

江苏地区三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇的 发生危害及种群动态*

常亚文^{1**} 沈媛² 董长生³ 龚伟荣⁴ 田子华⁴ 杜予州^{1***}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院暨应用昆虫研究所, 扬州 225009; 2. 江苏省无锡市滨湖区农林局, 无锡 214071;
3. 扬州市广陵区农业技术推广服务中心, 扬州 225009; 4. 江苏省植物保护站, 南京 210036)

摘要 【目的】三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* 和美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* 是一类危害蔬菜、花卉的世界性害虫, 也是我国重要的外来入侵害虫。了解其发生危害特征, 可为这两种斑潜蝇的防治提供科学依据。【方法】于 2015 年对江苏地区的两种斑潜蝇的发生分布、危害程度以及在扬州地区的发生动态进行了调查, 采集含有潜道的叶片, 待蛹羽化为成虫后鉴定斑潜蝇种类, 同时统计叶片上的潜道数量划分危害等级。【结果】美洲斑潜蝇主要在苏北地区发生危害, 三叶斑潜蝇主要在苏南、苏中地区发生危害; 两种斑潜蝇在江苏地区的发生危害程度均未超过 3 级。在扬州地区的蔬菜上仅调查到三叶斑潜蝇的危害, 其危害的寄主植物有 6 科、12 种, 主要包括茄科、豆科、葫芦科、十字花科的蔬菜。三叶斑潜蝇的发生危害从 3 月开始, 11 月结束, 全年有 3 个发生危害高峰, 其中在 7 月下旬至 8 月初的发生危害最重。【结论】两种斑潜蝇在江苏地区的种类分布呈现出明显的地理差异, 同时扬州地区三叶斑潜蝇的虫口密度随寄主和时间不同呈现的明显, 因此生产上需加强对斑潜蝇发生危害进行监测, 并指导斑潜蝇防治。

关键词 三叶斑潜蝇, 美洲斑潜蝇, 种类分布, 种群动态, 江苏

Population dynamics of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza sativae* in Jiangsu

CHANG Ya-Wen^{1**} SHEN Yuan² DONG Chang-Sheng³ GONG Wei-Rong⁴
TIAN Zi-Hua⁴ DU Yu-Zhou^{1***}

(1. School of Horticulture and Plant Protection & Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;
2. Agriculture and Forestry Bureau of Binhu District, Wuxi 214071, China; 3. Agricultural Technology Extension Service Center of
Guangling District, Yangzhou 225009, China; 4. Plant Protection Station of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China)

Abstract 【Objectives】*Liriomyza trifolii* and *Liriomyza sativae* are important horticultural and vegetable pests worldwide, and important invasive pests in China. Investigation of the population dynamics and crop damage caused by these two leafminers in Jiangsu could provide a scientific basis for their control. 【Methods】The occurrence, distribution, damage, and population dynamics, of *L. trifolii* and *L. sativae* were investigated in 2015 in Yangzhou. Leaves of different host plants containing live leafminers were brought back to the laboratory so that leafminer species could be identified after the adults emerged. Damage levels were categorized according to the number of the larvae on leaves. 【Results】*L. sativae* and *L. trifolii* were the two main *Liriomyza* pests in Jiangsu, *L. sativae* is mainly found in northern regions of Jiangsu, while *L. trifolii* is distributed across central and southern areas. The level of damage of both species in Jiangsu did not exceed level 3. Furthermore, we only found evidence of *L. trifolii* crop damage in Yangzhou affecting host plants from six families and 12 species, including the Solanaceae, Leguminosae, Cucurbitaceae and Cruciferae. *L. trifolii* occurred from March to November

*资助项目 Supported projects: 江苏省科技支撑(农业部分)项目(BE2014410); 扬州市科技计划项目(YZ2014171); 无锡科技支撑项目(CLE01N1210)

**第一作者 First author, E-mail: changyawen@hotmail.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-06-10, 接受日期 Accepted: 2016-06-24

and there were three peak periods of damage during the year. The most serious damage occurred from late July to early August.

[Conclusion] There were obvious geographical differences in the distribution of *L. sativae* and *L. trifolii* in Jiangsu.

Monitoring both the population dynamics and damage caused by leafminers is essential to the effective control of these pests.

