

# 有机管理对柑橘园节肢动物群落多样性恢复的作用\*

李志强<sup>1,2</sup> 梁广文<sup>1\*</sup> 岑伊静<sup>1</sup> 曾玲<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642; <sup>2</sup> 广东省昆虫研究所, 广州 510260)

**摘要** 比较了有机管理、常规管理和自然园 3 种不同管理方式下柑橘树冠层节肢动物群落多样性。结果表明:常规管理的柑橘园转有机管理后,柑橘园节肢动物群落的物种组成增加了 1 目、24 科、130 种,害虫类群的个体数量减少,而天敌类群的个体数量增加;在有机管理方式下,节肢动物群落的多样性指数、均匀度及优势集中性指数等全年的波动幅度介于自然园和常规管理区之间;有机管理区节肢动物群落的丰富度、多样性指数、均匀度及优势集中性指数等指标与自然园相比无显著差异,而与常规管理之间差异显著。有机管理方式能够提高和恢复柑橘园节肢动物群落的多样性,有助于实现对柑橘害虫的生态控制。

**关键词** 柑橘园;有机农业;节肢动物群落;生物多样性;恢复

中图分类号 Q968 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)08-1515-05

**Roles of organic management in restoration of arthropod community diversity in citrus orchard.** LI Zhi-qiang<sup>1,2</sup>, LIANG Guang-wen<sup>1</sup>, CEN Yi-jing<sup>1</sup>, ZENG Ling<sup>1</sup>(<sup>1</sup>Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; <sup>2</sup>Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(8):1515-1519.

**Abstract:** A comparative study was conducted on the arthropod community diversity in the *Citrus sinensis* orchards under organic, conventional, and natural managements. After the conversion from conventional to organic management, the arthropods in the orchard increased 1 order, 24 families, and 130 species, and the individuals of pests decreased while those of natural enemies increased. The fluctuation ranges of the diversity index, evenness, and dominant concentration index of arthropod community in organic orchard within a year were between those in conventional and natural orchards. The species richness, diversity index, evenness, and dominant concentration index of arthropod community in organic orchard had no significant differences with those in natural orchard, but differed significantly with those in conventional orchard. Organic management could improve and restore the diversity of arthropod community in citrus orchard, and further, contribute to the ecological control of citrus pests.

**Key words:** citrus orchard; organic agriculture; arthropod community; biodiversity; restoration.

农业管理方式是影响农业生态系统节肢动物群落多样性的重要因素之一(Bengtsson *et al.* 2005; 李青等 2006),不合理的管理方式往往导致害虫的大量发生(尤民生等 2004; 师光禄等 2007)。我国是世界柑橘的主要产地,但现今大多数柑橘园的管理仍是以大量投入人工合成的化学物质为特征的常规农业管理方式,尤其是化学农药的大量使用,致使柑橘园节肢动物群落多样性遭到严重破坏(梁伟光, 1989),环境污染和害虫治理问题不断恶化,也限制

了我国柑橘的出口贸易。有机农业(organic agriculture)是一种在生产过程中不使用任何化学合成的农药、肥料、生长调节剂、饲料添加剂和色素等物质,也不采用基因工程获得的生物及其产物的可持续农业生产体系。自 20 世纪 80 年代以来,有机农业的管理方式在全球得到大规模推广(Letourneau & Goldstein 2001; Bengtsson *et al.* 2005),但我国有机农业管理对农田生物多样性影响的报道尚不多见(王长永等, 2007),如对荔枝园(曾赞安和梁广文, 2008)、茶园(杜相革等, 2004)和稻田(钟平生等, 2005)等的研究报道。

柑橘园节肢动物群落多样性不但是柑橘害虫生

\* 中澳科技合作特别基金项目(30471169)和国家科技支撑计划资助项目(2008BADA5B01)。

\*\* 通讯作者 E-mail: gwliang@scau.edu.cn

收稿日期:2008-11-28 接受日期:2009-04-05

态控制的重要基础,也是评价柑橘害虫控制效果的重要指标。20 世纪 70 年代后,柑橘害虫的治理由原来的单一害虫防治开始向群落控制发展,研究报道了一些管理措施对柑橘园节肢动物群落多样性的影响(赵志模,2000;张志恒等,2003;季洁等,2004),而有机管理方式下柑橘园节肢动物群落多样性的研究目前尚无报道。本文比较了不同管理方式对柑橘园树冠层节肢动物群落结构的影响,探讨了有机农业的管理方式对柑橘园节肢动物群落多样性的恢复作用,为有机柑橘园害虫的生态控制和有机柑橘产业的发展提供参考。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

