

温室内大花植物对天敌丰度及其控害功能的影响*

付 雪¹ 叶乐夫^{2**} 韩新华¹ 邵红涛¹ 吕 军¹

(1. 黑龙江大学农业资源与环境学院 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学农学院 哈尔滨 150030)

摘 要 【目的】大花植物(花粉和花蜜)能否为特殊的寒地温室内各种昆虫的成虫期补充营养,提供食物来源进而影响温室内天敌的控害功能是当前保护地内防控害虫的关键的科学问题之一。【方法】本实验连续两年选择调查了哈尔滨市郊区(寒地,北纬45°)三栋大型玻璃温室的花卉作物栽培引入情况并用粘虫板连续监测了温室内各种节肢动物丰度动态,分析了温室内大花植物栽培比例对各类(种)优势害虫丰度,寄生性天敌及捕食性天敌丰度的影响,探讨了不同天敌类群丰度的关系及害虫多样性与总丰度等关系。【结果】研究表明:较高比例的大花植物栽培整体上能提高害虫的多样性指数,抑制各种害虫种群的暴发,但单一种类的大花植物也会导致较为严重的害虫发生;影响寄生性天敌类群的环境因素与影响捕食性天敌的因素相似,而捕食性天敌(体型较大)对化学农药的喷洒相对更为敏感。【结论】研究结果可为田间生物控害工程的“功能植物”筛选提供信息,为设施农业害虫生物防治提供科学依据。

关键词 玻璃温室, 寒地, 大花植物, 捕食性天敌, 寄生性天敌, 生物多样性

Impacts of mass-flowering plants on the abundance of natural enemies of arthropod pests in greenhouses in Northern China

FU Xue¹ YE Le-Fu^{2**} HAN Xin-Hua¹ SHAO Hong-Tao¹ LV Jun¹

(1. College of Agricultural Resource and Environment, HeiLongjiang University, Harbin 150086, China;

2. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract 【Objectives】To determine whether mass-flowering plants in greenhouses in cold regions provide nutrition for adult insects is an important issue related to the effective control of arthropod pests. 【Methods】The planting structure, species of flying adult insects captured on sticky card traps, influence of planting ratio (mass-flowering plants to other species) on pest abundance and parasitoid abundance were investigated in three independent, large, glass greenhouses in a suburb of Harbin city (Latitude 45°N) in 2010-2011. Predator abundance and the relationship between parasitoids and predators and between pest abundance and diversity were analyzed using linear regression models. 【Results】The results show that, at least in Northern China, higher ratios of mass-flowering plants can increase the biodiversity of pests and suppress outbreaks of specific pest species in greenhouses. Monocultures of specific mass-flowering plants can, however, also lead to serious pest infestation, and fewer parasitoids and predators. Parasitoids and predators responded to environmental conditions in a similar way, except that predators, which are typically larger than parasitoids, were more sensitive to crop management, especially chemical spraying. 【Conclusion】This study provides primary information to inform the choice of plants for “bio-control

* 资助项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目 (12511404)

**通讯作者, E-mail: lefu.ye@gmail.com

收稿日期: 2013-12-10, 接受日期: 2013-12-23

engineering” of open fields. The methods used can also provide early warning of the invasion of exotic organisms and global change in arthropod biodiversity.

Key words glass greenhouse, cold area, mass-flower plant, predator, parasitoid, bio-diversity

近年来, 在中国高纬度地区 (如黑龙江省等), 相继建造了大批具有人工调控环境能力的永久性现代化玻璃温室用于花卉的生产 (孔海燕, 2008), 引种培育非本地栽培品种的花卉, 实现全年生产供应花卉。温室花卉主要品种包括: 菊花 (*Dendranthema morifolium*)、文竹 (*Asparagus setaceus*)、蝴蝶兰 (*Phalaenopsis* sp.)、一品红 (*Euphorbia pulcherrima*)、天竺葵 (*Pelargonium hortorum*)、矮牵牛 (*Petunia hybrida*)、海棠 (*Malus spectabilis*) 等。温室内温度高, 湿度大, 温差小, 光照较弱, 通风条件不佳, 可以为花卉提供适宜的生长环境, 同时也为花卉害虫提供了生长繁殖的温床。温室中化学防治强度大, 但是花卉害虫多数种类体型小, 属于 r-对策者, 繁殖力强, 易适应环境, 易暴发成灾; 同时寄主植物广泛, 具有转移为害的特点, 这些特点导致花卉害虫防治难度较大 (丁世民等, 2002)。据报道, 欧美、加拿大、新西兰等国家的花卉害虫种类主要有潜叶蝇 (*Agromyzidae*)、叶螨、蚧 (*Pseudococcidae*)、蚜虫 (*Aphididae*)、象甲 (*Curculionidae*)、蓟马 (*Thripidae*) 等。上海地区花卉优势害虫为烟粉虱 (*Bemisia tabaci*)、花蓟马 (*Frankliniella intonsa*) 和桃蚜 (*Myzus persicae*); 新疆乌鲁木齐地区温室春季花卉害虫优势类群为蚧类害虫; 福建地区的有螨类、蚧类、蔗扁蛾 (*Opogona sacchari*) 等 (黄月英等, 2006; 阿地力·沙塔尔, 2007; 张鲁民等, 2007)。黑龙江本地温室多发生蚜虫, 粉虱 (温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* 和烟粉虱), 潜叶蝇, 蓟马等, 前

三类害虫还能传播病害, 造成更为严重的不良后果 (徐汝梅和成新跃, 2005; 付雪等, 2011)。本地温室花卉害虫的防治采取了害虫综合治理 (Integrated pest management) 的方式, 即以农业防治、物理防治和生物防治为主, 辅以化学防治。其中化学防治占据着重要地位, 但是长期使用单一药剂品种, 容易引起某些害虫产生抗药性, 从而降低化学防治效果 (黄远贵, 2008)。注重一些生物农药、植物源农药的采用, 以保护天敌, 增强自然控制作用, 即生物防治, 包括利用捕食性天敌 (草蛉 (*Chrysopidae*)、瓢虫 (*Coccinellidae*)、食蚜蝇 (*Syrphidae*)、蜘蛛等)、寄生性天敌 (寄生蜂、寄生蝇等) 及害虫性外激素等进行防治。天敌群落中的寄生性天敌在自然界中数量大、种类多、作用显著, 在害虫的生物防治中占据极其重要的地位 (张鲁民等, 2007)。常见的寄生性天敌有姬蜂 (*Ichneumonidae*)、小蜂 (*Chalcidoidea*)、蝇茧蜂 (*Opius* sp.) 等。姬蜂寄主包括鳞翅目、鞘翅目、双翅目、膜翅目、脉翅目、毛翅目等全变态昆虫的幼虫和蛹, 是一类重要的益虫。李洪安 (2007) 的研究发现用人工释放丽蚜小蜂 (*Encarsia formosa*) 的方法防治温室白粉虱有效率可达 95.6%。另外, 常见的捕食性天敌有瓢虫、食蚜蝇、草蛉、蜘蛛等。天敌瓢虫属鞘翅目, 瓢虫科, 捕食的害虫主要有各种蚜虫、螨、蚧壳虫和鳞翅目害虫。利用捕食性天敌防治害虫也有许多成功案例: 如利用澳洲瓢虫 (*Rodolia cardinalis*) 和移植大红瓢虫 (*Rodolia rufopilosa*) 防治柑橘介壳虫, 七星瓢虫 (*Coccinella septempunctate*) 幼虫及成虫能够捕