Key words *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza sativae*, species distribution, population dynamics, Yangzhou, Jiangsu

斑潜蝇隶属双翅目 Diptera、潜蝇科 Agromyzidae、植潜蝇亚科 Phytomyzidae、斑潜蝇属 *Liriomyza*, 是一类危害蔬菜、花卉的世界性害虫 (Spencer, 1973), 也是一类重要的外来有害生物 (Wan and Yang, 2016)。斑潜蝇的寄主范围广, 成虫、幼虫均可对寄主植物造成危害, 其幼虫潜食植物的叶片或叶柄, 影响光合作用, 导致落叶、落花, 生长发育延迟, 严重时枯死; 成虫可划破叶片取食、产卵造成危害, 特别是植物受害伤口可为病菌的入侵提供途径 (康乐, 1996)。

我国农业生产上发生危害的入侵斑潜蝇主要有美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae*、三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii*、南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* 和番茄斑潜蝇 *Liriomyza bryoniae*, 其中在江苏地区发生危害的有美洲斑潜蝇、三叶斑潜蝇和番茄斑潜蝇 (杨飞等, 2010)。其中, 美洲斑潜蝇于 1993 年入侵我国, 随后在全国暴发成灾, 也是江苏地区的蔬菜上的重要害虫 (龚伟荣等, 2002); 三叶斑潜蝇于 2008 年在江苏首次发现 (王建富等, 2009; 肖婷等, 2009; 杨飞等, 2010), 而且发生危害不断扩大, 已成为江苏部分地区的重要蔬菜害虫 (龚伟荣等, 2013); 而近年来江苏地区很难查到番茄斑潜蝇的危害 (金玉婷, 2013)。为了解斑潜蝇在江苏的发生危害状况, 我们对江苏地区蔬菜上的美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇的发生危害情况及在扬州地区的发生动态进行调查, 以便为这两种斑潜蝇的防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 江苏地区斑潜蝇种类分布调查

1.1.1 田间调查方法 于 2015 年的斑潜蝇发生危害高峰期, 在江苏省 13 个地级市所辖部分市 (区、县) 的 48 个点的保护地和露地蔬菜进行

调查。采集有斑潜蝇危害潜道并具有活虫的蔬菜叶片, 分别置于不同的透明塑料袋内, 同时记录采集时间、采集地点和寄主植物名称并带回实验室继续饲养, 待幼虫化蛹后, 将蛹用毛笔挑至玻璃试管中并用纱网封住管口 (防止成虫羽化后飞走逃跑), 放置于培养箱, 直至羽化为成虫, 然后将羽化出的部分成虫浸泡在 75% 酒精中用于形态鉴定, 部分成虫浸泡在 100% 的酒精中, 迅速放置于 -20℃ 冰箱保存, 用于分子鉴定。

1.1.2 危害等级划分 从每个调查点采集的寄主中随机选取 10 张叶片, 记录每片寄主叶片上的幼虫数, 总潜道数及死虫数, 并测定寄主叶片的叶面积, 以便统计单位叶面积的虫量 (头/cm²)。危害程度按单位叶面积 (头/cm²) 潜道数量分为 4 级: 1 级 < 0.1, 0.1 ≤ 2 级 < 0.5, 0.5 ≤ 3 级 < 1, 4 级 > 1, 分别记作 +, ++, +++, +++++。

1.2 扬州地区斑潜蝇种群动态调查

于 2015 年 3 月开始调查, 定期对扬州市蒋王蔬菜基地上的蔬菜进行系统调查, 每 7 d 调查一次, 每次随机调查 5 个样点, 每样点随机调查 5 株, 每株按照上、中、下三部位调查 9 张叶片, 然后将不同寄主植物的叶片分别放置不同的透明塑料袋内带回实验室, 分别记录每片叶上的幼虫数量, 通过计算叶面积, 折算成单位面积虫量并划分危害等级。将检查完的叶片分别放在透明塑料袋内继续饲养, 待成虫羽化后鉴定种类。

2 结果与分析

2.1 江苏地区斑潜蝇发生危害规律

2.1.1 江苏地区斑潜蝇种类及发生分布 通过对江苏省 13 个市的 48 个点的调查结果表 1 表明, 2015 年在江苏地区发生危害的斑潜蝇只有美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇, 没有发现番茄斑潜蝇和南美斑潜蝇危害; 其中, 受三叶斑潜蝇危害的