供试柑橘园位于广东省梅州市平远县黄沙村,地处山区,没有工业污染,属中亚热带气候类型,年均气温 20.7 °C,果实成熟期昼夜温差在 10 °C ~ 11 °C,年降雨量 1633 mm,没有柑橘黄龙病的流行,符合发展有机柑橘生产的基本要求。柑橘园面积近 40 hm<sup>2</sup>,柑橘树为 5 ~ 6 年生脐橙树,以纽荷尔脐橙(*Citrus sinensis*)为主,栽植密度 3.5 m × 3.5 m,柑橘园主要地表草本植物有菊科的霍香薷(*Ageratum conyzoides*)、禾本科的无芒稗(*Echinochloa crusgalli*)、牛筋草(*Eleusine indica*)、蓼科的杠板归(*Polygonum perfoliatum*)等,原有的管理方式为常规农业管理。

### 1.2 试验设置与管理措施

试验地设置有机管理区、常规管理区、自然园 3 个管理区,分别代表有机农业管理方式、常规农业管理方式和自然控制,不同管理区面积约 0.26 hm<sup>2</sup>,各处理区直线距离 500 m 以上。有机管理区,于 2005 年 9 月左右开始严格依据国际有机标准《香港有机认证中心有机耕种守则及有机认证章程》,进

行有机管理;常规管理区,按照原来的以使用化学合成物质为主的常规管理;自然园,任其自然生长,不进行病虫害的人工控制,但为了保证一定的柑橘产量,进行了保花保果和施肥处理。3 个处理区的主要区别在于是否使用人工合成的化学物质,以及人为干预的程度,其主要管理措施的区别详见表 1。

### 1.3 调查方法

于 2006 年 1—12 月,每月调查 1 次,采用直接观察和枝条套网的方法。以平行跳跃式随机取样法取样,每点 1 株,每区分别调查 10 株。首先绕树一周观察大型活跃昆虫种类及数量,然后在每株样树的东、南、西、北、中 5 个方位,每方位随机观察一个枝条上节肢动物种类数量。对于小型种类,使用手持式放大镜,冬季每月调查 1 次,春秋每月 2 次,夏季每月 3 次,观察该枝条的 5 片顶叶并记录节肢动物的种类和数量,其中粉虱类、介壳虫类、潜叶蛾置于室内,观察其上羽化的寄生蜂的种类和数量。最后,在柑橘树的四周各随机选取一个枝条,小心套入捕虫网后用力抖动,然后将入网的各种节肢动物封入塑料袋内,带回室内处理后计数,弥补直接观察的不足。

### 1.4 分析方法

各管理区的树冠层节肢动物群落,参照戈峰(2008)计算丰富度、Berger-Parker 优势度、优势集中性指数、均匀度指数、Shannon-Wiener 指数等参数的方法,对节肢动物群落多样性及其动态进行比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘树冠层节肢动物群落的物种组成

在不同管理方式下,柑橘园树冠层节肢动物群落的目、科和种的组成情况详见表 2。各管理区节肢动物丰富度,由高到低依次为自然园、有机管理

表 1 不同管理下柑橘园主要管理措施的比较

Tab. 1 Comparison of main management measures in citrus orchard under different management systems

主要管理措施	肥料	杂草	杀菌剂	杀虫剂	其他措施
有机管理	有机肥(腐熟的花生枯)	保留原有地表植被、种植霍香薷	使用生物杀菌剂,农用链霉素和农抗 120	释放胡瓜钝绥螨以及以印楝素、矿物油为主的植物源和矿物源杀虫剂	冬季矿物油乳剂清园;统一放秋梢;环割;适时排灌;悬挂诱虫灯
常规管理	复合化肥	10% 草甘膦水剂或人工除草	70% 甲基硫菌灵、80% 溃疮灵等化学杀菌剂	20% 哒螨灵乳油、73% 克螨特乳油、2% 丙溴磷、信利 15% 乳油、20% 阿维菌素乳油等杀虫剂及其复配剂	冬季矿物油乳剂加克螨特乳油清园;统一放秋梢;适时排灌;悬挂诱虫灯
自然园	复合化肥和商品有机肥	无	无	无	无

