

综述和进展

利用植绥螨防治烟粉虱的研究进展^{*}孟瑞霞^{1, 2} 张青文^{2**} 刘小侠²

(1. 内蒙古农业大学 呼和浩特 010019; 2 中国农业大学农业与生物技术学院 北京 100094)

Rereard progress in biological control of *Bemisia tabaci* with phytoseiid predators. MENG Rui-Xia^{1, 2}, ZHANG Qing-Wen^{2**}, LIU Xiao-Xia² (1. *College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China*; 2 *College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China*)

Abstract The current status of phytoseiid predators for biological control of the whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius was reviewed in this paper. It is dealing with the application history of phytoseiid predators as biological control agents, the contribution of alternative food for the phytoseiid mites, the recent advances and industrialization in the phytoseiid predators for biocontrol of *B. tabaci*. Some possible problems were discussed with valuable species such as *Typhlodromips (Amblyseius) swirskii* Athias-Henriot, as well in order to provide the guidance for future introduction and practical application of phytoseiid predators showing a prosperous future in combating *B. tabaci*.

Key words phytoseiid predators, biological control, *Bemisia tabaci*

摘 要 对目前利用植绥螨防治烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的研究现状进行综述。主要介绍植绥螨作为生防作用物的应用历史、替代食物在利用植绥螨进行生物防治中的作用, 并对代表种 *Typhlodromips (Amblyseius) swirskii* Athias-Henriot 等作为烟粉虱生防作用物的最新研究进展、产业化现状、应用前景及可能存在的问题进行了分析, 以期为这些植绥螨的引进和利用提供参考。

关键词 植绥螨, 生物防治, 烟粉虱

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 在世界范围内的暴发, 对多种作物都造成了产量损失和经济伤害。生物防治作为替代化学防治最重要的手段之一, 越来越受到人们的重视, 成为当前烟粉虱综合治理的重要组成部分。在探寻烟粉虱有效天敌的过程中, 除了研究较多的寄生性和捕食性天敌昆虫外^[1], 植绥螨科捕食螨也逐渐发展成为一种抗击烟粉虱的新天敌。

1 植绥螨作为生防作用物的应用历史

国外早在 19 世纪初就开始注意到植绥螨是叶螨和瘿螨的重要捕食者^[2]。植绥螨属蛛形纲 Arachnida、蜱螨亚纲 Acari、寄螨目 Parasitiformes、植绥螨科 Phytoseiidae。植绥螨是目前已知最有效的捕食螨^[2], 并在农业生产中有很多成功应用的实例, 如用智利小植绥螨

Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot 防治植食性叶螨 Acari: Tetranychidae^[3]、黄瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* 和 *Amblyseius degenerans* 防治温室中的蓟马^[4, 5] 均取得巨大成功。此外, 植绥螨也可以攻击其它的害虫种类。在我国, 对植绥螨的研究利用也较早, 尤其在 80 年代以后发展很快, 在本地植绥螨资源的调查研究^[6]、规模化饲养及保护利用^[7] 等方面取得了一定成绩, 并且已经对包括智利小植绥螨、伪钝绥螨 *Amblyseius fallacis* 等在内的 16 种植绥螨进行了应用试验, 都取得了明显的效果^[8]。目前, 植绥

^{*} 973 项目资助 (G2002CB111407)。

^{**} 通讯作者, E-mail: zhangqingwen@263.net

收稿日期: 2006-11-20 修回日期: 2007-01-13,

接受日期: 2007-04-11

螨已成为国内外极具利用价值的生防作用物。

近年来,人们更重视植绥螨持续将害螨及害虫种群调节至低密度平衡水平的潜力、交替食物的应用、饥饿条件下的存活能力、同类相残(cannibalism)及对其它捕食者的兼性捕食(intraguild predation)等问题的研究。

