

不同放蜂比例及茄科蔬菜品种对瓢虫柄腹姬小蜂寄生率的影响^{*}

王国红^{1**} 刘兴平² 曹彬¹

(1. 福建师范大学生命科学学院 发育与神经生物学重点实验室 福州 350108;

2. 江西农业大学园林艺术学院 南昌 330045)

摘要 本文通过保护地放蜂试验,研究了不同的放蜂比例、不同茄科蔬菜植物以及同一作物的不同品系等因子对瓢虫柄腹姬小蜂 *Pediobius foveolatus* Crawford 寄生率的影响。结果发现:在不同的蜂虫比例下,随放蜂比例的增加,寄生蜂的寄生率在 10 d 内相应增加。当蜂虫比为 1:1 时,寄生率高达 97.63%,明显高于蜂虫比为 1:3 和 1:5 的寄生率(分别为 62.58% 和 56.11%)。进一步研究发现,不同蔬菜、同一蔬菜的不同品系及同一植株的不同部位对寄生率也有影响。在茄子上,不同放蜂比条件下寄生蜂对害虫的寄生率均大于在西红柿上的寄生率,表明茄子作为寄主植物更适于寄生蜂的产卵寄生;而且香毛簇多的品系比香毛簇少的品系寄生率低。

关键词 蜂虫比, 蔬菜品系, 寄生率, 瓢虫柄腹姬小蜂, 茄二十八星瓢虫

Effects of release ratio and host plants on parasitism by *Pediobius foveolatus*

WANG Guo-Hong^{1**} LIU Xing-Ping² CAO Bin¹

(1. Key Laboratory of Developmental Biology and Neurobiology, College of Life Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350108; 2. College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract The effects of parasite: host release ratio and host plant on rates of parasitism by *Pediobius foveolatus* Crawford were examined. The parasitism rate was found to have increase with increasing release ratio 10 days after the release. When the release ratio was 1:1, the parasitism rate was 97.63%, much higher than the rates achieved from release ratios of 1:3 and 1:5, which were 62.58% and 56.11%, respectively. Also, different host plants, plant cultivars and leaf structures also affected rates of parasitism by *P. foveolatus*. *P. foveolatus* parasitism was higher on eggplant than on tomato after releasing different ratios of *P. foveolatus* to *Henosepilachna vigintioctopunctata* larvae. This suggests that eggplant is a suitable host plant providing more prey suitable for wasp oviposition, and that parasitism by *P. foveolatus* is lower on plants with more leaf trichomes than on those with fewer leaf trichomes.

Key words parasite-host ratio, plant cultivars, parasitism, *Pediobius foveolatus*, *Henosepilachna vigintioctopunctata*

寄主植物、害虫和天敌是自然界中陆地生物的重要组成部分,三者之间以食物相联系构成三重营养层次,是其长期进化的结果(戈峰等, 2011)。在长期的进化过程中,寄生蜂与寄主昆虫之间形成了以营养和信息化物为基础的关系网。当寄生蜂成功寄生于寄主后,必须采取各种策略抑制寄主的防御系统,并调控寄主的生长发

育才能获得自身的生存(钦俊德和王琛柱, 2001)。在三营养层次中,植物的体表结构、形态学特征和化学组成不仅直接影响植食性昆虫的产卵、取食和活动,而且还可以间接影响天敌对寄主昆虫的捕食或寄生作用(Romeis *et al.*, 1997; Kessler and Baldwin, 2001; Bukovinsky *et al.*, 2005; 庞保平等, 2006; Heil, 2010)。显然,对植物-害虫-天敌三营

* 资助项目:福建省教育厅科技项目(JA11066, RC0873);福建省自然科学基金(2013J01121)。

**通讯作者, E-mail: guohongw@fjnu.edu.cn

收稿日期: 2013-06-06, 接受日期: 2013-06-26

养层次的研究,有助于利用三者之间的关系制定出更有效、更合理的害虫防治策略(陈学新等,2013),提高天敌的生态服务功能(欧阳芳等,2013)。

茄二十八星瓢虫 *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabricius 在我国分布广泛,主要为害茄科、豆科以及葫芦科等几十种植物,是马铃薯、茄子和西红柿等蔬菜植物的重要害虫。近年来,随着国家“菜篮子”工程的实施,蔬菜业特别是大棚蔬菜得到迅速地发展。由于害虫食料连年不断,使茄二十八星瓢虫的为害有逐年加重的趋势。