表 1 2015 年江苏地区斑潜蝇发生分布表
Table 1 The distribution of leafminers in Jiangsu area in 2015

	苏北种群 (SB)					苏南种群 (SN)				苏中种群 (SZ)				合计 Total
	徐州	连云港	宿迁	淮安	盐城	南京	常州	无锡	苏州	扬州	镇江	泰州	南通	
	XZ	LYG	SQ	HA	YC	NJ	CZ	WX	SZ	YZ	ZJ	TZ	NT	
三叶斑潜蝇 <i>Liriomyza trifolii</i>	0	0	0	0	2	3	2	3	5	3	2	3	4	27
美洲斑潜蝇 <i>Liriomyza sativae</i>	5	4	4	2	5	0	0	0	0	0	2	0	0	22
样点总数 Number of sampling sites	5	4	4	2	7	3	2	3	5	3	3	3	4	48

SB: 苏北种群; SN: 苏南种群; SZ: 苏中种群; XZ: 徐州; LYG: 连云港; SQ: 宿迁; HA: 淮安; YC: 盐城; NJ: 南京; CZ: 常州; WX: 无锡; SZ: 苏州; YZ: 扬州; ZJ: 镇江; TZ: 泰州; NT: 南通。SB: Subei population; SN: Sunan population; SZ: Suzhong population; XZ: Xuzhou; LYG: Lianyungang; SQ: Suqian; HA: Huaian; YC: Yancheng; NJ: Nanjing; CZ: Changzhou; WX: Wuxi; SZ: Suzhou; YZ: Yangzhou; ZJ: Zhenjiang; TZ: Taizhou; NT: Nantong.

地点占总调查点的 55.0%, 受美洲斑潜蝇危害的地点占总调查点的 39.0%, 同时受美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇危害的点占总调查点的 6.0% (图 1)。在种类分布上, 苏北地区大部分蔬菜上的斑潜蝇种类是美洲斑潜蝇, 而在苏中和苏南大部分地区发生危害的斑潜蝇种类是三叶斑潜蝇 (图 2)。

2.1.2 江苏地区斑潜蝇危害程度调查 通过对江苏地区 48 个点的斑潜蝇危害程度调查表明, 苏州、无锡、南通、南京、常州、镇江、扬州、泰州大部分地区, 盐城的建湖和大丰港以及淮安市郊区均发现有三叶斑潜蝇的危害, 但危害程度均未超过 3 级; 受三叶斑潜蝇危害的有 14 种蔬菜, 以豆科、茄科、葫芦科、十字花科、伞形花科、菊科蔬菜为主 (表 2)。美洲斑潜蝇的发生危害区域主要集中在苏北地区, 其危害程度没有

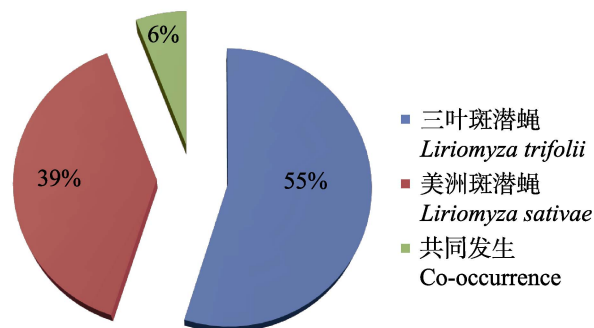


图 1 2015 年江苏地区斑潜蝇分布频率图
Fig. 1 The distribution frequency of leafminers area in 2015

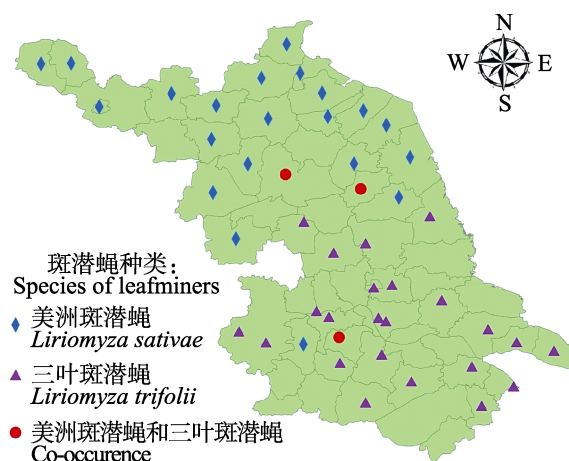


图 2 2015 年江苏地区主要斑潜蝇种类调查分布图
Fig. 2 The distribution species the leafminers in Jiangsu in Jiangsu area in 2015

