

BANKER PLANT 携带天敌防治害虫的 理论基础与应用^{*}

李先伟 潘明真 刘同先^{**}

(旱区作物逆境生物学国家重点实验室 农业部黄土高原作物有害生物综合治理
重点实验室 西北农林科技大学 杨凌 712100)

摘要 滥用农药导致粮食、蔬菜和水果内有有毒农药高残留,严重威胁着人民的生命安全;利用生物防治害虫将提供更安全的食品和洁净的环境。Banker 植物系统是利用非作物植物饲养及携带天敌的寄主或猎物,再利用天敌的寄主或猎物饲养和释放天敌。这些 Banker 植物就像是一个‘银行家(Banker)’,连续不断地供应‘货币’(天敌),使天敌从‘银行家’植物上扩散到有害虫的作物上防治害虫,是生物防治发展的一个重要方向。本文系统介绍了利用 Banker 植物为替代寄主饲养释放天敌防治害虫的最新进展,旨在推动我国更好地开展 Banker 植物系统及其相关理论与应用的研究。

关键词 Banker 植物, 替代寄主, 害虫, 生物防治

The theory and practice of using banker plant system for biological control of pests

LI Xian-Wei PAN Ming-Zhen LIU Tong-Xian^{**}

(State Key Laboratory of Crop Stress Biology on the Arid Areas, and Key Laboratory of Northwest Loess Plateau
Crop Pest Management of Ministry of Agriculture, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract The indiscriminate use of toxic pesticides lead to high residues in food, vegetables and fruits, resulting a serious threat to the safety of people’s lives. Biological control of pests will provide safer food and a clean environment. This article briefly describes the latest progress of using banker plant system to carry predatory or parasitic natural enemies to manage pests in vegetables and other crops. Banker plants continuously supply natural enemies, and like a bank (banker) to continuously supply currency; and the spread of natural enemies from the banker plant to the crop system to control crop pests. We would like to provide the most updated information in theory and utilization of banker plant system, and the most recent advance in using banker plant systems to promote biological control in China. We also discussed the pros and cons of using banker plant system in integrated pest management programs.

Key words banker plant system, alternative host, biological control, natural enemies

1 天敌产业化的现状及面临的问题

目前,防治农作物害虫依然依靠化学农药,每年每亩用于蔬菜害虫防治的化学农药成本在 100~300 元之间(张帆等,2011)。化学农药的大量使用不但造成害虫抗药性剧增,药效下降,而且大量天敌被杀伤,致使害虫越来越猖獗。此外,农药

使用的不合理,使高达 80% 的农药飘移或流失到非靶标生物、土壤和水域中,严重污染生态环境。高毒、剧毒、高残留农药的使用,不但造成蔬菜农药残留超标,人畜中毒,而且残留在植物体内的有毒农药,再通过食物链危害人体健康,给人类的生存和农业安全生产造成了严重威胁(McCaffery, 1998; Dabbert *et al.*, 2004; 张帆等, 2011)。目前

^{*} 资助项目:国家自然科学基金(31272089);公益性行业(农业)科研专项(201303019)和国家大宗蔬菜产业技术体系(CARS-25)。

^{**}通讯作者, E-mail: txliu@nwsuaf.edu.cn

收稿日期:2013-02-20, 接受日期:2013-05-11

我国共有 4.7 亿 hm^2 的土地在使用农药,其中蔬菜占 23.8%,且杀虫剂就占了中国农药市场的 44%。近年来,我国化学农药原药年产量约 26 ~ 35 万吨,其中 70% 为广谱、高毒有机磷类,使我国农药使用处在恶性循环(pesticide treadmill)状态(靖波,2007;张帆等,2011)。显然,在虫害日益严重,而化学农药防治又易造成污染的情况下,生物防治必将成为无公害蔬菜生产的首选。