表2 不同管理方式下柑橘园节肢动物群落的物种组成  
Tab. 2 Species composition of arthropod communities in citrus orchard under different management systems

目	有机管理		常规管理		自然园	
	科数	种数	科数	种数	科数	种数
蜉蝣目 Ephemeroidea	1	3	1	3	1	3
蜻蜓目 Odonata	2	2	1	1	2	4
蜚蠊目 Blattaria	1	1	1	1	1	1
螳螂目 Mantodea	1	1	1	1	1	1
革翅目 Dermaptera	1	1	1	1	2	2
缨翅目 Thysanoptera	4	4	2	2	3	4
直翅目 Orthoptera	2	2	5	10	1	1
同翅目 Homoptera	9	19	3	3	9	27
半翅目 Hemiptera	6	22	6	13	7	14
鞘翅目 Coleoptera	17	50	12	17	18	46
鳞翅目 Lepidoptera	2	2	1	1	2	2
脉翅目 Neuroptera	1	2	1	1	2	3
双翅目 Diptera	6	23	4	9	6	18
膜翅目 Hymenoptera	12	35	5	7	10	54
蜘蛛目 Araneidae	10	51	7	19	10	53
螨目 Acaci	2	3	3	3	3	5
真螨目 Acariformes	1	1	0	0	1	1

区、常规管理区。有机管理区收集到树冠层节肢动物 222 种,隶属于 17 目 78 科;常规管理区调查到树冠层节肢动物 92 种,隶属于 16 目 54 科;自然园调查得到树冠层节肢动物标本 239 种,隶属于 17 目、79 科。

在目的组成上,不同管理方式下柑橘园节肢动物类群是相同的,仅常规管理区缺少真螨目(圆果大赤螨 *Anystis baccarum*);在科的组成上,不同管理方式下节肢动物类群均以鞘翅目、蜘蛛目的科数多,而有机管理区的膜翅目和同翅目的科数比常规管理明显增多,而接近自然园;在种的组成上,各管理方式下均以鞘翅目、蜘蛛目、膜翅目、同翅目、半翅目的种数多,其他目的种类相对较少。可见,不同管理方式下柑橘园节肢动物群落的组成明显不同,对种级的影响明显大于对科级和目级的影响。有机管理区通过鞘翅目、蜘蛛目、膜翅目、同翅目、半翅目和双翅目物种的增加,特别是鞘翅目、蜘蛛目、膜翅目物种数的增加,提高了总体的物种丰富度,明显区别于常规管理区。

## 2.2 柑橘园害虫和天敌的个体数量

根据调查结果及物种取食习性,将调查到的节肢动物划分为害虫类群和天敌类群,害虫类群包括危害柑橘树的植食性物种,天敌类群包括全部的蜘蛛种类、捕食螨类、捕食性瓢虫、捕食性蝽类、草蛉类、步甲类、食蚜蝇类、寄生蜂类和塔六点蓟马

表3 不同管理方式下柑橘园害虫和天敌功能群的个体数量

Tab. 3 Individual numbers of pest and natural enemy sub-communities in citrus orchard under different management systems

功能群	有机管理		自然园		常规管理	
	数量(个)	比例(%)	数量(个)	比例(%)	数量(个)	比例(%)
害虫类群	2902	70.5	3821	74.2	9891	97.0
天敌类群	401	9.7	451	8.8	120	1.1

(*Scolothrips takabashi*)等节肢动物。在不同管理方式下,害虫类群和天敌类群 2 大功能群的个体数量及数量比例显示,常规管理区的个体数量最大,有机管理区的柑橘树冠层的害虫类群的数量比例明显低于常规管理区而与自然园的比例接近;天敌类群的个体数量百分比均高于自然园和常规管理区的比例,而自然园的个体数量最大(表 3)。