超过 2 级; 受美洲斑潜蝇危害的有 9 种蔬菜, 以豆科、茄科、葫芦科蔬菜为主 (表 3)。从表 2 和表 3 结果还可以看出, 2015 年全省蔬菜上的斑潜蝇发生危害较轻; 此外, 虽然三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇是多食性害虫, 寄主范围十分广泛, 但两种斑潜蝇在寄主嗜好性上也存在一定的差异。

2.2 扬州地区斑潜蝇的发生危害及种群动态

2.2.1 扬州地区斑潜蝇种类、寄主及其危害程度调查 2015 年对扬州地区蔬菜上的斑潜蝇进行了系统调查, 从 3 月开始直到 11 月结束, 每 7 天调查 1 次, 结果表明扬州地区发生危害的斑潜

表 2 2015 年江苏地区三叶斑潜蝇危害程度
Table 2 The damage degree of the *Liriomyza trifolii* in Jiangsu area in 2015

采样地点 Sampling sites	寄主 Host plants	危害等级 Damage degree	采样地点 Sampling sites	寄主 Host plants	危害等级 Damage degree
苏州市 Su zhou	太仓浏河 Taicang Liuhe	番茄 Tomato + 四季豆 Green bean + 茄子 Eggplant ++	南京市 Nan jing	江宁蔬菜所 Jiangning	番茄 Tomato + 黄瓜 Cucumber +
	常熟董浜 Changshu Dongbang	豇豆 Cowpea + 茄子 Eggplant ++		南京湖熟 Nanjing Husu	豇豆 Cowpea ++ 南瓜 Pumpkin +
	常熟梅李 Changshu Meili	茼蒿 Crown daisy ++ 豇豆 Cowpea ++		南京浦口 Pukou	番茄 Tomato + 豇豆 Cowpea ++
	昆山玉叶 Kunshan Yuye	芹菜 Celery ++			番茄 Tomato + 茄子 Eggplant +
	太仓郊区 Taicang	豇豆 Cowpea +	扬州市 Yang zhou	扬州蒋王 Yangzhou Jiangwang	四季豆 Green bean ++ 青菜 Green vegetables + 芹菜 Celery + 西葫芦 Squash +
无锡市 Wuxi	宜兴周铁 Yixing Zhoutie	大白菜 Cabbage +		江都吴桥 Jiangdu Wuqiao	番茄 Tomato + 豇豆 Cowpea ++
	无锡马山 Wuxi Mashan	豇豆 Cowpea ++		宝应 Baoying	四季豆 Green bean + 芹菜 Celery +
常州市 Chang zhou	金坛 Jintan	豇豆 Cowpea +		高邮 Gaoyou	四季豆 Green bean +
	常州九里农场 Jiuli Nongchang	豇豆 Cowpea +		姜堰 Jiangyan	豇豆 Cowpea + 兴化 Xinghua Crown daisy +
镇江市 Zhen jiang	镇江 Zhengjiang	豇豆 Cowpea ++		泰兴黄桥 Taixing Huangqiao	茄子 Eggplant + 豇豆 Cowpea +
	丹阳 Danyang	茼蒿 Crown daisy ++		泰州郊区 Taizhou	丝瓜 Towel gourd +
南通市 Nan tong	南通郊区 Nantong	青菜 Green vegetables + 豇豆 Cowpea ++	淮安市 Huaian	淮安郊区 Huaian	豇豆 Cowpea +
	启东 Qidong	丝瓜 Towel gourd +		建湖上冈 Jianhu Shanggang	茼蒿 Crown daisy ++ 紫背天葵 Gynura Bicolor +++ 京水菜 Mizuna mustard ++
	海门 Haimen	豇豆 Cowpea + 扁豆 Lentil + 芹菜 Celery ++		大丰港 Dafenggang	黄瓜 Cucumber ++ 金丝芥 Mustard ++
		四季豆 Green bean ++ 豇豆 Cowpea +			
	如皋 Rugao	丝瓜 Towel gourd +			

表 3 2015 年江苏地区美洲斑潜蝇危害程度
Table 3 The damage degree of the *Liriomyza sativae* in Jiangsu area in 2015