目前,国内外利用天敌还存在包括天敌的大量繁殖、持续不断的供应以及科学的释放技术等许多问题(Blümel, 2004; Chau and Heinz, 2004)。尤其是我国的天敌昆虫产业化还处在起步阶段。在天敌工业化生产方面,总体上讲生产规模较小、产品少,而且设备陈旧,季节性影响严重,销售渠道未理顺,技术服务滞后,真正的专业生物防治技术服务公司寥寥无几,而且业务较难开展,效益不佳(万方浩等,1999;王大生和张帆,2005)。天敌昆虫的生产和推广应用工作大多依附于有关大专院校、科研单位和技术推广部门,但在推广应用中还不能完全实现商品化,特别是由于我国在天敌治虫产业化方面实际投入较少,与国外发达国家相比,我国天敌昆虫生产及应用的技术手段和天敌种类的多样性方面差距还较大,无论是天敌的种类,还是天敌的生产规模,都不能满足农业生产精品化、无公害化趋势的要求(万方浩等,1999;王大生和张帆,2005;徐学农和王恩东,2007)。目前世界上至少有 150 种天敌被商业化生产和销售;有 90 多家天敌生产商,供应着几百种天敌(Weintraub and Cheek, 2005;徐学农和王恩东,2007)。我国能成功利用天敌防治害虫的作物有玉米、棉花、蔬菜、苹果、甘蔗、荔枝等,其应用面积仅占这几种作物播种面积的 3%,如果以潜在市场的 10% ~ 30% 来计算,天敌昆虫产品在这几类作物中的潜在市场面积就可达 1 000 万公顷次;由此可以看出,我国天敌昆虫的市场潜力巨大,应用前景十分广阔(王大生和张帆,2005)。

当前我国虽拥有规模化生产一些天敌昆虫的能力,但远远不能满足生产应用的需求,而且由于天敌昆虫产品品种单一,造成季节性生产的限制(张帆等,2004)。一方面厂房、设备、人力闲置;另一方面,又无法满足生产其他种类天敌昆虫产品的需求。虽然某些天敌昆虫已能成功繁殖和饲养,但生产工艺和生产设备尚需进一步改进和完

善,无法实现产业化生产规模。此外,天敌昆虫生产成本太高。其原因主要有饲养成本高,难储存以及客户难以确定何时需要天敌产品及其需要量,所以,生产商不得不承担天敌生产出来卖不出去的风险;而且在非生产季节,生产商仍需要保持天敌昆虫的种群等。以上这些原因导致了天敌昆虫价格昂贵,极大地制约了其商品化和大规模应用的进程。因此,降低成本是当前所有天敌昆虫生产厂家必须面对的问题;只有成本降低到人们可以接受的程度,才可能拥有广阔的市场(徐学农和王恩东,2007)。

饲养天敌的第一步是大量饲养寄主(对寄生性天敌而言)或猎物(对捕食性天敌而言),而大量饲养寄主或猎物又需要大量种植植物。因此,选择利用易于工厂化育苗的非寄主植物饲养寄主或猎物就成为大规模工厂化生产天敌防治害虫的关键,而探讨利用植物进行工厂化育苗饲养害虫则是大量饲养天敌的第一步。

2 Banker 植物携带天敌防治害虫的理论及应用

“Banker 植物”是一种非传统的天敌释放模式。自 20 世纪 70 年代末开始小规模研究示范以来,近几年在国外(欧洲,日本,美国和加拿大等国家)得到迅速推广应用(Stacey, 1977; Hansen, 1983; van Lenteren and Woets, 1988; van Driesche *et al.*, 1995; van Lenteren, 2000, 2008; Pickett *et al.*, 2004; Ohta and Honda, 2010; Huang *et al.*, 2011)。Banker 植物系统是利用非作物植物饲养天敌的寄主或猎物,再利用天敌的寄主或猎物饲养天敌。这些 Banker 植物就像是一个‘银行家(Banker)’,连续不断的供应‘货币’(天敌),使天敌从‘银行家’植物上扩散到有害虫的作物上防治害虫。目前,常用的 Banker 植物有两种系统,一是使用与作物害虫相同的害虫来饲养和携带天敌。显然,这种系统具有传播害虫的重大风险;另一个是利用非作物植物饲养天敌的替代寄主或猎物(非作物害虫),再利用这些寄主或猎物饲养的天敌防治害虫。Banker 植物系统通过提高天敌在作物系统中的存活率和繁殖率,旨在提供预防性的、长期的、可持续的害虫控制。Banker 植物系统的优点主要是种植者可以自如地评估天敌的效果,