食百合桃蚜(曹毅等, 2004), 多种瓢虫对蚧类、蚜虫等都能发挥抑制作用(朱国仁, 1992)。食蚜蝇以幼虫捕食害虫, 捕食害虫有各种蚜虫、介壳虫、粉虱、叶蝉(Cicadellidae)、蓟马和鳞翅目蛾、蝶类害虫的低龄幼虫, 每头幼虫一生可捕食 100~1 000 头(成新跃, 2004)。如何保护温室内自然天敌不同类群, 增强其自然控害功能是害虫治理的重要方向之一。

玻璃温室造价成本比较高, 一般都养殖具有较高经济价值的花卉植物(普通蔬菜作物生产难以回收成本), 花卉植物分为观花植物和观叶植物两大类(张英等, 2008)。不同植物发生害虫的种类及严重程度都有比较明显的差异, 同一温室栽种花卉种类及配比不同也会影响温室内昆虫群落的结构与丰度。在生态环境良好的地方, 大花植物能够提供花粉及花蜜作为寄生蜂的食物或者捕食性天敌的替代食物, 有利于建立天敌群落, 生物防治效果比较显著, 在玻璃温室中, 起到了类似于“功能植物”的作用(赵紫华等, 2013)。

寒地温室建立的初始阶段都曾经以生产绿色食品甚至有机食品为目标, 但这些温室的天敌昆虫群落不稳定, 难以在控害中发挥主导作用, 继而演变为依赖其他手段进行害虫防治(徐永艳, 2002)。根据昆虫生活史全过程的特点, 推测温室中部分种类的天敌昆虫种群不够繁盛的主要原因之一是这些温室可能相对缺乏天敌昆虫成虫补充营养的食物来源, 即花粉花蜜的来源植物(大花植物)相对缺乏, 成虫无充分的花蜜花粉作为食物, 因此影响了某些种类的天敌繁衍进而降低天敌的生防功能。

通过系统调查, 明确黑龙江地区常见温室花卉、花卉害虫、害虫天敌的种类(类群)及其动态, 分析温室内大花植物栽培对主要的害虫发生

成灾的影响及其可能机理, 从而对寒地玻璃温室害虫的可持续性治理提出参考建议。

1 材料与方法

1.1 温室花卉多样性调查

在哈尔滨市(北纬 45°)农科院大型玻璃温室中共选取 3 栋花卉养殖温室, 定点调查, 记录全年各时期主要花卉种类和数量。记录调查时室内的温度、湿度、光照及通风情况。

1.2 温室花卉害虫及天敌多样性调查

在选取的 3 个花卉养殖温室, 于距离植株顶部 10~15 cm 悬挂捕虫黄板, 每 15 m² 挂置一块。定期取回镜检统计换下来的黄板上各种昆虫种类和数量。每次调查换板时抽查各种花卉植株上昆虫发生情况, 包括卵、幼虫及成虫的丰度调查, 数据相对粗略, 仅作为板上飞虫情况的简单印证, 证实了温室内活动的飞虫也会在相应的寄主植物上取食和繁殖。

1.3 数据统计与分析

1.3.1 温室各阶段大花植物所占面积比例计算

大花植物比率 = 大花植物移动苗床数 / 全部花卉移动苗床数。

(所用移动苗床尺寸差异不大, 约 2 m × 15 m)

1.3.2 花卉和昆虫群落结构分析 用 Excel 软件计算主要花卉害虫及其天敌的种群数量, 作种群动态图。按照下列公式计算花卉及诱捕昆虫的物种丰富度(物种数)(S), Berger-Parker 优势度指数(D), Shannon-Wiener 多样性指数(H'), Pielou 的均匀性指数(E), Simpson 多样性指数(C)。

(1) 某一物种的优势度用 Berger-Parker 优势度指数 D 代替。

$$D = N_i / N_t$$

式中: N_i 为某一物种的个体数量, N_t 为全部物

种的个体总数。

$D \geq 0.1$ 时, 为优势种; $0.05 \leq D < 0.10$ 时, 为丰盛种; $0.01 \leq D < 0.05$ 为常见种; D 在 $0.001 \leq D < 0.01$, 为偶见种; $0.0001 \leq D < 0.001$, 为稀少种; $D < 0.0001$ 为罕见种。

(2) Shannon-Wiener 多样性指数 (H')

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

$$P_i = n_i / N$$

式中: n_i 为属于第 i 个物种的个体数; N 为物种数; P_i 为属于第 i 物种在全部采样中的比例。

(3) Pielou 的均匀性指数 (E)

$$E = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

式中: H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, $H'_{\max}$ 为 H' 的最大值。