2 替代食物在利用植绥螨进行生物防治中的作用

植绥螨的食性专化程度差异较大,少数种类是专食性的,如智利小植绥螨嗜食叶螨属;而大部分的种类则是多食性的,如钝绥螨属 *Amblyseius*、盲走螨属 *Typhlodromus* 和植绥螨属 *Phytoseius* 等的种类^[9]。在多食性的植绥螨中,能使捕食者维持生存和繁殖的食物称为交替食物^[10]。除了有些螨类、微小的昆虫幼体和卵外,一些非猎物食物,如微生物的菌丝和孢子、植物的花蜜和花粉^[11~13]、微生物赖以生存的昆虫分泌物如蜜露以及植物组织等,都可以成为植绥螨的交替食物^[14]。

在捕食者—猎物体系中,适当的益害比是影响植绥螨对害虫控制作用的重要因素。过高的益害比,虽然能在短期内控制害虫,但常常因随后过低的猎物水平使捕食者自相残杀而显著降低种群水平,从而使害虫失去控制;而过低的益害比,又会因害虫得不到及时控制而造成损失。因此,在通过人为手段利用植绥螨时,应根据具体情况掌握合适的益害比例,以充分发挥天敌的长期控制作用。理论研究指出,如果给捕食者补充一种交替食物则能够改变益害比,从而可以改变捕食者—猎物之间的动力学关系^[14]。当交替食物出现时,由于捕食者可能会从取食猎物转而取食交替食物,或者捕食者因食物充足而未处于饥饿状态,这样会在初期导致猎物数量上升;但从长远来看,补充交替食物比单纯饲喂猎物使捕食者能够维持更高的种群数量水平,从而使猎物种群水平降低甚至达到完全消灭的程度^[15]。特别是对于杂食性的捕食者(omnivores),当任意一种食物源(包括猎物)缺乏时,捕食者通过取食交替食物可以减弱

其与食物源之间的动态变化,从而促进对猎物的控制作用。因此,捕食者利用交替食物有助于生物防治的成功^[9,16]。

分析植绥螨成功作为生防作用物的原因,主要有以下2方面。一些植绥螨,如智利小植绥螨,之所以能够成功地防治植食性叶螨是由于该植绥螨比其猎物具有更高的种群增长率^[17]。然而,也有一些植绥螨有着和猎物相同或略低于猎物的种群增长率,如用来控制蓟马的黄瓜新绥螨 *Neoseiulus cucumeris* Oudemans^[18,19],只能有效攻击蓟马的1龄和早期2龄若虫,且以蓟马为食时的捕食率和产卵率都相对较低,然而,在有交替食物如花粉的情况下,黄瓜新绥螨的种群增长率提高,从而导致蓟马种群数量降低^[16]。因此,在这种情形下,植绥螨种群能在作物上长期维持下去是由于利用了交替食物,交替食物能够增加植绥螨的生殖力^[20]和促进植绥螨幼期的存活率^[18]。所以,植绥螨在生物防治上的成功,或者归功于其对猎物捕食功能反应的很高的数值反应而不是归因其贪食性^[21],或者是由于很高的捕食螨/猎物比,后者可以通过在作物上提供交替食物来实现。交替食物对植绥螨的种群数量有着积极的作用,因而对猎物的种群数量起着间接的负面作用^[14,16,22]。

3 植绥螨作为烟粉虱生防作用物的研究现状

早在20世纪60年代就已知植绥螨可捕食烟粉虱幼期虫态,主要报道于中东和印度等地区和国家^[23~27],在此前,关于捕食螨对烟粉虱种群数量影响的研究很少,也未被评价过其对烟粉虱的控制作用或应用在烟粉虱的生物防治计划中,因此,关于植绥螨的报道引起研究者的极大关注,不断开展利用植绥螨防治烟粉虱的理论与实践的研究,80年代后特别是近些年来相关文献不断出现^[22,28~38]。与此同时,对捕食螨资源的考察在世界各地也陆续展开,可以捕食烟粉虱的植绥螨种类主要隶属于钝绥螨属 *Amblyseius*、植绥螨属 *Phytoseius*、小植绥螨属

Phytosaiulus、盲走螨属 *Typhlodromus* 以及真绥螨属 *Euseius*^[1]。在众多的植绥螨种类中,经系统全面的评价研究认为颇有应用潜力的当属 *Typhlodromips swirskii* (Athias-Henriot)^[1,22,38]。