天敌种群也更容易建立,从而使生物防治更为容易、价廉和易于大面积推广(Xiao *et al.*, 2011)。最近,肖英方等(2012)介绍了 Banker 植物系统及其应用现状,并将称其为“载体植物系统”。

国际上将 Banker 植物系统作为一种天敌增殖和释放方法在害虫防治中应用已经有近 40 年的历史,在不同的作物系统中利用不同的 Banker 植物,害虫和天敌种类。在欧洲和加拿大,主要天敌供应公司均提供 Banker 植物产品。到目前为止,已经用以禾本科植物为 Banker 植物携带 19 种天敌防治 11 种害虫(Frank, 2010),其中,18 例用以防治棉蚜 *Aphis gossypii* Glover, 6 例防治棉蚜和桃蚜, 3 例防治烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius), 2 例防治温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), 3 例防治其它蚜虫;使用的天敌种类包括 13 例科曼尼蚜茧蜂 *Aphidius colemani* Viereck, 1 例蚜茧蜂 *Ephedrus cerasicola* Stary, 6 例科曼尼蚜茧蜂 *Aphidius colemani* 和食蚜瘿蚊 *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), 1 例科曼尼蚜茧蜂和茶足柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), 2 例海氏桨角蚜小蜂 *Eretmocerus hayati* Rose & Zolnerowich, 1 例浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia sophia* (Girault & Dodd), 1 例丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan, 1 例盲蝽 *Dicyphus hesperus* Knight; 用的载天敌植物主要包括 7 例大麦(*Hordeum vulgare*), 3 例小麦(*Triticum aestivum*), 2 例野生草(学名不详), 3 例玉米(*Zea mays*), 1 例玉米和黑麦(*Secale cereale*), 1 例燕麦(*Avena saliva*), 2 例谷子(*Setaria italica*), 1 例马铃薯(*Solanum tuberosum tuberosum*), 2 例粗皮甜瓜(*Cucumis melo*), 1 例番茄(*Solanum lycopersicum*), 1 例茄子(*Solanum melongena*), 1 例木瓜(*Carica papaya* L.);用的天敌替代寄主包括 18 例禾缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* L., 2 例麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* Rondani, 1 例桃蚜, 1 例甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* (L.), 2 例烟粉虱, 1 例温室白粉虱, 1 例木瓜粉虱 *Trialeurodes variabilis* (Quaintance);保护的作物包括 17 例瓜类(黄瓜为主), 4 例辣椒和甜椒类, 2 例番茄及花卉(Stacey, 1977; Hofsvang and Hågvar, 1979; Bennison, 1992; Bennison and Corless, 1993; Stary, 1993; Mulder *et al.*, 1999; Singh *et al.*, 2000; Goh *et al.*, 2001; Enkegaard *et al.*, 2005; Yano, 2006; van Driesche *et al.*, 2008; Frank, 2010; Xiao

et al., 2011)。

最近,美国佛罗里达大学的 Xiao 等(2011)利用本瓜-天敌系统可以有效生物防治大棚蔬菜(番茄)关键害虫烟粉虱。他们建立的本瓜载体植物天敌系统有 3 部分组成:本瓜作为载体植物(banker plant),在温室中容易种植;专化性很强的木瓜粉虱(主要危害本瓜),没有被寄生的本瓜粉虱也不会对番茄或豆类作物造成危害;一种具有很强取食、寄生和扩散能力的寄生蜂,能同时寄生烟粉虱和本瓜粉虱。经过温室试验,寄生蜂可以在木瓜携带的木瓜粉虱上大量自主繁衍,并扩散到温室的蔬菜或花卉上寻找、取食和寄生这些植物上的害虫烟粉虱。该系统可以商业化,种植者也可以自己建立这个系统。在必要时,可以灵活应用杀虫剂。因为本瓜载体植物可以暂时移出大棚或温室,不会杀伤这个寄生蜂,达到综合防治害虫的目的。他们的系统大大降低了农药的使用和烟粉虱为害,是近几年利用 Banker 植物系统成功的例子。