(4) Simpson 指数

$$C = 1 - \sum (P_i)^2$$

式中: C 为辛普森多样性指数; P_i 为群落中物种 i 个体所占总个体数的比例。

(5) 回归分析: 用 Excel 软件回归分析害虫多样性与丰度的关系, 寄生性天敌丰度与捕食性天敌丰度之间关系。

(6) 相关的显著性: 当 $P < 0.05$ 即显著; 当 $P < 0.01$ 为极显著。

2 结果与分析

2.1 温室花卉多样性

在 2010 和 2011 年的调查过程中哈尔滨市农科院的三栋大型温室中花卉品种共 15 种, 隶属

于 13 科 15 属。不同年份, 不同季节的优势种均不同: 2010 年, 矮牵牛 (*Petunia hybrida*)、海棠 (*Malus spectabilis*)、泡叶冷水花 (*Pilea nummulariifolia*) 和青苹果吊兰 (*Chlorophytum comosum*) 为 7 月份温室花卉的优势种; 矮牵牛、海棠、草莓 (*Fragaria ananassa*) 为 8 月份的优势种, 矮牵牛和海棠为 9 月份的优势种。2011 年 7 月份的优势种为鸟巢蕨 (*Neottopteris nidus*)、绿巨人 (*Spathiphyllum floribundum*)、矮牵牛、青苹果吊兰和海棠; 10 月份温室的优势种为鸟巢蕨、矮牵牛、绿巨人、一品红和青苹果吊兰; 12 月份温室的优势种为杜鹃 (*Rhododendron simsii*)、一品红、鸟巢蕨和青苹果吊兰 (表 1)。其中大花植物 (花期较长) 包括矮牵牛, 天竺葵, 海棠, 草莓和袋鼠花 (*Anigozanthos flavidus*), 能够在花期提供花粉和花蜜。

根据不同调查时间温室花卉种类和数量的调查数据计算, 得到不同调查年份和月份温室花卉的多样性指数如表 2 所示。2011 年 7 月份温室的花卉 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 的均匀性指数和 Simpson 多样性指数均为最高; 2010 年则是 8 月份的相应指数最高。

表 1 温室花卉在不同调查时间的物种优势度指数 (D)

Table 1 Dominance index of flower plant species in green house at different investigating times

花卉名称 Flower scientific name	科 Family	属 Genus	物种优势度指数(D) 2010 年 Dominance index of plant species (D) 2010	物种优势度指数(D) 2011 年 Dominance index of plant species (D) 2011

			7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	10 月 Oct.	12 月 Dec.
泡叶冷水花 <i>Pilea nummulariifolia</i>	荨麻科 Urticaceae	冷水花属 <i>Pilea</i>	0.125	0.096	/	/	0.038	0.025
常春藤 <i>Hedera nepalensis</i>	五加科 Araliaceae	常春藤属 <i>Hedera</i>	/	0.068	0.093	/	/	/
彩叶草 <i>Coleus blumei</i>	唇形科 Lamiaceae	鞘蕊花属 <i>Coleus</i>	/	/	/	0.048	/	/
袋鼠吊兰 <i>Ipomoea lobata</i>	苦苣苔科 Gesneriaceae	金鱼草属 <i>Antirrhinum</i>	/	0.019	0.027	0.056	0.063	0.058
青苹果吊兰 <i>Chlorophytum comosum</i>	天南星科 Araceae	绿萝属 <i>Chlorophytum</i>	0.108	0.032	0.022	0.148	0.108	0.101
天竺葵 <i>Pelargonium hortorum</i>	牛儿苗科 Geraniaceae	天竺葵属 <i>Pelargonium</i>	0.036	0.033	0.023	/	/	/
一品红 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	/	/	/	/	0.165	0.277
海棠 <i>Malus spectabilis</i>	蔷薇科 Rosaceae	苹果属 <i>Malus</i>	0.323	0.299	0.205	0.108	/	/

续表 1 (Table 1 continued)

花卉名称 Flower scientific name	科 Family	属 Genus	物种优势度指数(D) 2010 年 Dominance index of plant species (D) 2010			物种优势度指数(D) 2011 年 Dominance index of plant species (D) 2011		
			7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	10 月 Oct.	12 月 Dec.
草莓 <i>Fragaria ananassa</i>	蔷薇科 Rosaceae	草莓属 <i>Fragaria</i>	/	0.112	0.044	/	/	/
杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>	杜鹃花科 Ericaceae	杜鹃花属 <i>Rhododendron</i>	0.004	/	/	/	/	0.326
矮牵牛 <i>Petunia hybrida</i>	茄科 Solanaceae	矮牵牛属 <i>Petunia</i>	0.404	0.340	0.583	0.19	0.213	/
石莲 <i>Sinocrassula indica</i>	景天科 Crassulaceae	石莲花属 <i>Echeveria</i>	/	/	0.003	/	/	/

鸟巢蕨 <i>Neottopteris nidus</i>	铁角蕨科 Aspleniaceae	巢蕨属 <i>Neottopteris</i>	/	/	/	0.205	0.23	0.213
绿巨人 <i>Spathiphyllum floribundum</i>	天南星科 Araceae	苞叶芋属 <i>Spathiphyllum</i>	/	/	/	0.164	0.184	/
铁线蕨 <i>Adiantum capillus</i>	铁线蕨科 Adiantaceae	铁线蕨属 <i>Adiantum</i>	/	/	/	0.08	/	/

表 2 不同调查时间温室花卉的多样性指数
Table 2 Diversity index of flower varieties in green house at different investigating times

	2010			2011		
	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	10 月 Oct.	12 月 Dec.
物种丰富度 (S) Species abundance (S)	6	8	8	8	7	6
Shannon-Wiener 指数 (H') Shannon-Wiener index (H')	1.374	1.681	1.284	1.970	1.814	1.538
Pielou 的均匀性指数 (E) Pielou's evenness index (E)	0.767	0.808	0.617	0.948	0.932	0.859
Simpson 多样性指数 (C) Simpson's diversity index (C)	0.704	0.766	0.606	0.849	0.824	0.757

2.2 温室花卉节肢动物多样性

如表 3 所示, 调查过程中哈尔滨市农科院的温室中花卉昆虫隶属于 2 纲 9 目, 已鉴别的 17 科。天敌为膜翅目的 4 科寄生类昆虫, 双翅

目的食蚜蝇科 (Syrphidae) 和食虫虻科 (Asilidae), 鞘翅目里的瓢虫, 脉翅目的草蛉科 (Chrysopidae) 以及蛛形纲的蜘蛛目昆虫, 其余为花卉害虫。

表 3 温室花卉昆虫在不同调查时间的优势度指数 (D)
Table 3 Dominance index of insect family on green house flowers at different investigating times

目 Order	科 Family	物种优势度指数(D) 2010 年 Dominance index of plant species (D) 2010			物种优势度指数(D) 2011 年 Dominance index of plant species (D) 2011		
		7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	10 月 Oct.	12 月 Sep.
膜翅目 Hymenoptera	姬蜂科 Ichneumonidae	<0.0001	<0.0001	0.0001	/	0.0011	/
	茧蜂科 Braconidae	0.0001	0.0005	0.0003	0.0010	0.0017	/