采样地点 Sampling sites	寄主 Host plants	危害等级 Damage degree	采样地点 Sampling sites	寄主 Host plants	危害等级 Damage degree
赣榆 Ganyu	四季豆 Green bean	+	阜宁 Funing	丝瓜 Towel gourd	+
	豇豆 Cowpea	+		四季豆 Green bean	+
	丝瓜 Towel gourd	+		滨海 Binhai 丝瓜 Towel gourd	+
	四季豆 Green bean	+	盐城市 Yan cheng	响水 Xiangshui 黄瓜 Cucumber	+
	豇豆 Cowpea	+		豇豆 Cowpea	+
	黄瓜 Cucumber	+		丝瓜 Towel gourd	+
	番茄 Tomato	++		扁豆 Lentil	+
	丝瓜 Towel gourd	+		射阳 Sheyang 黄瓜 Cucumber	+
	灌南 Guannan 黄瓜 Cucumber	+		豇豆 Cowpea	+
	连云港郊区 Lianyungang 黄瓜 Cucumber	+	建湖上冈 Jianhu Shanggang	豇豆 Cowpea	+
	豇豆 Cowpea	+		泗洪 Sihong 丝瓜 Towel gourd	+
	灌云 Guanyun 黄瓜 Cucumber	+		宿迁宿豫 Suqian Suyu 茄子 Eggplant	+
	丝瓜 Towel gourd	+		丝瓜 Towel gourd	+
				泗阳 Siyang 丝瓜 Towel gourd	+
				沐阳 Shuyang 丝瓜 Towel gourd	+
				四季豆 Green bean	++
丰县 Fengxian	西葫芦 Squash	+	淮安市 Huai an	豇豆 Cowpea	++
	丝瓜 Towel gourd	+		南瓜 Pumpkin	+
	黄瓜 Cucumber	+		盱眙 Xuyi 番茄 Tomato	++
				扁豆 Lentil	+
				淮安郊区 Huaian 丝瓜 Towel gourd	+
徐州市 Xu zhou	徐州鼓楼 Xuzhou Gulou 扁豆 Lentil	+	镇江市 Zhen jiang	丹阳 Danyang 扁豆 Lentil	+
	沛县 Peixian 扁豆 Lentil	+		句容 Gurong 四季豆 Green bean	+
	新沂 Xinyi 丝瓜 Towel gourd	+		豇豆 Cowpea	+
	扁豆 Lentil	+			
	邳州 Pizhou 南瓜 Pumpkin	+			

蝇仅有三叶斑潜蝇，没有查到其它斑潜蝇种类。此外，在扬州地区，共查到三叶斑潜蝇危害的蔬菜有 6 科、12 种，其中以茄科、豆科、葫芦科、十字花

科蔬菜为主 除芹菜和茼蒿受危害等级达到 4 级外，其余各寄主受危害等级均未超过 3 级（表 4），这也说明三叶斑潜蝇对芹菜和茼蒿更为喜好。

表 4 2015 年扬州地区斑潜蝇的寄主植物
及最高危害程度表
Table 4 Host plants and the highest degree of damage
of the *Liriomyza trifolii* in Yangzhou area in 2015

寄主 Host plants		危害程度 Damage degree
茄科 Solanaceae	番茄 Tomato	+++
	樱桃番茄 Cherry Tomato	++
	茄子 Eggplant	+
葫芦科 Cucurbitaceae	黄瓜 Cucumber	+
	丝瓜 Towel gourd	+
豆科 Laguminosae	豇豆 Cowpea	++
	四季豆 Green bean	++
伞形花 Umbelliferae	芹菜 Celery	++++
	大白菜 Cabbage	+
十字花科 Cruciferae	青菜 Green vegetables	++
	茼蒿 Crown daisy	++++
菊科 Compositae	莴苣 Lettuce	+

2.2.2 扬州地区三叶斑潜蝇种群发生动态 对扬州地区三叶斑潜蝇种群发生动态调查结果图 3 表明,三叶斑潜蝇从 3 月下旬开始发生,全年共有 3 个发生高峰期;其中:第一个小高峰发生在 4 月中旬,此时为保护地番茄生长的前中期,三叶斑潜蝇主要在番茄大棚内发生危害;第二个高峰发生在 7 月下旬至 8 月初,此时主要发生危害大棚内的豆科和十字花科蔬菜,三叶斑潜蝇的虫