由于烟粉虱是以色列和约旦大田作物上的主要害虫,这2个国家常作为植绥螨的收集地。经研究,与烟粉虱同时发生的植绥螨主要有5种,其中植绥螨 *T. swirskii* 和真绥螨 *Euseius scutalis* (Athias-Henriot) 取食烟粉虱若虫具有较高的内禀增长率而表现突出,显示对烟粉虱有很好的控制潜力^[38]。*T. swirskii* 主要分布于埃及尼罗河三角洲、以色列和中东邻近地区。关于 *T. swirski* 的分类关系目前仍有争议,有的学者认为其应归于 *Typhlodromips* 属,有的认为应置于钝绥螨属 *Amblyseius*^[1,39],因此其常用异名为 *Amblyseius swirskii*。*E. scutalis* 为真绥螨属,该螨由于在食物缺乏时会取食植物组织,从而可能会对植株造起伤害^[40]而被淘汰。

在生物防治中,一个很重要的问题是能否保持连续性。当害虫被成功抑制后,其种群密度降低,这样便导致捕食螨食物缺乏,随后,较低的捕食螨密度必然会导致害虫种群数量再次增长。如果捕食螨能够取食非猎物交替食物,则可以避免在猎物密度较低时捕食螨种群数量下降^[16];而且,在猎物未发生之前,捕食螨通过取食交替食物还可以起到提前释放的预防作用,从而使作物免受猎物的侵害。因此,交替食物既有利于捕食螨大量饲养的成功建立,也有利于害虫长期的生物控制。实验结果表明,植绥螨 *T. swirskii* 能够以花粉(香蒲草, *Typha latifolia* L.)或花蜜为食而存活并可进行生殖^[41]。

在单株植物上,当有植绥螨 *T. swirskii* 时,烟粉虱的种群数量在9周后降低了90%,证明了该植绥螨能够抑制单株植物上的烟粉虱种群,花粉对烟粉虱有效控制所起的作用是由于它对植绥螨数量所起的积极作用^[22]。在大的空间范围内,猎物及其捕食者在植株间的扩散能力及其搜寻行为特性将影响着生物防治的效果。在温室中,植绥螨能够区分有烟粉虱的植

株和没有烟粉虱的植株^[42];植绥螨的扩散能力虽然不及烟粉虱,但植绥螨较快的种群增长率弥补了其扩散能力的不足,慢慢扩散着的植绥螨能够紧跟猎物的扩散,从而保证了整个体系的生物控制^[43]。

植绥螨 *T. swirskii* 与其猎物烟粉虱相比,具有更高的种群增长率,并且能以非猎物食物为食,因而能在低猎物水平下存活,从而有利于长期地保持较稳定的控制作用。因此,植绥螨 *T. swirskii* 可以作为烟粉虱的生防作用物^[22,38]。

4 应用植绥螨防治烟粉虱中几个值得讨论的问题

4.1 烟粉虱对植绥螨的抵御特性

在利用植绥螨控制烟粉虱种群的实验中,烟粉虱虽然保持在低密度水平,但它们不能被植绥螨完全消灭,就如利用植绥螨防治蓟马 *Thrips* 的情形一样。这是由于不同发育阶段的烟粉虱受植绥螨攻击的程度不同。烟粉虱卵、爬行若虫,再次,稍后阶段的若虫,都容易遭受植绥螨的攻击,而老龄若虫、成虫则不易受攻击^[23~27,31,38,40]。这种现象也存在于其它的植绥螨—猎物体系中^[16,44]。

烟粉虱不能被植绥螨完全消灭的另一个重要原因是烟粉虱成虫可以学习躲避有植绥螨的植株,即烟粉虱表现有反捕食行为(antipredation)^[45,46]。因此,烟粉虱成虫可以说是真正的不易受植绥螨攻击的阶段。

烟粉虱不同发育阶段易受捕食的程度不同,这对于系统种群动态可能会起着显著的作用。Murdoch 等在研究介壳虫—小蜂 *Aphytis* 的相互关系时,得出这样的结论:介壳虫不易受攻击的成虫阶段总是介壳虫—小蜂体系中一个起稳定作用的因素^[44]。如果这也在植绥螨—烟粉虱体系中成立,这对于保持害虫平均水平在经济阈值之下,以赢得整个体系的生物控制是很有意义的。