	小蜂科 Chalcididae	0.0022	0.00936	0.0043	0.0478	0.0405	0.0299
	蚜小蜂科 Aphelinidae	0.0018	0.0246	0.0212	0.0235	0.0645	<0.0001
	蚊科 Formicidae	/	/	/	<0.0001	<0.0001	/
	丽蝇科 Calliphoridae	<0.0001	0.0006	0.0004	0.0006	0.0016	0.0003
	蝇科 Muscidae	0.0001	0.0011	0.0003	0.1035	0.0055	0.0021
双翅目 Diptera	蚊科 Culicidae	<0.0001	0.0011	0.0009	0.0003	0.0019	<0.0001
	潜蝇科 Agromyzidae	0.0066	0.0478	0.0419	0.0134	0.0153	0.0017
	眼蕈蚊科 Sciaridae	0.0198	0.2015	0.1115	0.3462	0.0798	0.2499
	食蚜蝇科 Syrphidae	/	/	/	<0.0001	0.0005	/
	食虫虻科 Asilidae	/	/	/	/	<0.0001	/
	蚜科 Aphididae	0.0006	0.0028	0.0049	0.0045	0.0354	0.0004
同翅目 Homoptera	叶蝉科 Cicadellidae	<0.0001	/	/	0.0008	0.0006	<0.0001
	粉虱科 Aleyrodidae	0.9303	0.5423	0.6692	0.4086	0.6439	0.6313
	飞虱科 Delphacidae	/	/	/	/	<0.0001	/
缨翅目 Thysanoptera		0.0379	0.1629	0.1433	0.0432	0.0997	0.0834
鳞翅目 Lepidoptera		0.0001	0.0035	0.0008	0.0048	0.0028	0.0007
鞘翅目 Coleoptera		0.00010	0.0017	0.0002	0.0010	0.0034	<0.0001
半翅目 Hemiptera		<0.0001	0	0	0.0002	0.0004	/
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	/	/	/	/	0.0002	/
蜘蛛目 Araneida		<0.0001	0.0002	0.0008	0.0004	0.0010	0.0002

在调查的过程中,各种昆虫的优势度随调查年份和月份不同而发生变化。总体看来,同翅目的粉虱科(Aleyrodidae)害虫为温室花卉昆虫的优势害虫,缨翅目的蓟马以及双翅目的瘿蚊科(Cecidomyiidae)害虫优势度也较高。天敌昆虫优势度相对较低,以寄生性天敌膜翅目的小蜂科(Chalcididae)和蚜小蜂科(Aphelinidae)最为常见。几次调查中温室花卉昆虫个体数量最多的前4个目为同翅目、双翅目、膜翅目和缨翅目,这几个目的个体总数占群落个体总数的90%以上(表3)。

根据不同年份不同月份温室花卉昆虫的种

类和数量的调查数据计算,得到不同调查时间温室花卉害虫和天敌的多样性指数,2010年7月份和2011年10月份的天敌的Shannon-Wiener多样性指数最高,2010年7月份天敌的Pielou的均匀性指数和Simpson多样性指数最高;2011年7月份温室花卉害虫的Shannon-Wiener多样性指数和Simpson多样性指数均为最高,2010年害虫的Pielou的均匀性指数最高(表4)。

在三栋温室的调查中发现烟粉虱的虫量是所有昆虫种类中最高的,在第一次调查中,即2010年7月份数量最多,均值达到2000多只/黄板,极值达到9000多只/黄板。此后数量虽有

升降,但仍然是绝对的优势种昆虫。眼蕈蚊科害虫蘑菇蝇及缨翅目害虫蓟马的数量相对其它害虫来说也比较大,但种群数量变化不大(图 1:A)。在天敌昆虫中,寄生性天敌以各类蜂为主,其中小型蜂和超小型蜂种群数量较高。仅在 2010 年几次调查中各类蜂数量较低(<5 头/黄板),2011 年第 2 次调查发现,小型蜂(小蜂科)和超小蜂(蚜小蜂科)数量达到最高值(约 25 头/

黄板,单次调查极值达 235 头/黄板),之后超小蜂数量迅速减少(<1 头/黄板)。大型蜂(姬蜂科)和中型蜂(茧蜂科)数量在几次调查中均处于较低水平(图 1:B)。在调查过程中,各类捕食性天敌在调查的整个过程中数量较低(<1 头/黄板)2011 年第 2 次调查数量最高,以蜘蛛为主,食蚜蝇、瓢虫、草蛉和食虫虻在这次调查中均有发现(图 1:C)。

表 4 不同调查时间温室花卉害虫和天敌的多样性指数

Table 4 Diversity indices of arthropod pests and natural enemies on green house flowers at different investigating times

		2010			2011		
		7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	10 月 Oct.	12 月 Dec.
天敌 Natural enemy	Shannon-Wiener 指数 (H') Shannon-Wiener index (H')	0.884	0.699	0.663	0.746	0.883	0.043
	Pielou 均匀性指数 (E) Pielou evenness index (E)	0.550	0.434	0.412	0.416	0.402	0.039
	Simpson 多样性指数 (C) Simpson's diversity index (C)	0.538	0.425	0.345	0.465	0.518	0.014
害虫 Pest	Shannon-Wiener 指数 (H') Shannon-Wiener index (H')	0.308	1.169	0.970	1.256	1.061	0.933
	Pielou 均匀性指数 (E) Pielou evenness index (E)	0.120	0.508	0.421	0.464	0.374	0.364
	Simpson 多样性指数 (C) Simpson's diversity index (C)	0.125	0.610	0.491	0.651	0.458	0.510

