

环境颜色对七星瓢虫产卵的影响

肖 达¹, 郭晓军¹, 张 帆¹, 唐 硕², 刘 昊², 张黎霞², 王 甦^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097; 2. 北京市中山公园, 北京 100031)

摘要: 环境颜色作为一种物理信号会影响昆虫的繁殖行为, 进而影响其种群结构和动态。本试验在室内条件下研究了重要捕食性天敌七星瓢虫在不同颜色环境条件下的产卵习性和生殖力。结果表明, 与对照组(无颜色)(453.30 粒)相比七星瓢虫在红色(620.67 粒)环境中产卵量显著提高。七星瓢虫在不同颜色环境中卵的孵化率均在 80%左右, 且与对照组无显著性差异。此外, 七星瓢虫可以在纸质的产卵载体(圆锥形纸筒)中产卵。在红、蓝、黄和绿色的产卵载体中产卵量分别为 223.67、269.33、199.00 和 137.67 粒, 均显著高于对照组(66.33 粒)。本研究结果对利用特殊环境条件提高七星瓢虫大规模饲养效率以及卵的收集效率提供一定的理论基础。

关 键 词: 七星瓢虫; 生殖力; 环境颜色

中图分类号: S476.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2017)01-0044-05

The Effect of Environmental Color on Fecundity of Seven Spot Ladybird Beetle *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)

XIAO Da¹, GUO Xiaojun¹, ZHANG Fan¹, TANG Shuo², LIU Hao², ZHANG Lixia², WANG Su^{1*}

(1. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Science, Beijing 100097, China;

2. Beijing Zhongshan Park, Beijing 100031, China)

Abstract: Environment color as a physical signal may affect the reproductive behavior of insects, further affecting their population structure and dynamics. In the present study, we investigated the spawning habits and fecundity of the important predator, the seven spot ladybird beetle (*Coccinella septempunctata*), under different environmental colors in laboratory conditions. The results showed that *C. septempunctata* tend to lay eggs in red environment and fecundity (620.67) was significantly increased as compared with the control (453.30). The egg hatching rate of *C. septempunctata* was about 80%, and showed no significant difference from the control. In addition, *C. septempunctata* laid eggs on paper (conical paper tube). The eggs oviposited on red (223.67), blue (269.33), yellow (199.00) and green (137.67) were significantly higher than the control (66.33). The results of our study provide some experimental evidence on the use of special environmental conditions to improve efficiency of ladybird mass rearing and egg collection.

Key words: *Coccinella septempunctata*; fecundity; environmental color

害虫防治是农林生产中的一个关键环节, 化学杀虫剂的使用在过去很长的一段时间内发挥了至关重要的作用, 有效地控制了害虫对农林业的危害, 但是杀虫剂的不合理使用也带来了许多负面影响, 如“3R”问题、生态平衡、环境污染以及食品安全等重大问题^[1]。生物防治具有高效且对环境友好等优点, 一直受到广泛重视^[2]。捕食性瓢虫作为优秀的生物防治天敌在现代农业生产中发挥着重要作用^[3]。

收稿日期: 2016-06-02

基金项目: 国家“973”计划(2013CB127600); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-31-2-2); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJ CX20140101); 北京市公园管理中心科研项目

作者简介: 肖达, 博士, E-mail: xd@cau.edu.cn; *通信作者, 副研究员, E-mail: wangsus@baafs.net.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2017.01.007

七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus 属于鞘翅目 Coleoptera, 瓢虫科 Coccinellidae, 在我国各地均有分布, 是小麦、棉花、油料和蔬菜等主要作物上蚜虫的重要捕食性天敌^[4,5]。七星瓢虫对叶螨和介壳虫等重要害虫也具有很强的捕食能力, 广泛应用于农业生产中。21 世纪是绿色农业蓬勃发展的阶段, 在绿色农产品的生产中, 以七星瓢虫为主的生物防治技术受到高度关注。研究人员已经对七星瓢虫的生活习性、人工饲料、滞育机制以及对杀虫药剂的敏感性展开广泛的研究^[6-10]。

在近一个世纪的应用过程中, 捕食性瓢虫已经广泛应用于各主要农业产区, 并且在当地发挥了极为显著的生物防治作用^[11]。随着天敌瓢虫开发应用的不断深入, 研究人员开始研究瓢虫科物种生物学、生理学以及种群变化等方面。其中, 伴随生物防治商业化应用程度的提高, 关于捕食性瓢虫生长发育、种群大规模繁殖以及应用安全性等方面的研究已经成为新的研究热点^[6]。前期研究表明, 光环境是影响瓢虫生长发育的因素之一, 环境光周期变化会对瓢虫生长发育和繁殖活动产生显著影响^[12]。本研究在室内条件下, 研究不同环境颜色下七星瓢虫的产卵习性和产卵量, 以明确环境颜色对七星瓢虫生殖力的影响, 这对七星瓢虫的规模化饲养以及充分发挥其在害虫生物防治中的作用具有重要的实践意义。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫与饲养