有机管理区树冠层节肢动物主要害虫有柑橘全爪螨(*Panonychus citri*)、柑橘粉虱(*Dialeurodes citri*)、柑橘潜叶蛾(*Phyllocnistis citrella*)、稻绿蝽(*Nezara viridula*),其中柑橘全爪螨为优势种;主要天敌以蜘蛛为主,其中以草间小黑蛛(*Erigonidium graminicola*)、八斑球腹蛛(*Coleosoma octomaculatum*)、斜纹猫蛛(*Oxyopes sertatus*)、黄斑园蛛(*Araneus ejusmodi*)为优势蜘蛛种类,此外还有中华草蛉(*Chrysopa sinica*)、膜翅目的缘腹细蜂、鞘翅目的步甲和瓢虫等。自然园节肢动物的主要害虫有柑橘锈壁虱(*Phyllocoptruta oleivora*)、柑橘全爪螨、柑橘粉虱、柑橘潜叶蛾、麻皮蝽(*Erthesina fullo*)等,其中柑橘锈壁虱和柑橘全爪螨为优势种,天敌种类主要包括以草间小黑蛛、花腹丽蛛(*Phintella bifurcilinea*)、黄斑园蛛、八斑球腹蛛,以及膜翅目的跳小蜂、茧蜂类、鞘翅目的步甲类等。常规管理区树冠层节肢动物科、种的数量均少,其主要害虫有柑橘全爪螨、柑橘潜叶蛾、柑橘粉虱、稻绿蝽等,柑橘全爪螨为优势种,天敌主要为八斑球腹蛛和塔六点蓟马。柑橘全爪螨和柑橘粉虱是各管理区共同的主要害虫,但自然园因没有进行修枝和统一放梢等人为干预,柑橘锈壁虱和柑橘潜叶蛾也非常严重;各管理区主要天敌的种类差异较大,八斑球腹蛛和塔六点蓟马为常规管理区的优势种且其他天敌种类稀少,可能因八斑球腹蛛和塔六点蓟马已产生了抗药性,而有机管理区和自然园的主要天敌以草间小黑蛛为优势种,因没有广谱性化学农药的使用,许多其他蜘蛛以及膜翅目和步甲类昆虫等主要天敌同时存在。

表4 不同管理方式下柑橘园节肢动物群落的特征参数

Tab.4 Comparison of characteristic parameters of arthropod communities in citrus orchard under different management systems

管理区	丰富度	个体数量	优势度	优势集中性指数	多样性指数	均匀度
有机管理	39.75 ± 6.27 a	330.61 ± 71.53 a	0.52 ± 0.06 b	0.35 ± 0.07 b	1.96 ± 0.24 a	0.53 ± 0.05 a
自然园	44.33 ± 6.76 a	429.18 ± 38.69 a	0.47 ± 0.04 b	0.30 ± 0.04 b	1.80 ± 0.16 a	0.50 ± 0.02 a
常规管理	12.00 ± 2.04 b	849.39 ± 400.13 b	0.83 ± 0.07 a	0.75 ± 0.08 a	0.66 ± 0.21 b	0.26 ± 0.08 b

数值为平均值 ± 标准误, 同列相同字母表示在 0.05 水平通过 DMRT 法分析差异不显著。

### 2.3 柑橘树冠层节肢动物群落结构特征及其动态

根据不同管理区柑橘树冠层节肢动物群落的调查数据, 各区节肢动物群落特征参数, 丰富度、优势度、优势集中性指数、多样性指数和均匀度等的全年平均值见表4。对12个月不同管理方式下柑橘树冠层节肢动物群落的各特征参数进行邓肯多重比较, 结果显示, 节肢动物群落多样性指数、均匀度, 有机管理区高于自然园, 自然园高于常规管理区, 而优势度、优势集中性指数恰好相反。但是, 有机管理区与自然园之间没有显著性差异, 而与常规管理区之间差异显著。

不同管理方式下2006年1—12月节肢动物群落多样性指数、均匀度指数和优势集中性指数的动态变化(图1~图3)显示, 柑橘树冠层节肢动物群落的特征参数是不断变化的。常规管理管理区的多样性指数、均匀度指数和优势集中性指数的波动幅度大于有机管理区和自然园, 有机管理区各项指数的波动幅度又大于自然园, 但有机管理区的各项指数均接近自然园。

1—4月, 有机管理区的多样性指数、均匀度由最低逐渐上升, 优势集中性指数由最高开始不断下降(图1~图3), 而优势种群柑橘全爪螨的种群密度先下降, 2月以后柑橘全爪螨的种群密度开始反弹。9月有机管理区的多样性指数、均匀度最大, 优