瓢虫柄腹姬小蜂 *Pediobius foveolatus* Crawford 是茄二十八星瓢虫幼虫期的优势寄生蜂(盛金坤和王国红,1992)。利用该蜂防治多种豆类植物的主要害虫——墨西哥豆瓢虫取得了显著的效果,能够有效地抑制害虫的为害(Rust, 1971; William and Mellors, 1983)。但有关不同的放蜂比例、不同茄科蔬菜植物以及同一作物的不同品系等因子对瓢虫柄腹姬小蜂寄生率的影响,目前尚未见报道。本文以南昌市郊为基点,在保护地中进行放蜂试验;利用不同的蜂虫(寄生蜂与害虫)比例、不同蔬菜以及同一蔬菜的不同品种以分析各因素对寄生蜂寄生效能的影响,以此探索三营养层次之间的关系,为更好地保护、利用和繁殖释放柄腹姬小蜂提供理论依据,同时为茄二十八星瓢虫的生防工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 菜地概况

本试验在江西农业大学农学院实验站中的三连栋大棚(规格:30 m × 24 m,两边用 100 目纱网,其余用塑料薄膜制成,并附有遮阳网及通风排灌设施)的蔬菜地中进行,种植西红柿、茄子两种作物各 4 个品种的蔬菜。管理方法按常规进行,但不施用农药,夏季大棚气温较高可适当增加灌水量。

1.2 供试昆虫及寄生蜂源

自野生寄主植物龙葵上采集一定量的茄二十八星瓢虫成虫,移入室内饲养并让其产卵。孵化后的一部分幼虫按一定数量移入供试蔬菜地中取食,另一部分幼虫继续在室内用新鲜龙葵饲养以供繁殖。

寄生蜂的采集以上述同样的方法,从龙葵上采集一定量的虫尸(以褐黄色的瓢虫幼虫尸体为准)放入备好的指形管中并带回室内,在正常的温度(25 ± 1)℃、湿度 75% ~ 80% 和光照 L: D = 12: 12 条件下待其出蜂。出蜂后,喂以 0.5% 的蜜糖水使雌雄蜂能充分交配。之后,让其在室内寄生 4 龄瓢虫幼虫。待幼虫变褐色后移入指形管中,繁出的寄生蜂供放蜂使用。

1.3 不同的蜂虫比对寄生蜂的影响

将繁出的寄生蜂子代用上述方法交配 1 d 后,选择生长健壮,活泼好动的雌蜂于次日上午 8:00—9:00 左右按 1:1、1:3、1:5 的蜂虫比释放。各蔬菜品种之间相互隔离以免影响寄生蜂的寄生作用。并于放蜂后的 3、5、7、10 d 统计各部位(按植株的高度划分上、中、下 3 部分)中寄生的龄期和寄生的数量,计算植株各部位的寄生率。

1.4 不同的蔬菜品种对寄生蜂的影响

选择西红柿和茄子两种作物各 4 个品种为供试作物,由南昌市扬子洲乡蔬菜研究所提供,其主要特征如表 1。采用 1.3 中方法放蜂,通过统计寄生率的方法观察因品种之间的差异对寄生蜂寄生效能的影响。

表 1 供试蔬菜品种与特征
Table 1 Varieties and characteristics of selected vegetable

供试品种 Varieties tested	品系 Varieties	特征 Characteristics
番茄 Tomato	红枣小番茄	叶小,表面香簇毛少
	赣番茄 2 号	叶较大但表面毛质少
	圣红秀	叶小且表面多毛
	多毛番茄	叶大,表面香簇毛多
茄子 Eggplant	紫红茄	叶片细长、香毛簇少、茎杆紫褐色
	圆茄	叶较大且毛质少,茎杆紫绿色
	茄杂 2	叶片大、长条形且多毛
	呼杂 2	叶片较大且圆,表面体表毛多

1.5 数据处理

实验数据采用 SPSS13.0 数据处理系统进行

分析。不同蜂虫比间、同种寄主不同品种间和不同部位间寄生率差异分析采用 Duncan's 新复极差检验,同一部位的不同寄主间寄生率差异分析采用卡方检验法(Chi-square)。