七星瓢虫为北京市农林科学院植物保护环境保护研究所饲养。以豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* Matsumura 为食物对七星瓢虫试验种群进行扩繁。具体流程如下: 种植蚕豆苗对豌豆修尾蚜进行扩繁, 待豌豆修尾蚜种群扩繁到适宜的密度时将其放入养虫笼 (50 cm×45 cm×45 cm, 尼龙网: 120 目) 中, 随后接入七星瓢虫的初孵幼虫。放置于 (25±1) °C, 相对湿度 (70±5) %, 光周期 16L:8D 下饲养^[13]。

1.2 供试材料

不同颜色 (红、黄、蓝、绿) 的玻璃烧杯 (高: 11.8 cm; 直径: 10.7 cm) 的制作: 将玻璃烧杯 (400 mL) 的底部和外围分别用红、黄、蓝、绿的 A4 办公彩纸包裹, 上端开口处覆盖封口膜, 并用解剖针扎取若干通风口。然后覆盖相同颜色的彩纸, 即形成不同颜色的玻璃杯。

用不同颜色的彩纸 (红、黄、蓝、绿、白) 做成圆锥形纸筒 (高: 7 cm, 直径: 2.5 cm)。制作流程如下: 将 A4 彩纸裁剪成直径为 15 cm 的圆形, 然后将得到的圆形纸片按 4 等份的比例裁剪, 即可得到半径为 7.5 cm, 圆心角度为 90 度的扇形。将扇形的两边对折至锥形体直径为 2.5 cm 左右将其用固体胶粘合, 即可得到高为 7 cm, 底面直径为 2.5 cm 的圆锥形纸筒。

1.3 不同环境颜色对七星瓢虫生殖力的影响

选取 5 日龄的七星瓢虫成虫, 将其雌雄配对后放入不同颜色的玻璃烧杯中, 同时放入带有豌豆修尾蚜 (约 150 头) 的豌豆叶片。玻璃烧杯上端用保鲜膜封口, 保鲜膜上面有若干小孔透气。然后将样本放入人工气候室中饲养 (温度 25 °C, 相对湿度 75%, 光照周期 16L:8D, 光照强度 3000 lx)。每 24 h 观察并记录七星瓢虫的产卵量, 同时更换新的带有豌豆修尾蚜的豌豆叶片。每个颜色进行 3 次重复, 每个重复 3 对瓢虫。自产卵开始, 连续观察并记录 15 d 的产卵量。

1.4 不同环境颜色对七星瓢虫卵孵化率的影响

为了研究不同环境颜色中七星瓢虫卵的孵化率, 在七星瓢虫产卵高峰期 (开始产卵后 5 d 左右) 取卵, 72 h 后观察并记录卵的孵化数, 计算孵化率, 每个颜色进行 3 次重复, 每个重复取 3 个卵块 (平均在 60 粒左右)。

1.5 不同颜色产卵载体对七星瓢虫产卵的诱集效果

选取 5 日龄的七星瓢虫的成虫, 将其雌雄配对后放入塑料养虫盒 (长: 17.4 cm; 宽: 10.8 cm; 高: 10.2 cm), 每盒放入 10 对七星瓢虫。同时在塑料盒中放入不同颜色的产卵载体 (圆锥形纸筒), 每种颜色的圆锥形纸筒各放一个, 随后放入带有豌豆修尾蚜 (约 500 头) 的豌豆叶片。然后将样本放入人工气候室中饲养 (温度 25 °C, 相对湿度 75%, 光照周期 16L:8D, 光照强度 3000 lx)。每 24 h 更换 1 次圆锥形纸筒并记录七星瓢虫的产卵量, 同时更换新的带有豌豆修尾蚜的豌豆叶片。每个颜色进行 3 次生物学重复, 每个重复 10 对瓢虫。自产卵开始, 连续观察并记录 10 d 的产卵量。

1.6 数据统计与分析

利用统计软件 SPSS 17.0 对各试验所得观测值进行统计分析, 获得平均值及标准误。对不同环境颜色(产卵载体)中七星瓢虫的产卵量和孵化率的差异统计分析采用 One-way ANOVA Tukey's HSD 方法(Poly Software International, Pearl River, NY, USA)。

