广聚萤叶甲喜欢将卵产于中部和中上部叶, 经测定这 2 个部位叶片叶绿素 b 的含量相对较高。不同部位叶片上的着卵量与叶绿素 b 的含量之间呈显著的正相关性, 这一结果支持了昆虫可以通过识别叶片颜色而选择和确定产卵场所的假说。通过本实验可推测广聚萤叶甲可能以视觉识别叶片颜色来选择和定位产卵场所, 其具体原因仍待进一步研究。

参考文献

- 孟玲, 李保平, 2005. 新近传入我国大陆取食豚草的广聚萤叶甲. 中国生物防治, 21(2): 65-69.
- 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.
- 孟玲, 徐军, 李海波, 2007. 外来广聚萤叶甲在我国的扩散及生活史特征. 中国生物防治, 23(1): 5-10.
- ALONSO-PIMENTEL H, PAPA J D R, 1999. Resource presence and operational sex ratio as determinants of copulation duration in the fly *Rhagoletis juglandis*. *Animal Behaviour*, 57: 1063-1069.
- BERNÁTH B, HORVÁTH G, GÁL J, FEKETE G, MEYER-ROCHOW V B, 2008. Polarized light and oviposition site selection in the yellow fever mosquito: no evidence for positive polarotaxis in *Aedes aegypti*. *Vision Research*, 48: 1449-1455.
- BRUCE T J A, WADHAMS L J, WOODCOCK C M, 2005. Insect host location: a volatile situation. *Trends in Plant Science*, 10: 269-274.
- FUTUYMA D J, MCCAFFERTY S S, 1990. Phylogeny and the evolution of host plant associations in the leaf beetle genus *Ophraella* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Evolution*, 44: 1885-1913.
- GRUNDEL R, PAVLOVIC N B, SULZMAN C L, 1998. Habitat use by the endangered Karner blue butterfly in oak woodlands: the influence of canopy cover. *Biological Conservation*, 85: 47-53.
- HEARD T A, BURCHER J A, FORNO I W, 1999. *Chalcoder-*
mus serripes (Coleoptera: Curculionidae) for biological control of *Mimosa pigra*: host relations and life cycle. *Biological Control*, 15: 1-9.
- HELD D W, POTTER D A, 2004. Floral characteristics affect susceptibility of hybrid tea roses, *Rosa × hybrida*, to Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 353-360.
- KHAN Z R, MIDEGA C A O, HUTTER N J, WILKINS R M, WADHAMS L J, 2006. Assessment of the potential of *Napier grass* (Pennisetum purpureum) varieties as trap plants for management of *Chilo partellus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 119: 15-22.
- LOUGHRIN J H, POTTER D A, HAMILTON-KEMP T R, 1995. Volatile compounds induced by herbivory act as aggregation kairomones for the Japanese beetle (*Popillia japonica* Newman). *Journal of Chemical Ecology*, 21: 1457-1467.
- MCCALL P J, KELLY D W, 2002. Learning and memory in disease vectors. *Trends in Parasitology*, 18: 429-433.
- MCNEELY C, SINGER M C, 2001. Contrasting the roles of learning in butterflies foraging for nectar and oviposition sites. *Animal Behaviour*, 61: 847-852.
- O'NEILL K M, OLSON B E, ROLSTON M G, WALLANDER R, LARSON D P, SEIBER C E, 2003. Effects of livestock grazing on rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) abundance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 97: 51-64.
- PALMER W A, GOEDEN R D, 1991. The host range of *Ophraella communa* Lesage (Coleoptera: Chrysomelidae). *Coleopterists Bulletin*, 45: 115-120.
- QUIRING D T, 1994. Diel activity pattern of a nocturnal moth, *Zeiraphera canadensis*, in nature. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 73: 111-120.
- SAUNDERS D S, 1982. *Insect clock*. Oxford: Pergamon Press.
- YAMAZAKI K, IMAI C, NATUHARA Y, 2000. Rapid population growth and food-plant exploitation pattern in an exotic leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in western Japan. *Applied Entomological Zoology*, 35: 215-223.

(责任编辑: 郭莹)