口密度高达 0.25 头/cm²;第三个危害高峰发生在 9 月下旬至 10 月上旬,此时保护地内蔬菜品种较多,如芹菜、茼蒿、四季豆等。

3 讨论

3.1 江苏地区两种斑潜蝇的发生危害

已有研究显示,斑潜蝇优势种群的入侵和扩散,往往伴随着不同斑潜蝇种群的取代和更替。自 2005 年在我国广东中山发现三叶斑潜蝇以后,近几年调查发现三叶斑潜蝇不断向蔓延,现已蔓延至我国东部和南部沿海及各省市和地区危害,且局部地区危害严重,例如:相君成等(2012)调查发现,原来在海南三亚、儋州、海口等地及附近地区占优势的美洲斑潜蝇现已明显减少,而三叶斑潜蝇则取代美洲斑潜蝇成为海南省斑潜蝇优势种群;在我国东部和南部沿海地区,也出现三叶斑潜蝇迅速蔓延并与当地斑潜蝇竞争取代现象。同时,在海南省主要瓜菜产区,三叶斑潜蝇在与美洲斑潜蝇的竞争过程中已经成为优势种群,但是其并没有将美洲斑潜蝇完全取代,在海南省其它未调查到的地区很可能分布有美洲斑潜蝇或其它斑潜蝇种群(王凯歌等,2013)。有关美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇的竞争取代机制尚有争议,如有研究表明,在美国加州,美洲斑潜蝇被三叶斑潜蝇所取代的主要原因是三叶斑潜蝇种群对常规农药具有较高的抗性

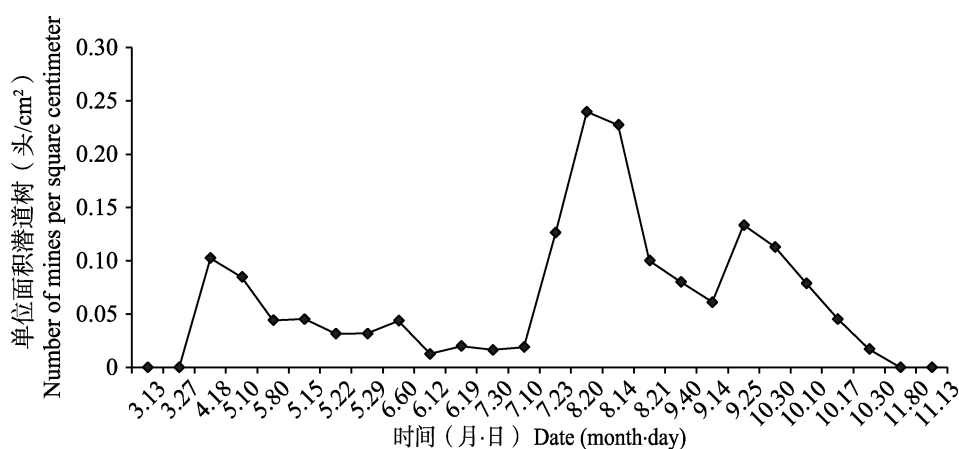


图 3 2015 年扬州地区三叶斑潜蝇种群动态图

Fig. 3 Population dynamics of the *Liriomyza trifolii* in Yangzhou area in 2015

(Palumbo *et al.*, 1994; Reitz and Trumble, 2002); 在日本的京都地区美洲斑潜蝇取代三叶斑潜蝇的原因是美洲斑潜蝇具有高繁殖力以及三叶斑潜蝇具有更多的寄生蜂寄生 (Abe and Kawahara, 2001; Tokumaru *et al.*, 2007)。

在本研究中,斑潜蝇的采集地点覆盖了江苏绝大部分地区,所采集的寄主范围广泛,因此检测结果比较真实地反映了各种斑潜蝇在江苏地区的分布情况。但是由于调查地点和寄主种类的不确定性,同时由于调查的时间的不统一,时间生态位不同,要准确了解江苏各地斑潜蝇的发生危害情况,还需要对各个调查点进行较为系统的调查。2015 年的调查发现,与往年相比,不论是三叶斑潜蝇还是美洲斑潜蝇,其危害范围都在不断的扩大,且苏北地区大部分寄主植物上的斑潜蝇种类是美洲斑潜蝇,而苏中和苏南地区大部分是三叶斑潜蝇,原因可能是三叶斑潜蝇更耐高温,而美洲斑潜蝇更耐低温 (Kang *et al.*, 2009),但在江苏地区,苏南平均温度要高于苏北,这可能是造成两种斑潜蝇区域分布的原因之一。由于美洲斑潜蝇和三叶斑潜蝇在生殖干扰能力、适应的温度范围、抗药性、寄主范围等因素上的差异 (Gao *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2014),因此需要加强江苏地区斑潜蝇种类分布和发生规律的研究,才能为防治斑潜蝇提供科学依据。