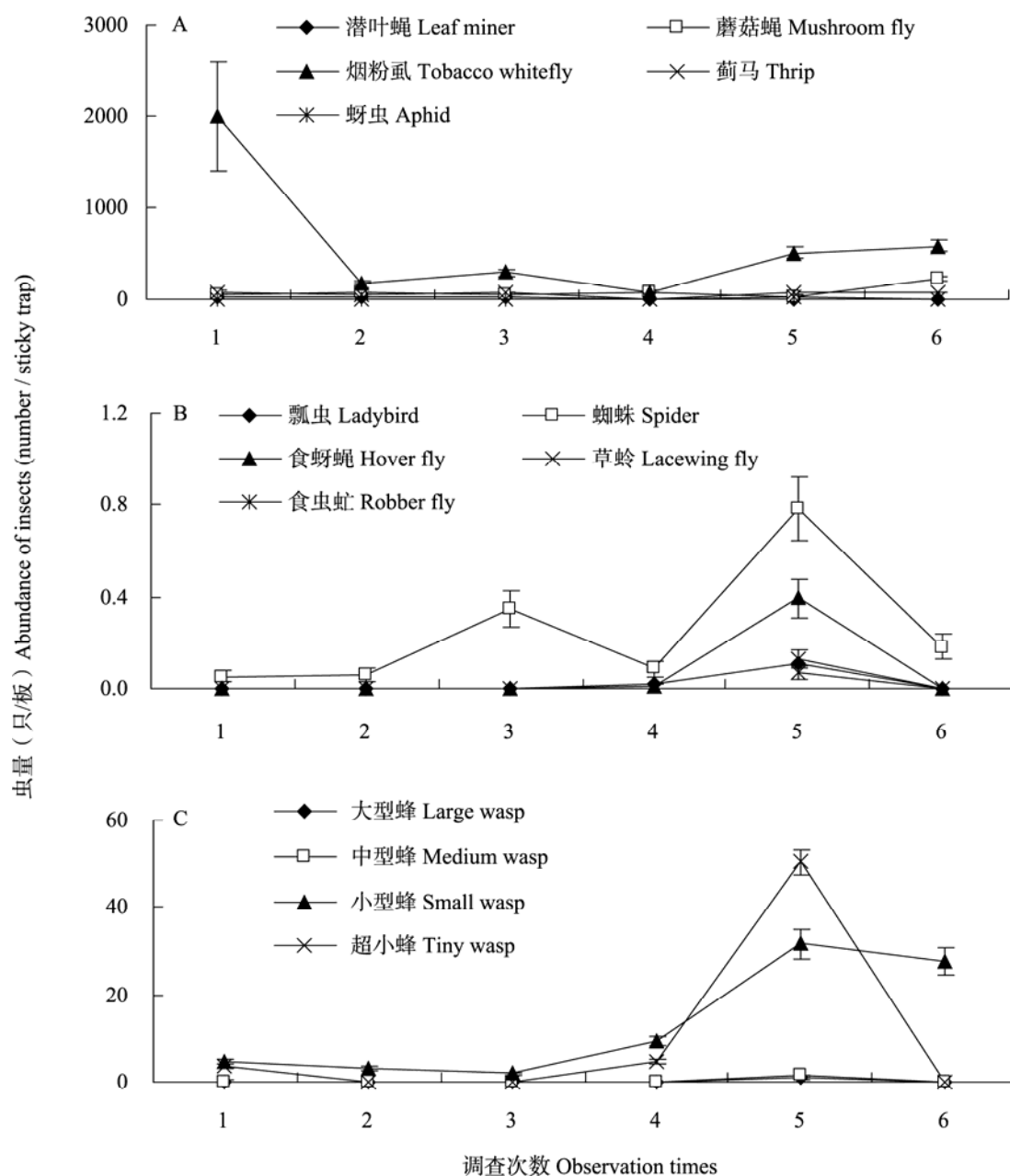


图 1 主要温室花卉害虫类群 (种) (A)、寄生性天敌 (B) 及捕食性天敌 (C) 种群动态
Fig. 1 Population dynamics of major arthropod pest groups (or species) (A), parasitoid natural enemy (B) and predator natural enemy (C)

几次温室调查数据汇总表明, 1 号温室大花植物面积比例较低 (约 10%), 2 号温室比例居中 (约 30%), 3 号温室比例最高 (近 50%) (图 2: A); 害虫总丰度为 3.2 : 1.9 : 1 (图 2: B), 寄生性天敌总丰度为 4.4 : 1.5 : 1 (图 2: C),

捕食性天敌总丰度为 7 : 3.3 : 1 (图 2: D), 其在三栋温室的分布情况类似, 1 号丰度最高, 3 号丰度最低, 2 号丰度居中。

4 种主要害虫在三栋温室的丰度趋势类似, 都是大花植物少的 1 号温室害虫丰度最高,

大花植物比例居中的 2 号温室害虫丰度也居中, 而大花植物最多的 3 号温室各类害虫丰度都差不多最低。蚜虫 (有翅蚜) 的情况稍许特殊: 2 号温室蚜虫最多, 其次是 1 号温室, 蚜虫最少的还是 3 号温室 (图 3)。

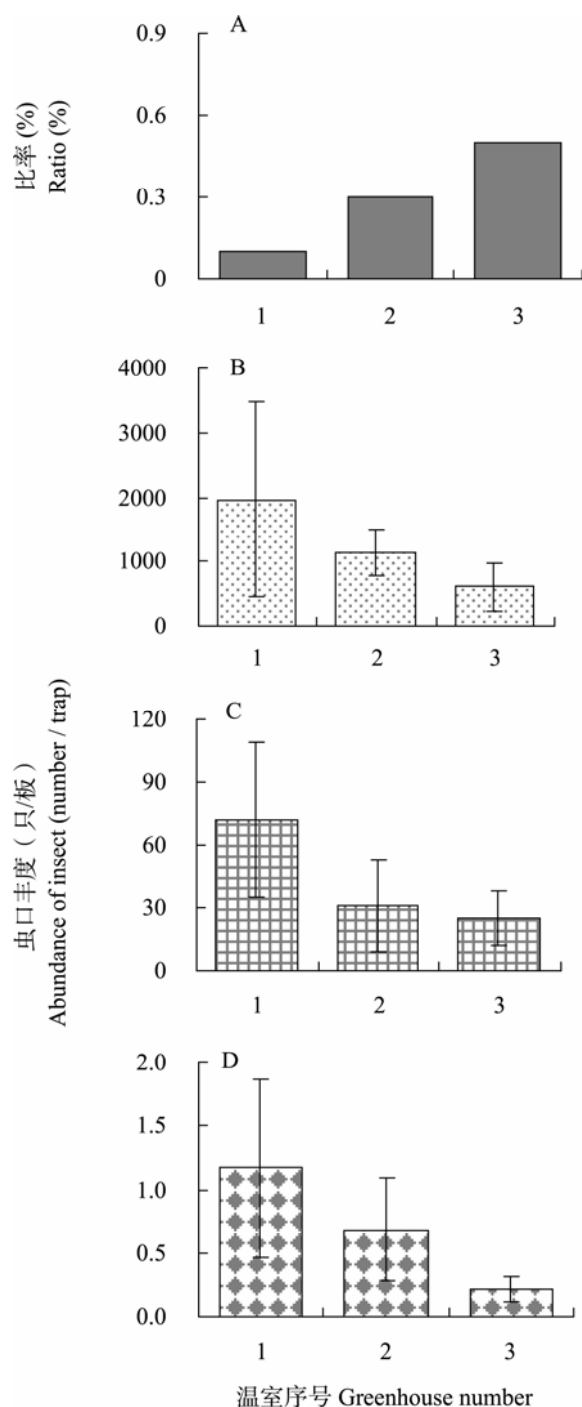


图 2 各温室两年大花植物面积比例 (A)、害虫丰度 (B)、寄生性天敌 (C) 和捕食性天敌丰度 (D)

