

寄主种类、距离和种群密度对烟粉虱扩散的影响

周福才,王 勇,李传明,陆明星,祝树德

(扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009)

摘要 在笼罩条件下,分别以黄瓜、棉花、薤菜为虫源寄主和诱集寄主,研究寄主植物、空间距离、虫源密度等因子对 B 型烟粉虱扩散的影响。结果发现,从虫源寄主上扩散的成虫量,与烟粉虱对诱集寄主和虫源寄主的嗜性差异程度有关,诱集寄主相对于虫源寄主的嗜性越强,扩散出来的成虫数量就越多,反之扩散的成虫数量就越少。成虫扩散量与诱集寄主的距离呈负相关,并且诱集寄主的嗜性越强,随着距离的增大,诱集量下降的速率越快。成虫扩散量与虫源种群密度呈正关,但非嗜好寄主上的虫口承载量相对较低,在虫口密度相对较高时,非嗜好寄主上烟粉虱向外扩散的相对量更大。烟粉虱的扩散量与寄主营养状况呈负相关,寄主营养胁迫时,非嗜好寄主上可以获得相对更高的诱集量。

关键词 B 型烟粉虱,寄主种类,寄主距离,种群密度,扩散

文章编号:1000-0933 (2007)11-4913-06 中图分类号:Q96 文献标识码:A

Effect of host species , host distance and population density on dispersal activity of *Bemisia tabaci*

ZHOU Fu-Cai ,WANG Yong ,LI Chuan-Ming ,LU Ming-Xing ,ZHU Shu-De

School of Horticulture and Plant Protection ,Yangzhou University ,Yangzhou 225009 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (11) 4913 ~ 4918.

Abstract :The sweetpotato whitefly (*Bemisia tabaci* biotype “B”) is able to disperse among various host-plants. This whitefly’s dispersal activity among three host species ,including cucumber ,cotton and water spinach ,was investigated in the laboratory ,where one of these host species with whiteflies was served as a source host while all the three host species without whiteflies were used as trap hosts. The number of adult whiteflies dispersed to different trap hosts was positively correlated to the host preference levels and negatively correlated to the distance between the two hosts. The number of adults moved to a new host was positively correlated to the population density on the source host. The ratio of adults dispersed from less preferred hosts was higher than that from preferred hosts when the population density on the source host was relatively high. The number of adults dispersed was negatively correlated to host nutrition levels. Whitefly migration in an ecosystem was discussed.

Key Words :*Bemisia tabaci* biotype “B” ,host species ,host distance ,population density ,dispersal

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)具有较强的飞行潜能^[1],成虫在田间可以扩散 12 km,在 3 h 内成虫可以扩散 3 km,极少数甚至可以扩散到 4.8 km^[2]。烟粉虱的这种飞行特性能加速其在寄主之间的转移和扩散,

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK2006067);江苏省教育厅自然科学基金资助项目(07KJB210134)

收稿日期:2007-04-03;修订日期:2007-09-24

作者简介:周福才(1964~),男,江苏人,博士,副研究员,主要从事农业害虫综合治理和昆虫生态学研究。E-mail:fczhou@yzu.edu.cn

Foundation item :The project was financially supported by Natural Science Foundation of Jiangsu Province (No. BK2006067) and Natural Science Foundation of Education Department of Jiangsu Province (No. 07KJB210134)

Received date 2007-04-03 ; **Accepted date** 2007-09-24

Biography ZHOU Fu-Cai ,Ph. D. ,mainly engaged in insect pest management and insect ecology. E-mail:fczhou@yzu.edu.cn

从而到达更适宜的生境。但是,在食料丰富的环境中,烟粉虱一般只在寄主植物周围数厘米至数十厘米的范围内飞行^[3],即使遇到惊扰,其飞行距离一般也不超过 1 m^[4]。作为一种小型昆虫,烟粉虱的飞行和扩散受到许多因素的影响,大量研究证实,温湿度、光、风、寄主植物等都可以影响烟粉虱的飞行和扩散^[5]。如在 550 nm 的绿色光的刺激下,78% 左右的烟粉虱会主动起飞,向着绿色光飞行,并迅速着落在光斑处^[6,7]。在田间,烟粉虱对黄色也表现出较强的趋性^[8]。除颜色外,寄主营养质量对烟粉虱的起飞也有着较大的影响。在田间,烟粉虱一般都选择在幼嫩的寄主植物叶片上取食和产卵^[4,9],在开始衰老的寄主植物上的烟粉虱有较高的起飞比例^[10]。

烟粉虱属热带、亚热带地区的昆虫,目前虽然在我国大部分地区都已有发生,但在正常气候条件下,浙江台州(约北纬 28°)以北的广大地区不能露地越冬^[11]。在江苏的江淮地区,烟粉虱主要在双膜覆盖的塑料大棚和日光温室内越冬,第二年春末、夏初,气温回升时,随着大棚的揭膜,由近及远,从越冬场所逐渐向大田寄主作物上扩散^[12]。在大田作物生长期,烟粉虱也会在大田寄主作物之间扩散。但是,烟粉虱是如何扩散的?哪些因素会诱导使烟粉虱主动扩散?这些问题尚未见系统报道。烟粉虱繁殖力强,一旦从越冬虫源地扩散进入大田,其防治将更加困难。因此,阐明烟粉虱的扩散规律,对于加强烟粉虱越冬虫源的管理和大田烟粉虱的准确测报、控制具有一定的意义。为此,作者对寄主植物、距离和种群密度等因子对烟粉虱主动扩散的影响进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试昆虫