3.2 扬州地区三叶斑潜蝇的发生动态

温度可以影响斑潜蝇的生长发育、存活和繁殖等生物学特性 (Leibee, 1984; 曹毅等, 1998; Lanzoni *et al.*, 2002; 肖婷等, 2011), 而且也是斑潜蝇种间竞争的重要因子 (Gao *et al.*, 2011)。三叶斑潜蝇种群消长与温度有明显的关系,其种群密度随着温度的增长而增长,阴雨天气也不利于三叶斑潜蝇的数量增长;此外,不同寄主对其发生危害也能产生影响,不同寄主上的虫口密度明显不同。因此,在防治温室大棚内的三叶斑潜蝇,要注意保持棚内空气流通,春季掀开大棚的薄膜降低棚内温度,能有效的抑制三叶斑潜蝇的生长繁殖。此外,通过调查发现,如果寄主轮换能使三叶斑潜蝇数量骤减,但种植是没有间隔期

或间隔期短,可使三叶斑潜蝇种群数量骤减后又迅速增长。因此,在斑潜蝇的防治工作中,要注意彻底清理残枝落叶,减少危害下一茬作为的虫源基数,适当调整作物种植间隔期。

根据 2015 年的调查发现,扬州地区三叶斑潜蝇已经完全取代了美洲斑潜蝇,这可能是三叶斑潜蝇对高温的耐受能力更强,寄主范围更广以及抗药性更强等原因所致。因此,虽然三叶斑潜蝇入侵时间较晚,但其大范围扩散危害仍需引起高度重视。

致谢: 本研究中部分实验样本的收集得到了江苏省各地植保站的帮助,同时本课题组的刘晓娜、杜以梅、实习生范秋雨参与了扬州地区斑潜蝇种群动态调查,在此一并感谢。

参考文献 (References)

- Abe Y, Kawahara T, 2001. Coexistence of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), with *L. trifolii* and *L. bryoniae* on commercially grown tomato plants. *Applied Entomology and Zoology*, 36(3): 277–281.
- Cao Y, Li RK, Lin JY, 1998. Studies on the developmental zero and effective accumulated temperature and thermal constant of *Liriomyza sativae* Blanchard. *Chinese Bulletin of Entomology*, 35(2):97–98. [曹毅, 李人柯, 林锦英, 1998. 美洲斑潜蝇发育起点温度及有效积温研究. 昆虫知识, 35(2): 97–98.]
- Gao YL, Lei ZR, Abe Y, Reitz SR, 2011. Species displacements are common to two invasive species of leafminer fly in China, Japan, and the United States. *Journal of Economic Entomology*, 104(6): 1771–1773.
- Gao YL, Reitz SR, Wei QB, Yu, WY, Lei, ZR, 2012. Insecticide-mediated apparent displacement between two invasive species of leafminer fly. *PLoS ONE*, 7(5): e36622.
- Gong WR, Zhou GY, Lu ZQ, Chen LF, 2002. Study on the occurrence regularity and control techniques of *Liriomyza sativae* in Jiangsu Province. *Jiangsu Agricultural Science*, 30(1): 44–46. [龚伟荣, 周国义, 陆自强, 陈丽芳, 2002. 江苏省美洲斑潜蝇发生规律与防治技术研究. 江苏农业科学, 30(1): 44–46.]
- Gong WR, Zhu MP, Hu J, Du YZ, 2013. Occurrence regularity and integrated control techniques of *Liriomyza trifolii* in Jiangsu area. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 41(10): 101–102. [龚伟荣, 褚妹频, 胡婕, 杜予州, 2013. 江苏地区三叶斑潜蝇发生规律与综合防控技术. 江苏农业科学, 41(10): 101–102.]