Fig. 2 Ratio of planting acreage for mass flower plants (A), pest abundance (B), abundance of parasitoid natural enemies (C) and abundance of predator natural enemies (D) in all green houses for both years (2010-2011)

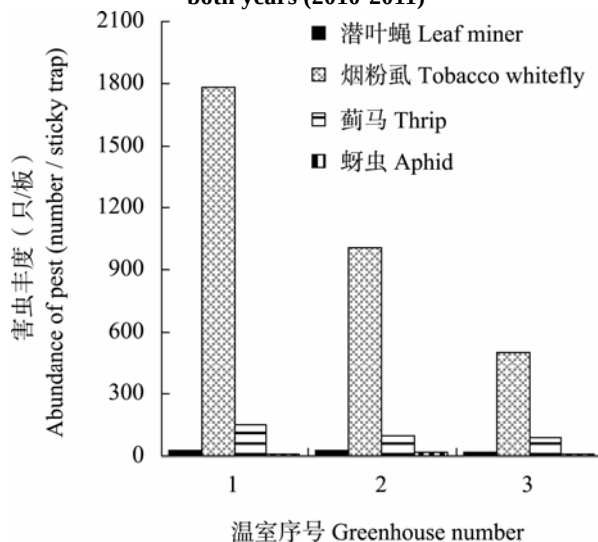


图 3 温室几种 (类) 优势害虫的平均丰度

Fig. 3 Average abundance of several dominant arthropod pests in green house

2.3 温室花卉、害虫、天敌的相关性分析

2.3.1 数量相关 花卉数量与几种主要害虫数量的相关性分析如表 5 所示, 花卉数量与害虫总数显著正相关 ($P < 0.05$), 与烟粉虱的数量显著正相关 ($P < 0.05$), 与潜叶蝇的 Pearson 相关指数为 0.337 ($P < 0.05$), 与蓟马的 Kendall 相关指数和 Spearman 相关指数分别为 0.218 ($P < 0.05$) 和 0.313 ($P < 0.05$)。

花卉主要害虫与寄生性天敌数量和捕食性天敌数量的相关性分析如表 6 所示, 在不同温室, 不同调查时间相关性不同, 大多数的显著性相关为害虫数量与寄生性天敌数量的显著相关, 只有 2011 年 10 月的害虫数量与捕食性天敌显著正相关 ($P < 0.05$)。1 号温室在 2010 年 8 月和 9 月以及 2011 年的 7 月和 10 月调查时害虫数量与寄生性天敌数量显著正相关; 2 号温室在 2010 年 8 月

和 2011 年的 10 月调查时害虫数量与寄生性天敌数量显著正相关;3 号温室在 2011 年 7 月调查时害虫数量与寄生性天敌数量显著正相关。

各个指标之间均无显著相关,害虫与寄生性天敌的多样性之间的相关性比较高 (Spearman 相关指数为 0.355)。

2.3.2 多样性指数相关 花卉多样性指数与害虫、天敌多样性指数的相关性分析如表 7 所示,

表 5 花卉数量与几种主要害虫数量的相关分析

Table 5 Correlation analysis between abundances of flower and several major insect pests

	相关系数 Correlation coefficient	害虫总数 Pest abundance	潜叶蝇 Leaf miner	蘑菇蝇 Mushroom fly	烟粉虱 Tobacco whitefly	蓟马 Thrip	蚜虫 Aphid
花卉数量 Flower abundance	Pearson	0.706*	0.337*	0.076	0.702*	0.207	-0.073
	Kendall	0.351*	0.139	0.218*	0.445*	0.06	0.06

注: * 表示相关显著, $P < 0.05$ 。下表同。

* indicate significant difference at 0.05 levels. The same below.

表 6 花卉主要害虫数量与寄生性天敌与和捕食性天敌数量的相关分析

Table 6 Correlation analysis between abundances of several major insect pests and parasitoid natural enemies (or predator natural enemies)

温室号码 Greenhouse number	相关系数 Correlation coefficient	害虫数量与寄生性天敌数量 Abundances of insect pests and parasitoid natural enemies			害虫数量与捕食性天敌数量 Abundances of insect pests and predator natural enemies			
		2010-2011	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.
1	Pearson		-0.263	0.402*	0.275	-0.101	0.037	-0.12
	Kendall		-0.166	0.212	0.296*	0.066	0.027	-0.109
	Spearman		-0.229	0.253	0.406*	0.079	0.033	-0.143
2	Pearson		-0.06	0.677*	0.228	-0.269	-0.168	0.145
	Kendall		-0.022	0.532*	0.246	-0.218	-0.146	0.105
	Spearman		-0.04	0.729*	0.316	-0.262	-0.184	0.133
3	Pearson		0.251	-0.276	-0.074	-0.112	/	-0.244
	Kendall		0.224	-0.207	-0.08	-0.056	/	-0.231
	Spearman		0.32	-0.296	-0.097	-0.067	/	-0.278
1	2010-2011		7 月 July	10 月 Oct.	12 月 Dec.	7 月 Jul.	10 月 Oct.	12 月 Dec.
	Pearson		0.799*	0.768*	0.251	0.038	0.307	-0.107
	Kendall		0.684*	0.559*	-0.027	0.122	0.346*	-0.006
	Spearman		0.824*	0.749*	-0.046	0.146	0.458*	-0.011
2	Pearson		0.184	0.428*	0.053	-0.058	-0.035	-0.204

3	Kendall	0.038	0.277*	0.142	-0.027	0.082	-0.205
	Spearman	0.046	0.385*	0.199	-0.032	0.097	-0.247
	Pearson	0.483*	0.133	0.01	0.164	0.346	/
	Kendall	0.402*	0.223	0.028	0.169	0.112	/
	Spearman	0.599*	0.332	0.029	0.203	0.136	/

表 7 花卉多样性与害虫、天敌多样性指数的相关分析				
Table 7 Correlation analysis between diversity indices of flower and pest (or natural enemy)				
相关系数 Correlation coefficient	花卉与害虫 Flower and pest	害虫与天敌 Pest and natural enemy	害虫与寄生性天敌 Pest and parasitoid natural enemies	害虫与捕食性天敌 Pest and predator natural enemies
Pearson	0.329	0.273	0.271	0.144
Kendall	0.175	0.242	0.29	0.099
Spearman	0.27	0.292	0.355	0.124