4.2 植绥螨控制烟粉虱的有效性

由于烟粉虱不同发育阶段受植绥螨攻击的

程度不同,因此,也许有人认为植绥螨只能取食烟粉虱的几个生活阶段,这样会使得它们的捕食效率较低;特别是烟粉虱成虫,还可以逃避捕食;而且,当有替代食物花粉时,捕食者会转而取食花粉,从而减少了对烟粉虱的捕食。然而,植绥螨用来生物控制蓟马的成功事例^[4,5]及温室范围内植绥螨有效控制烟粉虱种群的实验结果^[22,43]否定了这样的说法。烟粉虱和蓟马有相似之处:它们的成虫都比植绥螨成虫大;生活周期都比植绥螨长;都有不易被植绥螨攻击的发育阶段^[31,47,48]。烟粉虱和蓟马又有不同之处:植绥螨—烟粉虱体系相对比较简单,因为烟粉虱不取食花粉,花粉只被捕食者消耗而不被猎物消耗,这样,猎物将不与植绥螨竞争花粉或受益于花粉的存在;而植绥螨—蓟马体系则不同,植绥螨和猎物蓟马都可以取食花粉,而且植绥螨如黄瓜新绥螨只能有效攻击蓟马 1 龄和早期 2 龄若虫,然而,即使在这种情形下,花粉的补充导致植绥螨数量更快的增长,7 周后蓟马数量减少了 20 倍^[16]。因此,即使是这样更为严格的专性植绥螨,仍然能够有效抑制商业温室中的蓟马^[4,5],因为花粉对植绥螨数值反应的积极作用最终否定了捕食率的消极作用。而对于植绥螨—烟粉虱体系,温室范围内的实验结果不仅进一步显示了植绥螨抑制局部烟粉虱种群的能力,而且,在花粉供应的情况下,所有植株上的植绥螨/猎物比高得足以保证整个体系中烟粉虱的生物控制^[43]。

4.3 植绥螨和其它天敌的兼容性

实践中,在不同种类的自然天敌释放到同一体系之前,首先应该调查清楚它们之间的相互作用,因为这可能会对生物防治造成负面的影响,如导致生防作用物间的兼性捕食^[49,50]、种间竞争及反捕食行为^[51]等。所以,所引进的天敌不仅要能控制靶标害虫,而且必须能与其它天敌协调共存,这样才能融入有害生物综合治理体系中。在温室里,烟粉虱常常和蓟马、植食性害螨混合发生,那么,植绥螨在引入温室后与当前所释放的用来控制蓟马、害螨的生防作用物之间的兼容性如何,还不很清楚。然而,直到

目前为止还没有迹象显示有任何负面的作用。

烟粉虱不同自然天敌之间的相互作用可以对生物防治起着有益的作用^[32,52],特别是当用作生防作用物的天敌组成包括了利用猎物的不同策略。植绥螨喜食烟粉虱的早幼期阶段,而已知的大多数其它自然天敌(如寄生蜂)主要攻击烟粉虱的老熟若虫,这样,便可以把不同种类天敌对烟粉虱不同阶段的选择偏爱性结合起来,增强 2 个天敌类型的完整性,从而更加有效地综合运用在生物防治计划中。

引进外来天敌是有风险的,有时会对非靶标昆虫带来很大的威胁。但是,如果引进的天敌是来自热带和亚热带地区,它们则不能在相对较冷地区的室外存活,所带来的风险便可降到最低程度^[54]。一些欧洲国家从中东地区采集的抗击烟粉虱的植绥螨正是这样的情形。