2 结果与分析

2.1 不同的蜂虫比对瓢虫柄腹姬小蜂寄生率的影响

瓢虫柄腹姬小蜂是茄二十八星瓢虫幼虫期的优势寄生蜂,室内试验证明主要寄生 2~4 龄的健壮幼虫。在大棚内以 4 龄瓢虫幼虫作为供试寄主昆虫,用不同蜂虫比进行放蜂试验,从图 1 和图 2 可以看出,接蜂后 3~7 d 内调查,柄腹姬小蜂对茄二十八星瓢虫的寄生率呈上升趋势,至 7 d 以后,寄生率逐渐稳定,甚至开始下降。

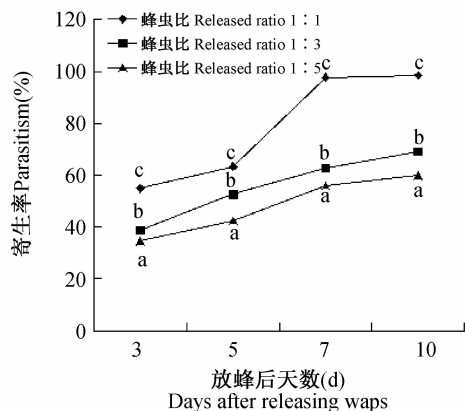


图 1 茄子上不同蜂虫比对寄生率影响
Fig.1 Effect of different released ratio of eggplant on parasitism

图中不同英文字母表示在 0.05 水平差异显著 (Duncan's 新复极差法),下同。

The different letters appended to the values in the figure indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). The same below.

图 1,图 2 还表明,在同一作物上,不同的放蜂比例影响寄生蜂的寄生率。在茄子植株上,以 1:1 的蜂虫比放蜂,其寄生率大于其它蜂虫比的寄生率。放蜂后 3 d,1:1 条件下的寄生率为 54.92%,1:3 和 1:5 条件下的寄生率分别为 38.76% 和 34.43%。至第 7 天调查,蜂虫比 1:1 条件下的寄生率达 97.63%,分别比 1:3,1:5 比例下的寄生率大 1.56 倍和 1.74 倍,方差分析($P = 0.05$)表明它

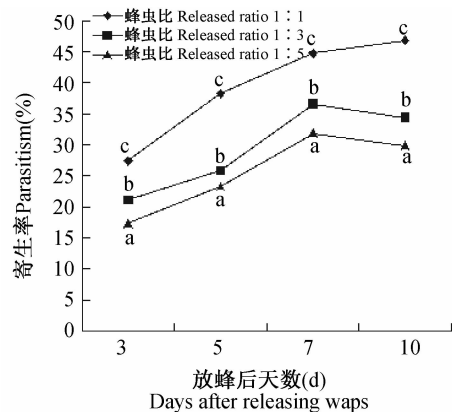


图 2 西红柿上不同蜂虫比对寄生率影响
Fig.2 Effect of different released ratio of tomato on parasitism

们之间的差异显著。在西红柿植株上,瓢虫柄腹姬小蜂的寄生率较低,不同的蜂虫比例下其寄生率存在一定的差异(图 2)。在 1:1 的比例下,放蜂后寄生蜂的寄生率均大于另外两个蜂虫比的寄生率。此外,图 2 也表明,放蜂后 7 d,1:1 条件下的寄生率仍在增加,而另两个蜂虫比条件下的寄生率达到最大值,分别为 36.55% 和 34.86%。说明以不同的蜂虫比释放瓢虫柄腹姬小蜂,其对茄二十八星瓢虫的寄生率随放蜂比例的增加而增加。

2.2 不同的蔬菜品种对瓢虫柄腹姬小蜂寄生率的影响

选择茄子和西红柿中具有代表性形态特征的 4 个品系作为试验对象,观察它们对瓢虫柄腹姬小蜂寄生作用的影响。结果(图 3,图 4)表明:在茄子上,紫红茄为叶片细长、香毛簇少且植株茎秆及叶片较光滑的品种,瓢虫柄腹姬小蜂在这一品系中的寄生率最高,达到 73.27%。这可能与植株表面光滑,容易寻找和发现寄主昆虫有关。呼杂 2 为大叶且白色香毛簇密度大,瓢虫柄腹姬小蜂对茄二十八星瓢虫的寄生率只有 45.32%。圆茄和茄杂 2 的特征介于紫红茄和呼杂 2 之间,调查所得的寄生率也介于两者之间,分别为 64.82% 和 53.77%。