2.3.3 不同天敌类群关系 相关分析表明 (图 4), 在 18 次独立调查中, 寄生性天敌丰度高时捕食性天敌丰度也较高, 二者呈现显著的正相关 ($y=0.0165x - 0.0148, P<0.01$)。

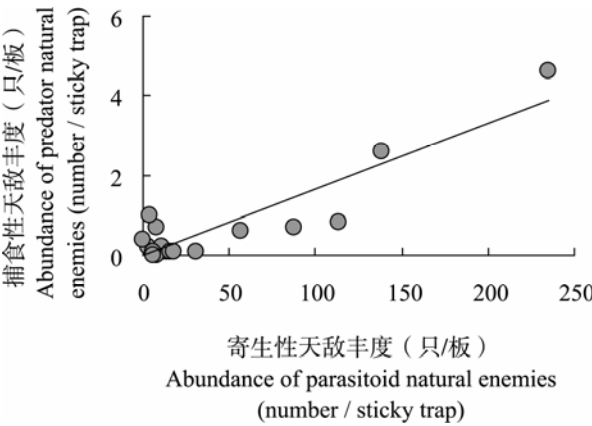


图 4 寄生性天敌与捕食性天敌丰度关系
Fig. 4 Regression analysis between abundances of parasitoid and predator

2.3.4 害虫多样性与总丰度的关系 相关分析表明 (图 5), 在 18 次独立调查中, 害虫丰度高则害虫多样性指数偏低, 丰度与多样性之间呈现显著的负相关 ($y= - 3891.4x+5207.1, P<0.01$)。

2.4 大花植物对温室内昆虫群落的稳定性的影响

秩和检验表明: 1 号温室害虫虫口丰度略高, 2 号与 3 号温室虫口丰度略低; 缺少大花植物的温室 (如 1 号温室), 害虫的多样性指数变异度相对大花植物丰富的温室 (如 3 号温室) 更大些 (表 8)。天敌群落方面, 在 18 次独立调查中, 仅在 1 号温室的第 4 次和第 5 次调查中, 2 号温室的第 5 次调查中, 3 号温室的第 5 次调查中发现有蜘蛛以外的捕食性天敌; 寄生性天敌丰度极值出现在 3 号温室第 3 次调查 (最少) 和 1 号温室第 5 次调查中 (最多), 二者 (极大值和极小值) 相差上千倍。

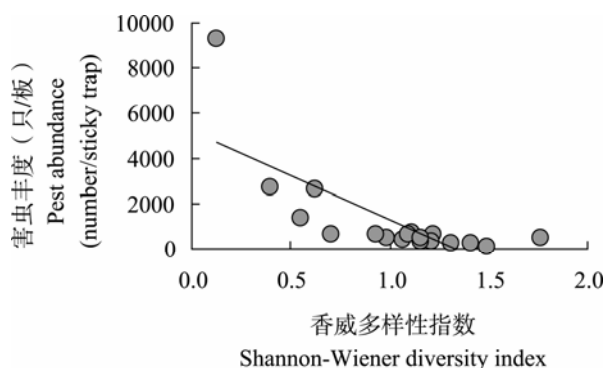


图5 温室内植食性昆虫(害虫)的多样性与丰度的关系
Fig. 5 Regression analysis between diversity index and abundance of herbivore insects (pests) in green houses

表8 各温室害虫香农威纳多样性指数
Table 8 Shannon Wiener index of arthropod pests in greenhouses

香威指数 Shannon Wiener index	温室序号 Greenhouse number		
	1	2	3
范围 Range	0.13–1.77	0.40–1.41	0.55–1.50
均值±标准差 Mean±SD	1.10±0.54	0.98±0.39	0.97±0.33

3 讨论

3.1 寒地玻璃温室花卉多样性特点

所调查的寒地玻璃温室中花卉品种随年份和季节发生一定变化,但总体上品种较少,且观叶植物品种占据相当大比例;另外,在同一玻璃温室内栽培习惯很明显,以观叶植物为主的温室就长期如此,而有栽种观花植物的温室,虽然不同季节变更品种,大花植物的比例一直维持在较高水平。

在北方寒地植物保护工作中,植物检疫通常是第一道关口,但随着人们生活水平的日益提高,对花卉的需求不断上升,在巨大的市场利益驱动下,如果仍旧寄希望于检疫工作防止植物病

虫害的传播并没有太大的现实意义。植保工作的重点应该转向管理好温室种植,避免温室内的病虫害暴发成灾继而大规模传播影响到周围大田的作物。

3.2 寒地玻璃温室害虫发生的特点

温室花卉害虫丰度随时间和不同温室条件发生剧烈波动,但主要的害虫种类稳定为有限的几个种,本调查发现温室花卉中优势害虫为烟粉虱、蓟马、瘿蚊科害虫,这几种害虫体型微小,发育时间短,繁殖力强,易于产生抗药性,且寄主植物广泛,是常见的温室花卉中的主要害虫种类(张鲁民等,2007;黄远贵,2008)。温室环境相对密闭,风速小,无降雨,温湿度较为稳定,且有丰富稳定的食源。以上两方面的原因可能导致这几种昆虫稳定为当地玻璃温室花卉害虫的优势种。另外,本调查发现烟粉虱一直是温室花卉害虫中的优势种,其优势度指数远远超过其它害虫。温室白粉虱在这些温室里已经完全被烟粉虱竞争淘汰,可能与烟粉虱已经发展出的超高的抗药性是有密切关系的。这也警示温室花卉经营者不能单一依靠化学农药防治害虫。

3.3 寒地玻璃温室天敌群落发生的特点

温室内天敌种类较少,以膜翅目的寄生类为主(小蜂科和蚜小蜂科最为常见),偶尔发现双翅目食蚜蝇科和食虫虻科,鞘翅目瓢虫,脉翅目草蛉科以及蛛形纲蜘蛛目昆虫等捕食性天敌,由此推测寄生性天敌是天敌的主体控害力量。捕食性天敌数量始终维持较低水平,这可能与玻璃温室的独特环境有关,例如捕食性天敌个体较大,受到防虫网的限制,进出温室相对不便,可能影响到化学防治时期的天敌逃逸及天敌种群恢复阶段的新个体补充;而且温室内的化学防治对捕