5 应用植绥螨防治烟粉虱的产业化现状

5.1 植绥螨的商品化开发及生产方法

在埃及和以色列,利用植绥螨 *T. swirskii* 来防治叶螨、瘿螨及其它害虫已研究了多年。1983 年,美国也曾引进该螨防治桔园害虫。目前,该植绥螨正在欧洲由世界著名的荷兰 Koppert 天敌公司商业化生产用来控制粉虱及其它小型虫种,成为温室害虫生物防治的一个创新,同时也建立了一个理论评价研究与应用相结合的典型范例。2004 年 2 月,在荷兰温室中开花的甜椒上首次对该螨进行预防性释放,种群能够成功建立,稳定在每叶 4~5 头的密度水平并且在整个生长季节都可保持下去,这样在植株上很难再发现烟粉虱及西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*^[55]。从 2005 年 1 月, Koppert 公司把该螨拓展应用在北欧和南欧的甜椒、茄子、黄瓜、豆类、菊花及其它观赏植物上,都能够有效控制烟粉虱种群,取得很好的防治效果。现在, Koppert 公司已经获得该螨在荷兰、英国、西班牙、法国、美国 and 加拿大等所有主要市场的释放执照。美国生防公司也于 2006 年 4 月开始商业化生产该螨种,加拿大也发布

了引进该螨种的许可令^[59]。

目前, Koppert 公司已经开发出一种新的大规模生产该螨种的方法, 主要用植物花粉(如蓖麻(*Ricinus communis*)或人工寄主(如甜果螨或干果螨 *Carpoglyphus lactis*)进行饲养(PCT Patent Pending, 2004 年 12 月 31 日递交)。可提供的产品形式有 5 L 的装有 125 000 头螨的慢速释放袋和 1 L 的装有 12 500 头螨的塑料瓶, 其内充满由松散蛭石和糠麸组成的混合物(www.allaboutswirskii.com)。这些产品自 2005 年开始商业化供应, 产品销售量一直呈上升趋势, 极大地满足了市场的需求。

5.2 植绥螨在推广应用中应注意的问题

(1)该螨不抗寒, 没有滞育现象, 15℃是该螨存活的最低温度, 20~30℃是种群增长最适温度。因此, 该螨适合在夜间温度达到 15℃、日间温度高于 20℃条件下生长的作物上应用, 而在低于此温度条件下生长的作物上可用其它的天敌产品如丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 或浆角蚜小蜂属 *Eretmocerus* spp. 的种类^[57]。这样, 该螨在使用前也不能在冰箱中冷藏或冷冻保存, 而应在 15~20℃的条件下阴暗保存。

(2)该螨不能防止粉虱成虫对作物造成的危害, 也不能对已建立种群的粉虱成虫起到直接的防除作用。因此, 当作物上粉虱成虫种群数量已达很高时, 该螨不应作为唯一的防治方法。

(3)在番茄类作物上, 由于花粉少以及叶片表面的特点, 使该螨不能很好地建立种群^[58], 因而不适合在该类作物上应用。但在有花粉的作物(如甜椒和茄子等)上, 该螨能迅速建立种群, 从植株开花起就可起到预防作用, 因此在这类作物上防治效果显著。

6 应用前景

植绥螨 *T. swirskii* 不仅对抑制烟粉虱种群有高效性, 而且对控制温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum*^[55]、西花蓟马^[55, 59]种群也有高效性, 并且这种植绥螨因具有更高的种群增长率而有望在今后取代黄瓜钝绥螨等来防治蓟马^[55]。