而我国对 Banker 植物系统尚未有研究和应用的报道。在我国,饲养天敌寄主和猎物常用的寄主植物有烟草(*Nicotiana tabacum*) (赵万源等, 1980; 王树会和魏佳宁, 2006) 和蔬菜(如萝卜 *Raphanus sativus*) (忻亦芬等, 2001; 蒋杰贤等, 2003)。忻亦芬(1986)曾先后研究了用白菜(*Brassica rapa pekinensis*) 苗、黄瓜(*Cucumis sativus*) 苗、烟草和萝卜苗繁殖桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer)饲养烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* Ashmead, 但均因幼苗耐蚜性差而相继失败。同时,这些植物也不适于大规模工厂化种植或机械化采集寄生蜂。不能大规模和机械化饲养蚜茧蜂的寄主,就不能满足大量繁殖蚜茧蜂和市场需求,就会导致价格昂贵,限制了利用蚜茧蜂防治蚜虫的规模和农民的积极性。

3 “Banker 植物”系统的存在问题

在以上的 Banker 植物系统中有几个明显的缺点:(1)只注重选择‘非寄主植物’作为承载天敌的植物,而没有完全明了植物-害虫-天敌的三级营养关系;许多研究只有天敌和替代寄主的资料;而天敌的数量和攻击率是紧密地与植食性害虫和植物联系在一起的。食物谱、扩散能力、种群增长速率等在不同的天敌种类中不同,可能会是天敌是

否有效控制害虫的决定因素 (van Steenis, 1992)。另外, 载天敌植物的质量, 如营养成分低, 防御能力强等都会降低植食性寄主或猎物的发育与繁殖, 从而会降低适合于天敌的寄主与猎物。而且, 天敌的生长发育、寿命、死亡率等也会受到它们的寄主或猎物的影响 (Turlings and Benrey, 1998; Caron *et al.*, 2008; Inbar and Gerling, 2008)。尽管大麦-禾缢管蚜 Banker 植物系统和冬小麦-麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius)-蚜茧蜂系统 (Koppert 和 BioBest) 是目前应用最多且商业化的系统, 但是没有足够证据证明这是最好的系统。因此, 目前需要研究适合于用作 Banker 植物的种类及其与天敌的关系 (Frank, 2010)。当然, 蚜虫种类会对天敌有不同的营养价值, 如 *A. aphidimyza* 取食桃蚜会导致体重减轻, 产卵量减少 (Kuo-Sell, 1987, 1989)。另外, 替代寄主也会影响天敌的取食与产卵喜好, 如果天敌特别喜好替代寄主也会降低对作物上害虫的防治效果。(2) 忽视了选择天敌寄主/猎物最喜欢的植物和最适合的水肥和环境条件。Banker 植物应具有生长较快、易于种植、价格低廉、适合在温室、塑料大棚等环境放置和生长等特点 (Kim and Kim, 2004)。此外, 替代寄主/猎物的质量对天敌的生长发育、繁殖力、死亡率和性比也有重要影响。在同样的植物上, 寄生蜂寄生不同的寄主, 其发育速率会很不相同 (Hoddle *et al.*, 1998; Ode *et al.*, 2005)。同样, 寄主的大小和龄期也会影响寄生蜂的生长发育 (Hoddle *et al.*, 1998; Chau and Mackauer, 2001; Henry *et al.*, 2005)。(3) 许多研究没有足够的重复和对照 (Stacey, 1977; Hansen, 1983; Kuo-Sell, 1989; Bünger *et al.*, 1997; Schoen and Martin, 1997; Conte *et al.*, 2000a, 2000b; Schoen, 2000; Goh *et al.*, 2001; Rodrigues *et al.*, 2001; Freuler *et al.*, 2003; Kim and Kim, 2004; Lambert *et al.*, 2005)。(4) 国外研究报道的 Banker 植物-天敌系统不适合中国的作物-害虫-天敌系统。