在西红柿各品系中也表现出类似的结果:在叶片较大、香毛簇少的红枣小番茄上,寄生蜂的寄生率最大,而在叶片小、香毛簇数量又多的多毛番茄中,寄生蜂的寄生率最低。就所试验的西红柿 4 个品系中,对寄生蜂寄生率大小的影响依次为红

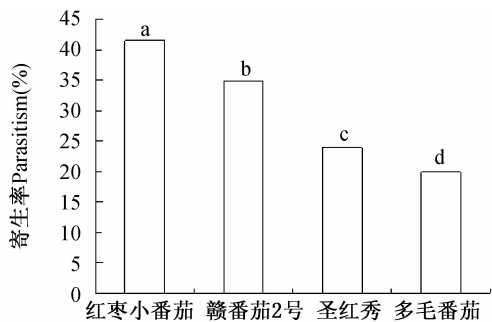


图 3 西红柿不同品种对寄生率的影响
Fig 3 Effect of different tomato varieties on parasitism

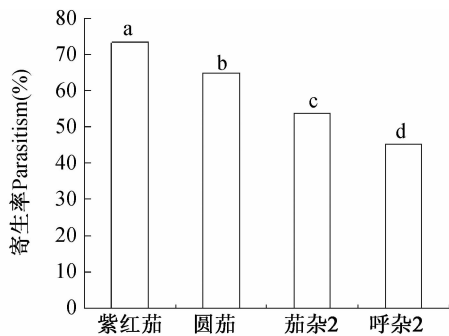


图 4 茄子不同品种对寄生率的影响
Fig 4. Effect of different eggplant varieties on parasitism

枣小番茄(41.55%) > 赣番茄 2 号(34.79%) > 圣红秀(23.91%) > 多毛番茄(19.86%)。说明植物体表的毛状结构对天敌的寄生作用产生直接的影响,影响的程度取决于毛状体的形状、长短和密度。

2.3 作物不同部位对瓢虫柄腹姬小蜂寄生率的影响

通过比较瓢虫柄腹姬小蜂在茄子和西红柿两种寄主植物上的寄生率发现(图 5):寄生蜂在茄子上的寄生率均大于在西红柿植株上的寄生率。经 *t* 检验,除在植株中部两者不存在差异外,在植株的上、下部有显著的差异($P=0.01$)。对茄子和西红柿两种作物,将植株分成上、中、下 3 部分,进行瓢虫柄腹姬小蜂的寄生率调查,结果(图 5)显示:瓢虫柄腹姬小蜂在茄子植株上部对害虫的寄生率为 57.39%;中部的寄生率最低,为 41.64%;下部则达 89.77%。在西红柿植株上,寄生主要集

中在中部,寄生率达 36.97%,较上部和下部大 2.21 倍和 1.35 倍。经检验,在茄子植株上各部位的寄生率存在明显差异($P=0.05$),其下部瓢虫柄腹姬小蜂寄生率对上、中部的寄生率差异极显著($P=0.01$)。在西红柿植株中,植株不同部位寄生蜂的寄生率有一定的差异。

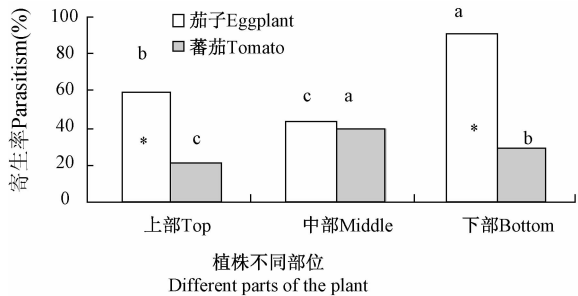


图 5 植株不同部位上的寄生率
Fig 5 Parasitism rate on plant's different parts
* 表示在 0.05 水平上差异显著(卡方检验)。
* indicates significant difference at 0.05 level by chi-square test.