2 结果与分析

2.1 不同环境颜色对七星瓢虫产卵量的影响

七星瓢虫在对照(无颜色)和供试的 4 种颜色玻璃烧杯中的累积产卵量产生显著差异($F=13.62$, $P<0.05$)。3 对七星瓢虫在红色玻璃烧杯内的累积产卵量(620.67 粒)相比对照(453.30 粒)显著提高了 36.92%。蓝色和绿色玻璃烧杯内的累积产卵量分别为 517.00 和 377.33 粒, 均与对照组无显著性差异。七星瓢虫在黄色玻璃烧杯内的产卵量(344.30 粒)显著低于对照组(453.30 粒)(图 1)。

2.2 不同环境颜色对七星瓢虫卵孵化率的影响

七星瓢虫在红色玻璃烧杯的产卵量显著高于对照组和其他颜色。为了确认产卵量增加的有效性, 测定了不同环境颜色条件下, 七星瓢虫卵的孵化率。七星瓢虫在对照(无颜色)和供试的 4 种颜色玻璃烧杯内卵的孵化率无显著差异($F=0.2019$, $P=0.9334$), 均在 80%左右(图 2)。

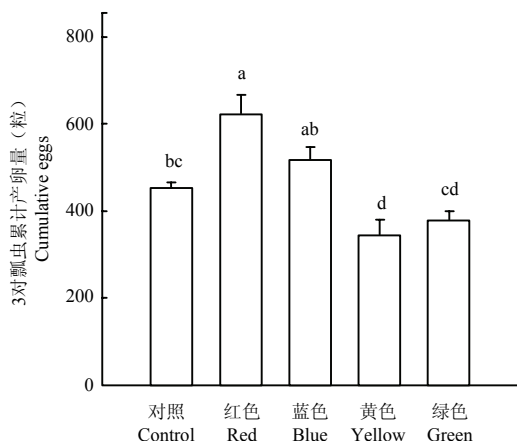


图 1 不同环境颜色对七星瓢虫产卵量的影响

Fig. 1 The effect of environmental color on fecundity of *C. septempunctata*

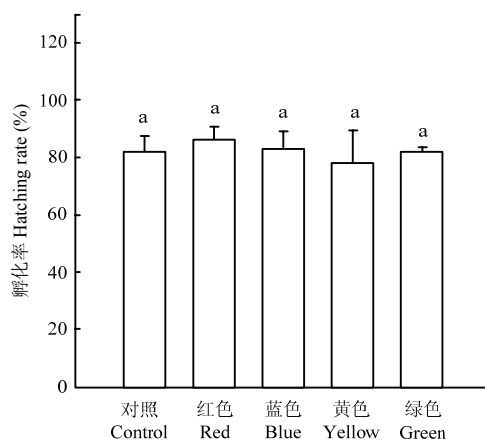


图 2 不同环境颜色对七星瓢虫卵孵化率的影响

Fig. 2 The effect of environmental color on hatching rate of *C. septempunctata*

2.3 不同颜色载体对七星瓢虫产卵的诱集效果

七星瓢虫在对照(豌豆叶片)和供试的 5 种颜色圆锥形纸筒中的累积产卵量存在显著差异($F=130.62$, $P<0.01$)。与对照组(无颜色, 仅放入豌豆叶片)(66.33 粒)相比, 七星瓢虫在蓝色圆锥形纸筒内的累积产卵量(269.33 粒)最高, 为对照的 4.06 倍。其次为红色圆锥形纸筒(223.67 粒), 为对照的 3.37 倍。七星瓢虫在蓝色和红色圆锥形纸筒内的累积产卵量无显著性差异。七星瓢虫也倾向于在黄色和绿色的圆锥形纸筒内产卵, 累积产卵量分别为 199.00 和 137.67 粒, 均显著高于对照。相比以上 4 种颜色的圆锥形纸筒, 七星瓢虫在白色圆锥形纸筒内的累计产卵量最少(46.00 粒), 且与对照无显著性差异(图 3)。

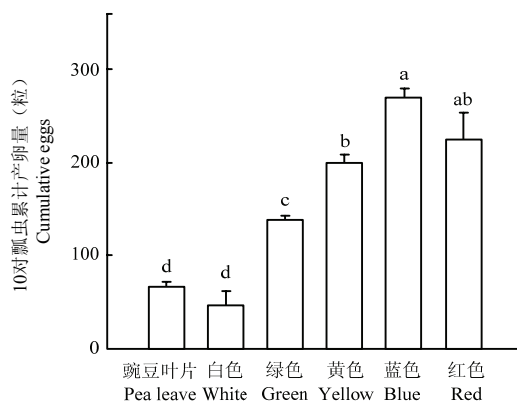


图 3 不同颜色圆锥形纸筒产卵载体对七星瓢虫产卵的诱集效果

Fig. 3 The attractive effect of different color tapered cylinder on the fecundity of *C. septempunctata*