- Jin YT, 2013. Studies on occurrence of Leaf miner in Jiangsu and control technique of *Liriomyza trifolii* Burgess. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [金玉婷, 2013. 江苏地区斑潜蝇发生规律及三叶斑潜蝇防治技术研究. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]
- Kang L, 1996. Ecology and Sustainable Control of Serpentine Leafminers. Beijing: Science Press. 86–90. [康乐, 1996. 斑潜蝇的生态学及持续控制. 北京: 科学出版社. 86–90.]
- Kang L, Chen B, Wei JN, Liu TX, 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annual Review of Entomology*, 54: 127–145.
- Lanzoni A, Bazzocchi GG, Burgio G, Fiacconi MR, 2002. Comparative life history of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on beans: effect of temperature on development. *Environmental Entomology*, 31(5): 797–803.
- Leibee GL, 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on Celery. *Environmental Entomology*, 13(2): 497–501.
- Palumbo JC, Mullis JCH, Reyes FJ, 1994. Composition, seasonal abundance, and parasitism of *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) species on lettuce in Arizona. *Journal of Economic Entomology*, 87(4): 1070–1077.
- Reitz SR, Trumble JT, 2002. Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 47: 435–465.
- Spencer KA, 1973. Agromyzidae (Diptera) of Economic Importance. Vol. 9. London: Pitman Press. 219–225.
- Tokumaru S, Ando YH, Hayashida Y, Ishiyama M, Abe Y, 2007. Seasonal prevalence and species composition of *Liriomyza sativae* (Blanchard), *L. trifolii* (Burgess), and *L. bryoniae* (Kaltenbach) (Diptera: Agromyzidae) in Kyoto prefecture. *Applied Entomology and Zoology*, 42(2): 317–327.
- Wan FH, Yang NW, 2016. Invasion and management of agricultural alien insects in China. *Annual Review of Entomology*, 61: 77–98.
- Wang HH, Reitz SR, Xiang JX, Smagghe G, Lei ZR, 2014. Does temperature-mediated reproductive success drive the direction of species displacement in two invasive species of leafminer fly? *PLoS ONE*, 9(6): e98761.
- Wang JF, Sun RL, Sun JM, Sun JS, 2010. First discovery of *Liriomyza trifolii* in Taixing county of Jiangsu Province. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1245–1247. [王建富, 孙瑞林, 孙继明, 孙继生, 2010. 江苏泰兴市首次发现三叶草斑潜蝇疫情. 昆虫知识, 47(6): 1245–1247.]
- Wang KG, Yi H, Lei ZR, Xiang JC, Lian ZM, 2013. Surveys and analysis of competition and displacement between two invasive species of leafminer fly in Hainan province. *Scientia Agricultura Sinica*, 46(22): 4842–4848. [王凯歌, 益浩, 雷仲仁, 相君成, 廉振民, 2013. 两种外来入侵斑潜蝇在海南地区的竞争取代调查分析. 中国农业科学, 46(22): 4842–4848.]
- Xiang JC, Lei ZR, Wang HH, Gao YL, 2012. Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species. *Acta Ecologica Sinica*, 32(5): 1616–1623. [相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 高玉林, 2012. 三种外来入侵斑潜蝇种间竞争的研究进展. 生态学报, 32(5): 1616–1623.]
- Xiao T, Guo J, Zhu GM, Yang JH, Pan YL, 2009. Preliminary study of the discovery of *Liriomyza trifolii* in Jurong, Jiangsu province. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 37(1): 126–127. [肖婷, 郭建, 朱桂梅, 杨敬辉, 潘以楼, 2009. 江苏句容地区发现三叶草斑潜蝇初报. 江苏农业科学, 37(1): 126–127.]
- Xiao T, Chen XY, Yang HT, Guo J, Yang JH, Pan YL, 2011. Study on the developmental zero and effective accumulative temperature of *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Journal of Environmental Entomology*, 33 (1): 8–12. [肖婷, 陈啸寅, 杨鹤同, 郭建, 杨敬辉, 潘以楼, 2011. 三叶斑潜蝇发育起点温度和有效积温的研究. 环境昆虫学报, 33(1): 8–12.]
- Yang F, Cao JM, Du YZ, 2010. Survey and molecular identification of *Liriomyza trifolii* in Jiangsu, China. *Plant Protection*, 36(6): 108–111. [杨飞, 曹婧曼, 杜予州, 2010. 江苏地区三叶斑潜蝇发生调查及分子检测. 植物保护, 36 (6): 108–111.]