3 讨论

随着化学生态学的发展,有关寄主植物-植食性昆虫-天敌昆虫三营养级系统中的信息化合物的研究越来越受到人们的重视。其中寄主植物挥发物在天敌昆虫的栖境定位、寄生或捕食行为中起着重要的作用(陈学新等,2013)。植物可以对天敌产生直接和间接的影响。不同的植物以及同一植物的不同品种间形态学特征和化学成分变化的差异影响着天敌在寄主植物上的搜索行为和搜索能力,进而影响寄生蜂的寄生效能(陈华才等,2003)。寄主植物的种类和品种在某种程度上影响着寄生蜂的寄主搜索行为,卷蛾分索赤眼蜂 *Trichogramma atoeida bactrae* 的嗅觉反应不仅与十字花科蔬菜的种类有关,而且与同一种蔬菜的不同品种有关(郭祥令等,2011)。

本文在保护地释放瓢虫柄腹姬小蜂,结果发现寄生蜂的寄生率与放蜂量成正比,即放蜂量多,蜂虫比大,寄生蜂的寄生率就大。同时还着重从三营养系统中寄主植物与寄生蜂的相互作用来说明寄主植物对寄生蜂的影响。结果表明:在茄子和西红柿两种蔬菜作物上,瓢虫柄腹姬小蜂对茄

二十八星瓢虫的寄生率存在明显的差异。蜂虫比为 1:1 时,放蜂后 10 d 该蜂在茄子上的寄生率达 97.63%;而在西红柿上的寄生率仅为 46.84%。两种作物的 4 个具有不同叶片外形特征品系的比较研究表明,叶片外形特征对寄生蜂的寄生作用也有一定的影响,其中在体表香簇毛少的植株上,寄生蜂对寄主昆虫的搜索能力强,导致寄生蜂的寄生率提高。而在体表香簇毛少的植株上,寄生蜂的寄生率较低。品系间的这一影响作用表明,通过改变植物体表结构特征治理害虫具有一定的潜力。

植物叶片的形状、大小、组织结构等的形态学特征影响着昆虫在植物上的集结和寻找猎物的能力。其中植物叶表上的香毛簇数量的多寡对昆虫的影响较大(庞保平等,2006)。南美斑潜蝇对茄子和番茄寄主选择性与叶毛数呈负相关(韩靖玲等,2005;高俊平等,2006)。Stansly 等(1997)对茄子、西红柿等 10 种蔬菜作物上恩蚜小蜂 *Encarsia* sp. 对银叶粉虱 *Bemisia argentifolii* 的寄生情况调查发现,茄子上香毛簇的数目为 16.4 根/cm²,而西红柿叶片的香毛簇数目为 83.4 根/cm²。寄生蜂在两种作物上的寄生率分别为 48.3% 和 16.6%。表明植物的体表物理结构对天敌有很大的影响。香毛簇的密度大,除影响植食性昆虫在植物体表面的附着和行动、取食和产卵外,同样还可约束天敌的移动,延长其寻找害虫的时间,降低其寄生或捕食的效率及产卵量。瓢虫柄腹姬小蜂在室内寄生与茄子叶毛数关系不明显(王国红,1992),而在野外植物叶毛会降低其寻找害虫的效率。此外,造成不同作物或同一作物的不同品种寄生率的差异,可能也与植物体内所含的化学物质有关。茄科植物中含有大量甾醇类生物碱,茄子富含茄碱,西红柿富含番茄碱。其中番茄碱因其分子结构中具有含木糖的四糖,并且无 Δ^5 双键结构,对害虫可引起较强的拒食作用,进而间接影响天敌的寄生效率(Paul *et al.*, 2008)。

研究证明,不仅植物种类对寄生蜂的寄生作用有影响,同一植株的不同部位也会影响寄生蜂的寄生率(Chandish and Singh, 1999)。本研究的结果表明,植物的不同部位能影响瓢虫柄腹姬小蜂对寄主的寄生。在茄子上,寄生蜂在植株的下部的寄生率最大,其次为上部,中部最低;寄生蜂在西红柿各部位的寄生率大小依次为中部 > 下部