食性天敌的杀伤性也高于对寄生性天敌 (r 策略者抗药性上升快)。

3.4 寒地玻璃温室大花植物对昆虫发生的影响

大花植物对天敌昆虫和对害虫的作用各有特点, 也有共性: 花卉数量与害虫总数成显著正相关, 即花卉数量越多, 害虫总数越多, 其中主要由烟粉虱数量引起的。害虫数量与寄生性天敌的数量显著正相关, 而与捕食性天敌无此种关系, 这可能进一步证明在玻璃温室内寄生性天敌的控害作用是天敌控害的主体力量。两类天敌丰度的显著正相关结果说明环境条件(包括人为扰动)对寄生性天敌的影响作用与对捕食性天敌的作用是类似的, 即对寄生性天敌有利的环境条件也对捕食性天敌有利; 对其中一类天敌不利则对另一类天敌也不利。害虫虫口丰度的极值出现在 1 号温室 (最大) 和 3 号温室 (最小), 这也与温室大花植物较高比例一般能降低害虫虫口丰度的整体结论保持一致。

至于提高温室内大花植物比例是通过什么途径 (机理) 影响到害虫与天敌种群丰度的, 最初的解释为观花植物经济价值相对高 (比观叶植物), 化学农药喷施频率偏高 (即管理投入更高), 昆虫群落的发生受到较好的压制, 但在实地多次的问询调查中否定了这个设想: 事实上, 对观叶植物的管理在化学农药喷施等方面与观花种类基本一致。由此推测不同温室内昆虫群落发生的差异更可能就是由丰富的植物花粉花蜜影响差异造成的。

致谢: 感谢哈尔滨市农科院赵娜, 黑龙江省农科院园艺分院谭巍在实验调查中给予的帮助。

参考文献 (References)

- 阿地力·沙塔尔, 韩春莲, 玛依拉, 2007. 乌鲁木齐地区温室花卉害虫调查及无污染防治试验. *新疆农业大学学报*, 30(2): 49-53.
- [ADILI-S, HAN CL, MAYILA, DILINUER, 2007. Survey on greenhouse flower pests and unpollution control in Urumqi city. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 30(2): 49-53.]
- 曹毅, 崔志新, 王蕴波, 陈文胜, 2004. 百合上桃蚜及其天敌种群动态研究. *佛山科学技术学院学报 (自然科学版)*, 22(1): 71-74.
- [CAO Y, CUI ZX, WANG YB, CHEN WS, 2004. Study on the population dynamics of *Myzus Persicae* and its natural enemies on lily. *Journal of Foshan University (Natural Science Edition)*, 22(1): 71-74.]
- 成新跃, 2004. 食蚜蝇. *生物学通报*, 39(2): 9-12.
- [CHENG XY, 2004. Syrphid flies. *Bulletion of Biology*, 39(2): 9-12.]
- 丁世民, 王新国, 庞淑英, 2002. 温室花卉病虫害的发生特点与可持续控制策略. *湖北植保*, (4): 17-20.
- [DING SM, WANG XG, PANG SY, 2002. Development characteristics and sustainable control strategy of disease and insect pests on greenhouse flower. *Hubei Plant Protection*, (4): 17-20.]
- 付雪, 叶乐夫, 王贵强, 戈峰, 2011. 黑龙江地区烟粉虱和温室白粉虱发生动态. *应用昆虫学报*, 48(1): 32-37.
- [FU X, YE LF, WANG GQ, GE F, 2011. Occurrence and development for *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* in Heilongjiang Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 32-37.]
- 黄远贵, 2008. 重庆市花卉设施栽培中主要病虫害综合控制技术. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.
- [HUANG YG, 2008. Study on integrated control technique of dominant diseases and pests in flower cultivation facilities of Chongqing. Master Dissertation. Chongqing: Southwest University.]
- 黄月英, 2006. 福建省进境花卉生长期病虫害调查. *植物检疫*, 20(3): 171-172.
- [HUANG YY, 2006. Survey on diseases and insect pests of growing import flowers in Fujian province. *Plant Quarantine*, 20(3): 171-172.]
- 孔海燕, 2008. 世界花卉业发展现状——2007 年度 AIPH 及 UF 花卉统计年册数据分析. *中国花卉园艺*, (19): 15-17.
- [KONG HY, 2008. Current developing of worldwide flower industry ----Data analysis on year book for AIPH and UF in 2007. *China Flowers & Horticulture*, (19): 15-17.]

- 李洪安, 王萱, 李响, 郭锐, 张远芳, 2007. 丽蚜小蜂和黄板诱杀防治温室白粉虱研究初报. *中国农学通报*, 23(7): 475–477.
- [LI HA, WANG X, LI X, GUO R, ZHANG YF, 2007. The pilot studies on preventative method to greenhouse whitefly by *Encarsia Formosa* and yellow board. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 23(7): 475–477.]
- 徐汝梅, 成新跃, 2005. 昆虫种群生态学: 基础与前沿. 北京: 科学出版社. 149–151.
- [XU RM, CHENG XY, 2005. Insect population ecology: foundation and frontier. Beijing: Science press. 149–151.]
- 徐永艳, 2002. 我国无土栽培发展的动态研究. *云南林业科技*, (3): 90–94.
- [XU YY, 2002. The study progress of soilless culture of China. *Yunnan Forestry Science and Technology*, (3): 90–94.]
- 张鲁民, 刘志诚, 唐红艳, 2007. 上海地区花卉节肢动物群落组成调查. *华东昆虫学报*, 16(2): 96–104.
- [ZHANG LM, LIU ZC, TANG HY, 2007. An investigation of arthropod community composition in ornamental plants habitat in Shanghai. *Entomological Journal of East China*, 16(2): 96–104.]
- 张英, 穆楠, 张雪清, 2008. 国外设施农业的发展现状与趋势. *农业与技术*, 28(2): 123–125.
- [ZHANG Y, MU N, ZHANG XQ, 2008. Status quo and development trend of facility agriculture in foreign countries. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 28(2): 123–125.]
- 赵紫华, 欧阳芳, 门兴元, 刘军和, 贺达汉, 戈峰, 2013. 生境管理——保护性生物防治的发展方向. *应用昆虫学报*, 50(4): 879–889.
- [ZHAO ZH, OUYANG F, MEN XY, LIU JH, HE HD, GE F, 2013. Habitat management in biological control. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 879–889.]
- 朱国仁, 1992. 主要病虫害防治技术与研究进展. 北京: 中国农业科技出版社. 1–210.
- [ZHU GR, 1992. Proceeding of control technology and research on major disease and insect pests. Beijing: Chinese agricultural science press. 1–210.]