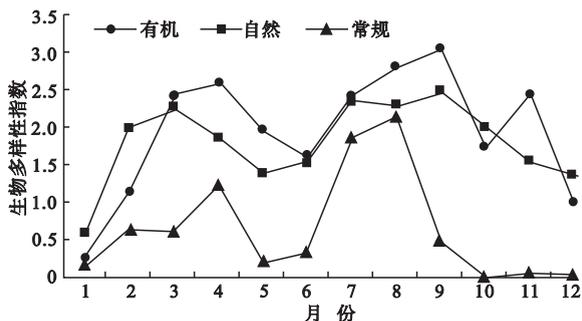


图1 不同管理方式下柑橘园节肢动物群落多样性指数动态  
Fig.1 Dynamics of diversity index of arthropod community in citrus orchard under different management systems

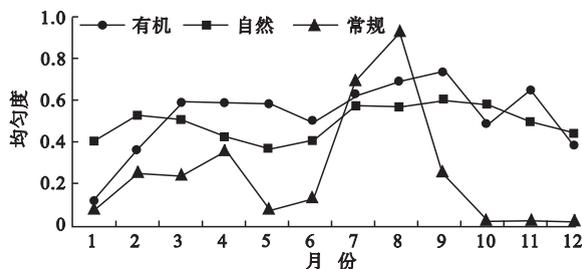


图2 不同管理方式下柑橘园节肢动物群落均匀度动态  
Fig.2 Dynamics of evenness of arthropod community in citrus orchard under different management systems

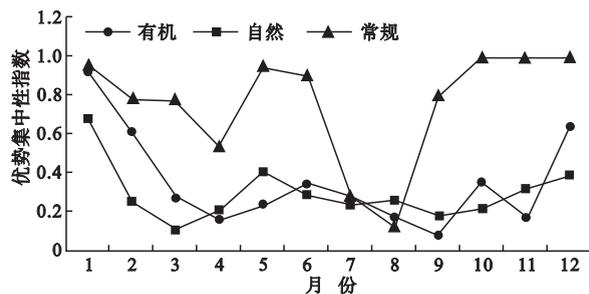


图3 不同管理方式下柑橘园节肢动物群落优势集中性指数动态  
Fig.3 Dynamics of dominant concentration of arthropod community in citrus orchard under different management systems

势集中性指数最低(图1~图3), 优势种柑橘全爪螨的种群密度接近全年最低值(7、8月)。进入10月后, 多样性指数、均匀度下降, 优势集中性指数上升, 柑橘全爪螨种群出现一个发生高峰。因10月对柑橘全爪螨种群进行了人工控制, 10月各项指数变化剧烈, 11月在柑橘全爪螨种群密度得到有效控制的情况下, 各项群落结构指数得到一定的恢复。而常规管理区全年频繁防治(15次以上), 在8月柑橘全爪螨种群密度极低, 所以尽管常规管理区节肢动物的种类和数量均极少, 但在8月的多样性指数和均匀度出现一个高峰(图1、2), 集中优势度指数最低(图3)。

### 3 讨论

柑橘是我国南方重要的经济作物, 柑橘园节肢

动物群落极大地影响着我国柑橘的产量和品质(王川 2006),而柑橘园管理方式的差异是影响柑橘园节肢动物群落的一个重要因素(赵志摸 2000)。有机农业发展迅速,目前全球发展有机农业的国家大约有 120 个,耕种面积在 31 万 km<sup>2</sup> 以上(Zehnder *et al.* 2007)。许多研究表明,有机管理方式有利于农业生态系统的生物多样性的保护,但不同的环境条件及不同的生物类群之间存在差异(Bengtsson *et al.* 2005;Hole *et al.* 2005;Zehnder *et al.* 2007)。通过有机管理、常规管理和自然园 3 种不同管理方式下柑橘树冠层节肢动物群落多样性的比较研究说明,有机管理方式能促进柑橘园节肢动物群落多样性的恢复和提高。