3 讨论

产卵是昆虫发育过程中重要的环节,对于后代的繁衍起着至关重要的作用。雌性昆虫对产卵环境的选择可以受到化学信号和物理信号的影响^[14]。昆虫生活环境的颜色作为一种物理信号也会影响昆虫的产卵。目前,对光环境,特别是环境颜色对人工饲养瓢虫繁殖效益影响的研究却鲜有报道^[6]。本试验在室内条件下对七星瓢虫在不同颜色环境条件下产卵习性和生殖力进行研究。结果表明,七星瓢虫倾向在红色和蓝色的环境中产卵且生殖力提高。

本试验的结果显示,在红色的环境条件下七星瓢虫产卵量显著增加(图 1)。这表明红色环境能提高七星瓢虫的产能效率,增加产卵量。这与王甦等^[6]对异色瓢虫研究认为蓝光条件下能提高母代异色瓢虫的繁殖效率相似。为了明确七星瓢虫在红色条件下产卵量提高的有效性,对在不同颜色环境中七星瓢虫卵的孵化率进行比较,结果显示不同颜色环境中七星瓢虫卵的孵化率均在 80%左右,且不存在显著性差异。

大部分昆虫均具有复眼结构,昆虫用这些复眼能够敏锐地察觉到颜色环境条件的改变^[15,16]。鞘翅目瓢虫科昆虫的复眼多为黑色^[17,18],这有利于其能敏感地感受到光环境的变化^[6]。有研究发现在捕食猎物时瓢虫能在不同颜色背景中迅速分辨出不同体色的蚜虫,这说明瓢虫具有发达的颜色感受器^[19]。本研究结果表明,红色或蓝色环境下,七星瓢虫的产卵量有所提高。因此在七星瓢虫的大规模饲养中可以优先考虑在红色或蓝色环境下集中饲养成虫来提高繁殖效率,以期提高产能。这种依靠改变光环境条件的饲养方法可以提高七星瓢虫室内大规模饲养的产能效率^[6]。

瓢虫喜好在洁净和隐蔽的场所产卵以保护子代^[20]。本试验中设计的圆锥形纸筒能满足瓢虫对隐蔽产卵环境的要求。本研究结果表明,七星瓢虫可以在纸质的产卵载体(圆锥形纸筒)中产卵。且在红、蓝、黄和绿色的产卵载体中产卵量显著高于对照组。该结果与滕树兵和徐志强^[21]报道异色瓢虫在蚕豆叶片和甘蓝叶片上的产卵量与纸片的差异不显著是相似的。瓢虫具有发达的颜色感受器,能迅速在不同颜色的锥形纸筒中分辨出其更倾向的颜色并在该颜色纸筒内产卵。试验结果表明,七星瓢虫在蓝、红和黄色锥形纸筒内的产卵量显著高于绿色、白色以及豌豆叶片上的产卵量。这说明环境颜色可以影响七星瓢虫的产卵习性。由于黄色能吸引蚜虫,瓢虫喜好把卵产在蚜虫多的地方,便于子代孵化后提供丰富的食物资源。施伟等^[22]研究发现,橘小实蝇雌成虫比较喜欢在黄色形状象橘子的诱捕器周围徘徊,对黄色软芒果表现出较强的正趋性。上述产卵载体(圆锥形纸筒)诱集七星瓢虫产卵的结果进一步说明,纸质的产卵载体可以用于在瓢虫工厂化生产中对卵的收集过程。