> 上部。由于植株的大小以及植株体表的形态结构不同,造成害虫的取食部位存有差异,同样也影响天敌对该害虫的搜索行为,进而影响寄生蜂的寄生率。

同一作物不同品系的研究结果表明作物叶片表面结构可能是影响寄生蜂寄生效率的重要因子之一。而瓢虫柄腹姬小蜂在茄子和西红柿两种植物上寄生效率的明显差异,表明植物表面结构、化学成分及虫害所导致的挥发性物质对寄生蜂的搜索行为、寄生效能都会产生一定的影响。对不同茄科植物影响瓢虫柄腹姬小蜂寄生效能的机理,有待于进一步深入的研究。

参考文献 (References)

- Bukovinszky T, Gols R, Posthumus MA, Vet LEM, Vanenteren JC, 2005. Variation in plant volatiles and attraction of the parasitoid *Diadegma semiclausum* (Hellén). *J. Chem. Ecol.*, 31(3):461–480.
- Chandish RB, Singh SP, 1999. Host plant-mediated orientational and ovipositional behavior of three species of *Chrysopids* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biol. Control*, 16: 47–53.
- Heil M, 2010. Plastic defense expression in plants. *Evol. Ecol.*, 24:555–569.
- Kessler A, Baldwin IT, 2001. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emission signature. *Science*, 291(5511):2141–2144.
- Paul AVN, Srivastava M, Dureja P, Singh AK, 2008. Semiochemicals produced by tomato varieties and their role in parasitism of *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) by the egg parasitoid *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 28(2): 108–116.
- Romeis J, Shanower TG, Zebitz CPW, 1997. Volatile plant infochemicals mediate plant preference of *Trichogramma chilonis*. *J. Chem. Ecol.*, 23(11):2455–2465.
- Rust RW, 1971. Evaluation of trap crop procedures for control of Mexican bean beetle in soybean and Lima beans. *J. Econ. Entomol.*, 70(5):630–632.
- Stansly PA, David JS, Liu TX, 1997. Apparent parasitism of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) by Aphelinidae (Hymenoptera) on vegetable crops and associated weeds in South Florida. *Biol. Control*, 9:49–57.
- William K, Mellors O, 1983. Parasite production in nurse

- plots after inoculative release of *Pediobius foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae) against Mexican bean beetle larvae (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.*, 76:1452 – 1455.
- 陈华才, 娄永根, 程家安, 2003. 寄主昆虫及被害水稻的挥发物对螟蛉绒茧蜂寄主选择行为的影响. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 29(1):18 – 23.
- 陈学新, 任顺祥, 张帆, 彩万志, 曾凡荣, 张文庆, 2013. 天敌昆虫控害机制与可持续利用. 应用昆虫学报, 50(1):9 – 18.
- 高俊平, 庞保平, 刘慧, 孟瑞霞, 2006. 南美斑潜蝇对番茄的选择性与叶毛数和营养物质含量的关系. 植物保护, 32(2):25 – 28.
- 戈峰, 吴孔明, 陈学新, 2011. 植物 – 害虫 – 天敌互作机制研究前沿. 应用昆虫学报, 48(1):1 – 6.
- 郭祥令, 何余容, 王德森, 潘飞, 2011. 卷蛾分索赤眼蜂对十字花科蔬菜的行为反应. 昆虫学报, 54(2):238 – 245.
- 韩靖玲, 庞保平, 庞琢, 高书晶, 崔威南, 2005. 南美斑潜蝇对不同茄子品种的选择性及其机理的研究. 内蒙古农业大学学报, 26(3):29 – 32.
- 欧阳芳, 赵紫华, 戈峰, 2013. 昆虫的生态服务功能. 应用昆虫学报, 50(2):305 – 310.
- 庞保平, 高俊平, 周晓榕, 王娟, 2006. 南美斑潜蝇寄主选择性与植物次生化合物及叶毛的关系. 昆虫学报, 49(5):810 – 815.
- 钦俊德 王琛柱, 2001. 论昆虫与植物的相互作用和进化关系. 昆虫学报, 44(3):360 – 365.
- 盛金坤, 王国红, 1992. 南昌地区瓢虫柄腹姬小蜂生物学特性的观察. 生物防治通报, 8(3):110 – 114.
- 王国红, 1992. 茄子品种对茄二十八星瓢虫及其寄生蜂生长发育的影响. 昆虫知识, 39(5):373 – 376.