最近, 美国佛罗里达大学的 Xiao 等 (2012) 又利用观赏辣椒为天敌植物载体的系统防治蔬菜上的烟粉虱, 西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 和辣椒蓟马 *Scirtothrips dorsalis* Hood, 并收到了良好的经济和社会效益。他们利用观赏辣椒携带捕食螨 *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, 捕食螨能够在观赏辣椒上成活并繁殖; 将携带捕

食螨的观赏辣椒与蔬菜放在一起, 捕食螨会扩散到有害虫的蔬菜植株上, 并有效地控制了害虫种群的增长。

4 展望

到目前为止在世界上还没有足够资料可以为种植者提供准确利用 Banker 植物系统的具体方法, 例如, 选择最好的 Banker 植物和天敌的替代寄主。提高利用 Banker 植物系统的效果和广泛应用, 需要对选用的寄主植物、植食性昆虫或替代寄主天敌、作物及其害虫进行基础的生物学和生态学研究, 确定它们之间的相互关系。确定 Banker 植物、害虫和替代寄主对天敌行为、嗜好、扩散、生殖力、死亡率等的影响有助于在不同的作物系统中推广和应用 Banker 植物系统。例如, Banker 植物的密度, 替代寄主和天敌初始密度, 开始和长期维持 Banker 植物等也是不可缺少的资料。另外, Banker 植物系统的研究与应用需要研究人员和种植者共同进行大规模的试验来证明使用该系统的成本与效益 (Pannell *et al.*, 2006; Cullen *et al.*, 2008)。

Banker 植物系统的优点是可以在设施农业系统 (温室或大棚) 中通过植物把寄生蜂带入, 然后使寄生蜂大量自主繁衍寄生蜂, 并扩散到作物上寄生或取食害虫。本系统可通过非传统方法释放寄生蜂, 寄生蜂的寄主也不会对作物造成危害。而且, 由于 Banker 植物也可以暂时移出大棚或温室, 因此必要时可以灵活应用具有选择性的杀虫剂, 而不会杀伤携带的寄生蜂。

生物防治的‘成功’要以是否把作物害虫的危害降低到‘经济危害阈值’以下, 农民或种植者能够接受并自觉应用。应用 Banker 植物系统防治害虫, 特别是防治温室和大棚蔬菜、花卉害虫, 在我国有极大的潜力, 是可行的。随着国家对食品安全越来越重视, 消费者和种植者的兴趣和需要为深入研究 Banker 植物系统生物防治害虫提供了良好机遇。由于 Banker 植物系统具有长期的、可持续的、预防性的、价廉的防治效果, 因此系统进行 Banker 植物系统的研究利用, 不但可以达到降低农药用量, 减少食物中有毒农药的残留, 而且也能够促进我国农业的可持续健康发展。

参考文献 (References)