该螨主动和机动性很强, 在害虫密度较低时表现有很好的搜寻能力, 特别适合在具有较大叶片并有 2 种以上靶标害虫的作物(如黄瓜等)上应用^[55]。植绥螨在作物上的接种释放, 不需要任何技术支持, 操作简单方便, 用钩子挂在作物上或抖落在花丛附近的叶片上即可。此外, 植绥螨比寄生蜂和捕食性天敌昆虫饲养成本低廉^[55, 60], 这对于实施经济可行的生物防治方案起着重要作用。因此, 引进释放这样一个多食性的植绥螨具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- Gerling D., Akmar O., Anón J. *Crop Protec.*, 2001, **20**(9): 779~799.
- 吴伟南, 梁来荣, 蓝文明. 中国经济昆虫志·第 53 册(植绥螨科, 蜱螨亚纲). 北京: 科学出版社, 1997.
- Woets J. *Bull. OIB-SROP*, 1976, **4**: 34~38.
- Ranaker P. M. J. *Bull. SROP/WPRS*, 1980, **3**(3): 203~207.
- Gillespie D. R. *Entomophaga*, 1989, **34**(2): 185~192.
- 唐斌, 张帆, 陶淑霞, 熊继文. 昆虫知识, 2004, **41**(6): 527~531.
- 张帆, 唐斌, 陶淑霞, 熊继文, 耿小丽. 昆虫知识, 2005, **42**(2): 139~143.
- 徐国良, 吴洪基, 黄忠良, 欧阳学军. 昆虫天敌, 2002, **24**(1): 37~44.
- 吴伟南. 江西农业大学学报, 1994, **16**(3): 253~256.
- Ovemeer W. P. J. In: Helle W., Sabelis M. W. (eds.), *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*. vol. 1B. Amsterdam: Elsevier, 1985. 131~140.
- McMurty J. A., Scriven G. T. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 1966, **59**(2): 147~149.
- Van Rijn P. C. J., Tanigoshi L. K. *Exp. Appl. Acarol.*, 1999, **23**(4): 281~296.
- Van Rijn P. C. J., Tanigoshi L. K. *Exp. Appl. Acarol.*, 1999, **23**(10): 785~802.
- Holt R. D. *Theor. Pop. Biol.*, 1977, **12**(2): 197~229.
- Holt R. D., Lawton J. H. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 1994, **25**: 495~520.
- Van Rijn P. C. J., van Houten Y. M., Sabelis M. W. *Ecology*, 2002, **83**(10): 2 664~2 679.
- Sabelis M. W., Van der Meer J. In: Metz J. A. J., Diekmann O. (eds.), *Dynamics of Physiological Structured Populations. Lecture Notes in Biomathematics*. Berlin: Springer-Verlag, 1986, **68**: 322~344.
- van Rijn P. C. J., van Houten Y. M. In: Dusbabek F.,