生物多样性与害虫治理关系密切,Odum(1971)指出控制某种特定生物的最好办法就是改变群落,而不是直接攻击生物本身。许多研究表明,通过保护和强化生物多样性,充分发挥天敌和其他生物因子的控制作用,有利于农业害虫的生态控制和综合治理(Altieri,1994;尤民生等,2004)。柑橘园通过建立复合生态系统(黄明度,2008)、强化综合治理(赵志摸等,1985;邹建掬等,1992)、使用选择性杀虫剂(梁伟光,1989)、机油乳剂(张志恒等,2003)及释放胡瓜钝绥螨(*Amblyseius cucumeris*) (季洁等,2004)等管理措施,减少化学农药的使用,保护和提高柑橘园节肢动物群落多样性。有机柑橘的管理方式则禁止使用化学肥料和人工合成的化学农药,进一步改善了柑橘园节肢动物群落多样性和柑橘园生态系统的结构、功能,提高了柑橘园生态系统的自然控制能力,为实现柑橘园有害生物的生态控制奠定了基础。所以有条件的柑橘园可以发展有机柑橘产业,不仅有助于柑橘害虫的可持续控制,同时也有助于生态环境的保护和食品安全的提高。

#### 参考文献

杜相革,杨东鹏,黄正恩,等. 2004. 有机管理措施对有机茶园害虫和天敌种群的影响. 中国农业通报, **20**(4): 78-80.

戈峰. 2008. 昆虫生态学原理和方法. 北京:高等教育出版社.

黄明度. 2008. 复合种植系统昆虫群落多样性研究. 广州:广东科技出版社.

季洁,张艳璇,洪晓月,等. 2004. 释放胡瓜钝绥螨的柑桔生防园与化防园节肢动物群落结构及其动态研究. 南京农业大学学报, **27**(4):45-50.

李青,吴兆录,刘玲玲,等. 2006. 滇西北藏区草地管理

方式对草地昆虫群落多样性的影响. 生态学杂志, **25**(11):1375-1379.

梁伟光. 1989. 杀虫剂对柑桔园节肢动物群落的影响//黄明度. 柑桔害虫综合治理论文集. 北京:学术书刊出版社:176-190.

师光禄,王有年,张铁强,等. 2007. 综合防治与常规防治下枣园节肢动物群落多样性的比较. 生态学杂志, **26**(2):233-238.

王川. 2006. 中国柑橘生产与消费现状分析. 农业展望, (1):8-12.

王长永,王光,万树文,等. 2007. 有机农业与常规农业对农田生物多样性影响的比较研究进展. 生态与农村环境学报, **23**(1):75-80.

尤民生,刘雨芳,侯有明. 2004. 农田生物多样性与害虫综合治理. 生态学报, **24**(1):117-122.

曾赞安,梁广文. 2008. 不同管理方式下荔枝园节肢动物群落的调查. 环境昆虫学报, **30**(1):18-23.

张志恒,陈亦根,Rea DJ. 2003. 机油乳剂防治策略对柑橘园害虫天敌群落结构与动态的影响. 中国生态农业学报, **11**(3):19-21.

赵志摸,朱文炳,郭依泉. 1985. 桔园昆虫群落演替初步研究. 西南农学院学报(3):135-143.

赵志摸. 2000. 我国柑桔害虫的研究现状. 昆虫知识, **37**(2):110-116.

钟平生,梁广文,曾玲. 2005. 有机稻田主要天敌类群及其群落多样性演替. 中国生物防治, **21**(3):155-158.

邹建掬,周程爱,彭俊彩,等. 1992. 综防和化防对策下桔园昆虫群落组成研究//中国生态学会青年研究会,北京农业大学有害生物综合治理研究所. 青年生态学者论丛(二). 北京:中国科学技术出版社:361-366.

Altieri MA. 1994. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. New York:Haworth Press.

Bengtsson J, Ahnström J, Weibull AC. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, **42**:261-269.

Hole DG, Perkins AJ, Wilson JD, *et al.* 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, **122**:113-130.

Letourneau DK, Goldstein B. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology*, **38**:557-570.

Odum EP. 1971. *Fundamentals of Ecology* (3rd ed.). Philadelphia:WB Saunders Company.

Zehnder G, Gurr GM, Kuhne S, *et al.* 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, **52**:57-80.

作者简介 李志强,男,1974年生,博士。主要从事昆虫生态及城市害虫治理研究。E-mail:lizhiqiang61@163.com  
责任编辑 刘丽娟