- Bennison JA, 1992. Biological control of aphids on cucumbers; use of open rearing systems or “banker plants” to aid establishment of *Aphidius matricariae* and *Aphidoletes aphidimyza*. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 57 (2b): 457–466.
- Bennison JA, Corless SP, 1993. Biological control of aphids on cucumbers; further development of open rearing units or “banker plants” to aid establishment of aphid natural enemies. *IOBC/WPRS Bull.*, 16(2): 5–8.
- Blümel S, 2004. Biological control of aphids on vegetable crops//Heinz KM, van Driesche RG, Parrella MP (eds.). *Biocontrol in Protected Culture*. Ball Publishing, Batavia. 297–312.
- Bünger I, Liebig H, Zebitz CPW, 1997. Erfahrungen mit der ‘Offenen Zucht’ von Blattlausantagonisten bei der Bekämpfung von *Aphis gossypii* Glover. *Mitt. Deut. Ges. Allgem. Angew. Entomol.*, 11: 327–330.
- Caron V, Myers JH, Gillespie DR, 2008. Fitness-related traits in a parasitoid fly are mediated by effects of plants on its host. *J. Appl. Entomol.*, 132(8): 663–667.
- Chau A, Heinz KM, 2004. Biological control of aphids on ornamental crops//Heinz KM, van Driesche RG, Parrella MP (eds.). *Biocontrol in Protected Culture*. Ball Publishing, Batavia. 277–295.
- Chau A, Mackauer M, 2001. Host-instar selection in the aphid parasitoid *Monoctonus paulensis* (Hymenoptera; Braconidae, Aphidiinae): Assessing costs and benefits. *Can. Entomol.*, 133(4): 549–564.
- Conte L, Chiarini F, Montá LD, 2000a. Comparison between two methods for biological control of *Aphis gossypii* Glover (Rhynchota, Aphididae) in organic greenhouse melons//Alfoldi T, Lockeretz W, Niggli U (eds.). *IFOAM 2000: the world grows organic*. Proc. 13th Intern. IFOAM Sci. Conf., Basel, Switzerland, 28 to 31 August, 2000, Zurich; Switzerland. 126.
- Conte L, Chiarini F, Zancanaro A, Montá LD, 2000b. Biological control of *Aphis gossypii* Glover (Rhynchota, Aphididae) in organic greenhouse cucumbers using “banker plants” as open rearing units of beneficials; two years of trials//Alfoldi T, Lockeretz W, Niggli U (eds.). *IFOAM 2000: the world grows organic*. Proc. 13th Intern. IFOAM Sci. Conf., Basel, Switzerland, 28 to 31 August, 2000. Zurich, Switzerland. 124.
- Cullen R, Warner KD, Jonsson M, Wratten SD, 2008. Economics and adoption of conservation biological control. *Biol. Control*, 45: 272–280.
- Dabbert S, Haring AM, Zanolli R, 2004. Organic Farming: Policies and Prospects. Zed Books, New York. 169.
- Enkegaard A, Christensen RK, Brodsgaard HF, 2005. Interspecific interactions among the aphid parasitoid *Aphidius colemani* and the aphidophagous gallmidge *Aphidoletes aphidimyza*. *IOBC/WPRS Bull.*, 28: 83–86.
- Frank S, 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biol. Control*, 52(1): 8–16.
- Freuler J, Fischer S, Mittaz C, Terrettaz C, 2003. The role of banker plants in the enhancement of the action of *Diaeretiella rapae* (M’Intosh) (Hymenoptera, Aphidiinae) the primary parasitoid of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.). *Bull. OILB/SROP*, 26: 277–299.
- Goh HG, Kim JH, Han MW, 2001. Application of *Aphidius colemani* Viereck for control of the aphid in greenhouse. *J. Asia-Pacific Entomol.*, 4(2): 171–174.
- Hansen LS, 1983. Introduction of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera; Cecidomyiidae) from an open rearing unit for the control of aphids in glasshouses. *Bull. SROP*, 6(3): 146–150.
- Henry LM, Gillespie DR, Roitberg BD, 2005. Does mother really know best? Oviposition preference reduces reproductive performance in the generalist parasitoid *Aphidius ervi*. *Entomol. Exp. Appl.*, 116(3): 167–174.
- Hoddle MS, Van Driesche RG, Sanderson JP, 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annu. Rev. Entomol.*, 43: 645–669.
- Hofsvang T, Hågvar EB, 1979. Different introduction methods of *Ephedrus cerasicola* Stary to control *Myzus persicae* (Sulzer) in small paprika glasshouses. *Zeitschrift für Angewandte Entomol.*, 88(1/5): 16–23.
- Huang N, Enkegaard A, Osborne LS, Ramakers PMJ, Messelink GJ, Pijakker J, Murphy G, 2011. The banker plant method in biological control. *Critical Rev. Plant Sci.*, 30(3): 259–278.
- Inbar M, Gerling D, 2008. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.*, 53: 431–448.
- Kim Y, Kim J, 2004. Biological control of *Aphis gossypii* using barley banker plants in greenhouse grown oriental melon//Hoddle MS (ed.). *California Conference on Biological Control IV*, Berkeley, California, USA. 13–15 July, Kim 2004. Center for Biological Control, College of Natural Resources, University of California, Berkeley, USA.
- Kuo-Sell HL, 1989. Cereal aphids as prey species for mass rearing of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Dipt.,