- Bukva V. (eds.), Modern Acarology. The Hague; Academia Prague and SPB Academic Publishing BV, 1991. **2**: 647~654.
- 19 van Rijn P. C. J., Mollema C., Steenhuisbroers G. M. *Bull. Entomol. Res.*, 1995, **85**(2): 285~297.
- 20 Sabelis M. W., van Rijn P. C. J. In: Lewis T. (eds.), Thrips as crop pests. London: CABI, 1997. 259~354.
- 21 Janssen A., Sabelis M. W. *Exp. Appl. Acarol.*, 1992, **14** (3/4): 233~250.
- 22 Nomikou M., Janssen A., Schraag R., Sabelis M. W. *Exp. Appl. Acarol.*, 2002, **27**(1/2): 57~68.
- 23 Teich Y. *Israel J. Agric. Res.*, 1966, **16**(3): 141~142.
- 24 El-Bady E. A. *The Entomologist*, 1967, **100**: 106~111.
- 25 Gameel O. I. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 1971, **84**(1/2): 79~82.
- 26 Meyerdirk D. E., Coudriet D. L. *J. Econ. Entomol.*, 1986, **79**(3): 659~663.
- 27 Borah D. C., Rai P. S. In: ChannaBasavanna G. P. and Viraktamath C. A. (eds.), Progress in Acarology. Leiden; Brill E. J., 1989. **2**: 375~379.
- 28 Muma M. H. *FL. Entomol.*, 1971, **54**(1): 21~34.
- 29 Gerling D. *Agric. Ecosys. Environ.*, 1986, **17**: 99~111.
- 30 López-Avila. In: Cock M. J. W. (eds.), *Bemisia tabaci*- A Literature Survey on the Cotton Whitefly with an Annotated Bibliography. Berks UK; CAB Int. Inst. Biol. Control, 1986. 27~35.
- 31 Meyerdirk D. E., Coudriet D. L. *Environ. Entomol.*, 1985, **14**(1): 24~27.
- 32 Cock M. J. W. (eds.) *Bemisia Tabaci*: an Update (1986~1992) on the Cotton Whitefly with an Annotated Bibliography. Berks UK; CAB Int. Inst. Biol. Control, 1993.
- 33 Nawar M. S., El-Sherif A. A. *Bull. Entomol. Soc. Egypt*, 1993, **71**: 9~17.
- 34 Nordlund D. A., Legaspi J. C. In: Gerling D., Mayer R. T. (eds.), *Bemisia*: 1995 Taxonomy, Biology, Damage and Management. Andover UK; Intercept Ltd., 1996. 499~513.
- 35 Abou-Awad B. A., El-Sherif A. A., Hassan M. F., Abou-Eleila M. M. Z. *Pflanzenkr. Pflanzenschutz*, 1998, **105**(5): 538~544.
- 36 El-Banhawy E. M., Hafez S. M., Saber S. A. *Arz. Schaedlingskd. Pflanzenschutz*, 1999, **72**(2): 55~56.
- 37 El-Banhawy E. M., Amer S. A. A., Saber S. A. Z. *Pflanzenkr. Pflanzenschutz*, 2000, **107**(2): 218~224.
- 38 Nomikou M., Janssen A., Schraag R., Sabelis M. W. *Exp. Appl. Acarol.*, 2001, **25**(2): 271~291.
- 39 De Moraes G. J., McMurtry J. A., Denmark H. A. (eds.) A Catalog of the Mite family Phytoseiidae; References to Taxonomy, Synonymy, Distribution and Habitat. Brasilia; EMBRAPA-DDT, 1986.
- 40 Nomikou M., Janssen A., Schraag R., Sabelis M. W. *Entomol. Exp. Appl.*, 2004, **110**(2): 95~102.
- 41 Nomikou M., Janssen A., Sabelis M. W. *Exp. Appl. Acarol.*, 2003, **31**(1/2): 15~26.
- 42 Nomikou M., Meng R. X., Schraag R., Sabelis M. W., Janssen A. *Exp. Appl. Acarol.*, 2005, **36**(4): 263~275.
- 43 孟瑞霞. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2006.
- 44 Murdoch W. W., Nisbet R. M., Blythe S. P., Gurney W. S. C., Reeve J. D. *Am. Nat.*, 1987, **129**(2): 263~282.
- 45 Nomikou M., Janssen A., Sabelis M. W. *Oecologia*, 2003, **136**(3): 484~488.
- 46 Meng R. X., Janssen A., Nomikou M., Zhang Q. W., Sabelis M. W. *Exp. Appl. Acarol.*, 2006, **38**(2/3): 113~124.
- 47 Byrne D. N., Bellows T. S. *Annu. Rev. Entomol.*, 1991, **36**: 431~457.
- 48 Tsai J. H., Wang K. *Environ. Entomol.*, 1996, **25**(4): 810~816.
- 49 Polis G. A., Strong D. R. *Am. Nat.*, 1996, **147**(5): 813~846.
- 50 Rosenheim J. A., Kaya H. K., Ehler L. E., Marois J. J., Jaffee B. A. *Biol. Control*, 1995, **5**(3): 303~335.
- 51 Janssen A., Pallini A., Venzon M., Sabelis M. W. *Exp. Appl. Acarol.*, 1998, **22**(9): 497~521.
- 52 Heinz K. M., Parrella M. P. *Environ. Entomol.*, 1994, **23** (5): 1346~1353.
- 53 Heinz K. M., Nelson J. M. *Biol. Control.*, 1996, **6**(3): 384~393.
- 54 Hochberg M. E. *Am. Nat.*, 1996, **147**(2): 307~318.
- 55 Bolckmans K., van Houten Y., Hoogerbrugge H. *Bio-control Matters Newsl.*, 2006, **7**(2): 6.
- 56 Angela H., Bug F. *Bio-control Matters Newsl.*, 2006, **7**(2): 6.
- 57 Qiu Y. T., van Lenteren J. C., Drost Y. C., Postuma Doodeman C. J. A. M. *Euro. J. Entomol.*, 2004, **101**(1): 83~94.
- 58 Cox P. D., Matthews L., Jacobson R. J., Cannon R., MacLeod A., et al. *Biocontrol Sci. and Tech.*, 2006, **16** (9): 871~891.
- 59 Messelink G., van Steenpaal S. *Groenten & Fruit*, 2003, **43**: 34~35.
- 60 张艳璇, 林坚贞, 侯爱平, 毛道胜. 植物保护, 1996, **22** (5): 11~13.