近年来,七星瓢虫在防治农业和林业害虫中发挥越来越重要的作用。国内外学者针对瓢虫人工饲养的理想条件都进行了大量研究^[17]。关于有益瓢虫的饲养、繁殖和人工饲料等都在不同程度上得到了解决。目前七星瓢虫工厂化生产中存在的一个主要问题就是取卵问题。人工饲养的七星瓢虫成虫倾向于将卵产在植物叶片或养虫笼的侧壁上,因为七星瓢虫的卵较小且卵壳很薄,略加擦碰就会破损,这样造成很大收集困难^[23]。本试验研究结果,可以更好地为瓢虫卵的商品化和提高瓢虫产能效率提供强有力的理论依据和方法途径,能更好地促进瓢虫工厂化的建设。对于七星瓢虫倾向于在红色和蓝色环境条件下产卵且产卵量提高的机制还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 唐良德,邱宝利,任顺祥.天敌昆虫抗药性研究进展[J].应用昆虫学报,2014,51(1):13-25.
- [2] 陈学新,任顺祥,张帆,等.天敌昆虫控害机制与可持续利用[J].应用昆虫学报,2013,50(1):9-18.
- [3] 杨帆,王倩,陆宴辉,等.瓢虫的集团内捕食作用[J].中国生物防治学报,2014,30(2):253-259.
- [4] 程英,李忠英,李凤良.七星瓢虫的研究进展[J].贵州农业科学,2006,34(5):117-119.
- [5] 金剑雪,李凤良,程英,等.七星瓢虫的抗药性选育及其生物学特性研究[J].中国生物防治学报,2014,30(1):45-50.
- [6] 王甦,刘爽,张帆,等.环境颜色对异色瓢虫生长发育及繁殖能力的影响[J].昆虫学报,2008,51(12):1320-1326.
- [7] 金剑雪,程英,李忠英,等.杀虫剂对七星瓢虫幼虫的敏感性测定[J].现代农药,2009,8(5):49-51.
- [8] 金剑雪,程英,李凤良.七星瓢虫实验种群生命表[J].植物保护,2012,38(6):112-114.

- [9] 刘瑶, 张礼生, 陈红印, 等. 苹果酸脱氢酶与异柠檬酸脱氢酶在滞育七星瓢虫中的差异表达[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(5): 593-599.
- [10] 冀禄禄, 董宇奎, 李照会. 四种杀虫剂对七星瓢虫成虫的室内毒力测定[J]. 山东农业科学, 2011(5): 74-75.
- [11] Vincent C, Goettel M S, Lazarovits G. Biological Control: A Global Perspective[M]. CAB International, 2007, 38-53.
- [12] Omkar, P S. Effects of different photoperiods and wavelengths of light on the life-history traits of an aphidophagous ladybird, *Coelophora saucia* (Mulsant)[J]. Journal of Applied Entomology, 2006, 130(1): 45-50.
- [13] 肖达, 郭晓军, 王甦, 等. 三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 951-958.
- [14] 张贺贺, 陈家骅, 李清娥, 等. 影响昆虫产卵行为的因素及其应用研究概况[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(2): 432-440.
- [15] Numata H, Shiga S, Morita A. Photoperiodic receptors in Arthropods[J]. Zoological Science, 2009, 14(2): 187-197.
- [16] Morita A, Numata H. Localization of the photoreceptor for photoperiodism in the stink bug *Plautia crossota* stali[J]. Physiological Entomology, 1999, 24(2): 189-195.
- [17] Hodek I, Honek A. Ecology of Coccinellidae[M]. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [18] Kuznetsov V N. Lady Beetles of the Russian Far East[M]. Gainesville: The Sandhi Crane Press, 1997.
- [19] Harmon J, Losey J E, Ives A R. The role of vision and colour in the close proximity foraging behavior of four coccinellid species[J]. Oecologia, 1998, 115(1/2): 387-392.
- [20] 王红托, 张伟东, 陈新中, 等. 异色瓢虫规模化生产技术与瓢虫工厂的建立[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(6): 1726-1731.
- [21] 滕树兵, 徐志强. 四种材料作为异色瓢虫产卵载体的适合性比较[J]. 应用昆虫学报, 2004, 12(5): 455-458.
- [22] 施伟, 张智英, 叶辉, 等. 桔小实蝇对寄主水果气味的趋向反应测试[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2003, 25(1): 77-80.
- [23] 韩瑞兴, 徐丽华. 人工饲养的异色瓢虫产卵习性观察初报[J]. 辽宁林业科技, 1980, 7(5): 35-37.

封面说明

七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus 在我国各地均有分布, 是小麦、棉花、油料和蔬菜等主要作物上蚜虫的重要捕食性天敌。七星瓢虫对叶螨和介壳虫等重要害虫也具有很强的捕食能力, 广泛应用于农业生产中。随着天敌瓢虫开发应用的不断深入, 研究人员开始研究瓢虫科物种生物学、生理学以及种群变化等方面。伴随生物防治商业化应用程度的提高, 关于捕食性瓢虫生长发育、种群大规模繁殖以及应用安全性等方面的研究正在成为新的研究热点。其中, 光环境是影响瓢虫生长发育的因素之一, 环境光周期变化会对瓢虫生长发育和繁殖活动产生显著影响。肖达等研究不同环境颜色下七星瓢虫的产卵习性和产卵量, 以明确环境颜色对七星瓢虫生殖力的影响, 这对七星瓢虫的规模化饲养以及充分发挥其在害虫生物防治中的作用具有重要的实践意义(正文见 44~48 页)。