- Cecidomyiidae) in the biological control of *Myzus persicae* (Sulz) in greenhouses. *J. Appl. Entomol.*, 107(1):58 – 64.
- Kuo-Sell HL, 1987. Some bionomics of the predacious aphid midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae), and the possibility of using the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Wlk.), as an alternative prey in an open rearing unit in greenhouses//Cavalloro R, Balkema AA (eds.). Integrated and Biological Control in Protected Crops. Rotterdam, The Netherlands. 151 – 161.
- Lambert L, Chouffot T, Tureotte G, Lemieux M, Moreau J, 2005. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) on interplanted tomato crops with and without supplemental lighting using *Dicyphus hesperus* (Quebec, Canada). *OILB/SROP Bull.*, 28(1): 175 – 178.
- McCaffery AR, 1998. Resistance to insecticides in heliothine Lepidoptera: a global view. *Phil. Trans. Royal Soc. London Ser. B - Biol. Sci.*, 353(1376):1735 – 1750.
- Mulder S, Hoogerbrugge H, Altena K, Bolckmans K, 1999. Biological pest control in cucumbers in the Netherlands. *IOBC Bull.*, 22(1):177 – 180.
- Ode PJ, Hopper KR, Coll M, 2005. Oviposition vs. offspring fitness in *Aphidius colemani* parasitizing different aphid species. *Entomol. Exp. Appl.*, 115:303 – 310.
- Ohta I, Honda K, 2010. Use of *Sitobion akebiae* (Hemiptera: Aphididae) as an alternative host aphid for a banker-plant system using an indigenous parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 45: 233 – 238.
- Pannell DJ, Marshall GR, Barr N, Curtis A, Vancley F, Wilkinson R, 2006. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Austral. J. Exp. Agric.*, 46:1407 – 1424.
- Pickett CH, Simmons GS, Lozano E, Goolsby JA, 2004. Augmentative biological control of whiteflies using transplants. *BioControl*, 49:665 – 688.
- Rodrigues SMM, Bueno VHP, Bueno Filho JS, 2001. Development and evaluation of an open rearing system for the control of *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) by *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Aphididae) in greenhouses. *Neotrop. Entomol.*, 30(3):433 – 436.
- Schoen L, 2000. The use of open rearing units or “banker plants” against *Aphis gossypii* Glover in protected courgette and melon crops in Roussillon (South of France). *Bull. OILB/SROP*, 23(1):18.
- Schoen L, Martin C, 1997. Control of *Aphis gossypii* Glover on greenhouse melon by means of banker plants and *Aphidius colemani* in Roussillon (South France). International Conference on Pests in Agriculture. 6 – 8 January 1997, at le Corum, Montpellier, France, vol. 3. Association Nationale pour la Protection des Plantes (ANPP), Paris, France. 759 – 765.
- Singh R, Singh A, Pandey S, 2000. Ability of the aphid parasitoid species *Binodoxys indicus* to switch over to alternative host-complexes (Hymenoptera: Braconidae). *Entomol. Gen.*, 25(1):53 – 66.
- Stacey DL, 1977. ‘Banker’ plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in the control of glasshouse whitefly on tomatoes. *Plant Pathol.*, 26(2):63 – 66.
- Stary P, 1993. Alternative host and parasitoid in first method in aphid pest management in glasshouses. *J. Appl. Entomol.*, 116(1/5):187 – 191.
- Turlings TCJ, Benrey B, 1998. Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. *Ecoscience*, 5(3):321 – 333.
- van Driesche RG, Lyon S, Sanderson JP, Bennett KC, Stanek EJ, van Lenteren JC, 1995. Integrated pest management in protected crops//Dent D (ed.). Integrated Pest Management. Chapman and Hall, London. 311 – 343.
- van Driesche RG, Lyon S, Sanderson JP, Bennett KC, Stanek EJ, Zhang RT, 2008. Greenhouse trials of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops. *Fla. Entomol.*, 91(4):583 – 591.
- van Lenteren JC, 2000. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy. *Crop Prot.*, 19:375 – 384.
- van Lenteren JC, Woets J, 1988. Biological and integrated pest control. *Annu. Rev. Entomol.*, 33:239 – 269.
- van Steenis MJ, 1992. Biological control of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae)-Preintroduction evaluation of natural enemies. *J. Appl. Entomol.*, 114(1/5):362 – 380.
- Weintraub P, Cheek S, 2005. Need for new biocontrol agents in greenhouse IPM: A European perspective. *IOBC/WPRS Bull.*, 28(1):317 – 324.
- Xiao YF, Avery P, Chen JJ, McKenzie C, Osborne L, 2012. Ornamental pepper as banker plants for establishment of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of multiple pests in greenhouse vegetable production. *Biol. Control*, 63:279 – 286.
- Xiao YF, Chen JJ, Cantliffe D, McKenzie C, Houben K, Osborne L, 2011. Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera).

- Biol. Control*, 58(3):239–247.
- Yano E, 2006. Ecological considerations for biological control of aphids in protected culture. *Population Ecol.*, 48(4):333–339.
- 蒋杰贤, 王冬生, 张沪同, 朱宗源, 2003. 桃蚜茧蜂繁殖与利用研究. 上海农业学报, 19(3):97–100.
- 靖波, 2007. 农药对农业生态环境的污染及综合防治. 农村实用科技信息, (12):51.
- 万方浩, 王韧, 叶正楚, 1999. 我国天敌昆虫产品产业化的前景分析. 中国生物防治, 15(3):1–5.
- 王大生, 张帆, 2005. 国内外天敌昆虫产业现状//罗晨, 季延寿(主编). 第五届生物多样性保护与利用高新科学技术国际研讨会暨昆虫保护、利用与产业化国际研讨会论文集. 北京科学技术出版社. 44–48.
- 王树会, 魏佳宁, 2006. 烟蚜茧蜂规模化繁殖和释放技术研究. 云南大学学报(自然科学版), 28(S1):377–382.
- 肖英方, 毛润乾, 沈国, Osborne LS, 2012. 害虫生物防治新技术—载体植物系统. 中国生物防治学报, 28(1):1–8.
- 忻亦芬, 1986. 烟蚜茧蜂繁殖利用研究. 生物防治通报, 2(3):108–111.
- 忻亦芬, 李学荣, 王洪平, 王桂清, 唐永红. 2001. 用萝卜苗作桃蚜植物寄主繁殖烟蚜茧蜂. 中国生物防治, 17(2):49–52.
- 徐学农, 王恩东, 2007. 国外昆虫天敌商品化现状及分析. 中国生物防治, 23(4):373–382.
- 张帆, 王素琴, 罗晨, 陈艳华, 李凤, 2004. 几种人工饲料及繁殖技术对大草蛉生长发育的影响. 植物保护, 30(5):36–40.
- 张帆, 张君明, 罗晨, 王甦, 2011. 蔬菜害虫的生物防治技术概述. 中国蔬菜, 1:23–24.
- 万源, 丁垂平, 董大志, 王云珍, 张文莲, 1980. 烟蚜茧蜂生物学及其应用研究, 动物学研究, 1(3):405–415.