B 型烟粉虱,采自扬州大学园艺与植物保护学院玻璃温室内苘麻上,在室内养虫室内用西红柿饲养数代后供试。

1.1.2 寄主植物

西红柿,中杂 9 号,中国农业科学院蔬菜花卉研究所生产;黄瓜,春 4,扬州市蔬菜种子有限公司生产;薤菜,扬州市蔬菜种子有限公司生产;棉花,国抗 22,江苏沿海地区农科所生产。烟粉虱对这 3 种寄主植物的嗜性强弱依次为:黄瓜 > 棉花 > 薤菜,其中前两种为嗜好寄主,后一种为非嗜好寄主^[13]。

1.1.3 养虫笼

自制,用 PVC 管做成长×宽×高为 5.5 m×0.5 m×0.5 m 和长×宽×高为 1.5 m×0.5 m×0.5 m 的 2 种规格的框架,外罩 100 目尼龙网。

1.2 方法

1.2.1 供试寄主

诱集寄主 选用黄瓜、棉花和薤菜等 3 种对烟粉虱嗜性差异明显的作物为诱集寄主。寄主作物盆栽,每盆种植 1 株,植株长至 3 片真叶时用于实验。实验前一天选取长势基本一致的寄主植物,在解剖镜下除净烟粉虱,待用。供试寄主采用分期播种的方法,确保实验用幼苗龄一致。

虫源寄主 选用生长健壮的盆栽黄瓜、棉花和薤菜等 3 种作物为虫源寄主,其中棉花保留主茎上部 6 片真叶,黄瓜保留 6 片真叶,薤菜保留 12 片真叶。

寄主植物营养胁迫处理 选生长正常的植株,在主茎基部用刀横切入 3/4 左右,使植株处于半凋萎状态,处理 24 h 后供试。

1.2.2 试验方法

在养虫笼内一端放入虫源寄主,另一端放入诱集寄主,两者距离根据实验要求分别为 1 m 和 5 m。实验前一天,在解剖镜下除净烟粉虱后,用吸虫管吸取一定数量的烟粉虱成虫,接到寄主植物叶片上,叶片上罩打有小孔的自封口塑料袋,防止烟粉虱逃逸。试验开始前,轻轻移去塑料袋,让成虫自由迁飞,24 h 后统计诱集寄主上烟粉虱的成虫数量。虫源密度设为低密度(200 头/盆)、中密度(400 头/盆)和高密度(600 头/盆)3 个处

理。试验重复 3 次。

1.3 数据处理

试验数据用 DPS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 寄主植物嗜性对烟粉虱扩散影响

在养虫笼内分别依次放入不同嗜性的虫源寄主 (虫量为 200 头/盆),在相距 1 m 远的另一端放置诱集寄主 24 h 后观察诱集寄主上烟粉虱成虫数 (表 1)。

应用不同的诱集寄主,观察从同一种虫源寄主上扩散的烟粉虱成虫的数量。试验发现,烟粉虱扩散的数量与诱集寄主的嗜性呈正相关,烟粉虱对诱集寄主的嗜性越强,从虫源寄主上扩散出来的成虫数量越多。从表 1 可以看出,对于同一种虫源寄主,在诱集寄主上诱集的成虫数量依次为黄瓜 > 棉花 > 蕹菜,如虫源寄主为棉花时,扩散到棉花和蕹菜上的虫量分别为黄瓜的 33.8% 和 15.5%。

表 1 不同寄主植物上烟粉虱成虫的扩散量
Table 1 The dispersal amount of *B. tabaci* on difference hosts

虫源寄主 Hosts for insects source	诱集寄主上成虫数量 Adults on induce host		
	黄瓜 Cucumber	棉花 Cotton	蕹菜 Water spinach
黄瓜 Cucumber	5.33 ± 2.028Ab	2.33 ± 0.333Bc	1.33 ± 0.333Bb
棉花 Cotton	23.67 ± 2.963Aa	8.00 ± 1.528Bb	3.67 ± 0.882Ca
蕹菜 Water spinach	26.67 ± 1.764Aa	21.00 ± 2.464Aa	3.67 ± 1.453Ba

表中数字后英文字母为 Duncan 多重比较检验结果,凡同行数字后具有不同大写字母者,或同列数字后具有不同小写字母,表示在 0.05 水平上差异显著 The figure in the same row followed by the different capital letter or in the same column followed by the different small letter mean significant differential in Duncan'test. ($p < 0.05$);下同 the same below

应用相同的诱集寄主,观察从不同的虫源寄主上扩散出来的烟粉虱成虫数量。试验发现,烟粉虱扩散的数量与虫源寄主的嗜性呈负相关,烟粉虱对虫源寄主的嗜性越强,从这种寄主上扩散出来的成虫数量越少。从表 1 可以看出,对于同一种诱集寄主,从这 3 种虫源寄主上扩散出来的烟粉虱成虫的数量依次为蕹菜 > 棉花 > 黄瓜,如诱集寄主为棉花时,从黄瓜和棉花上扩散的虫量分别为蕹菜的 11.1% 和 38.1%。

进一步分析发现,烟粉虱从虫源寄主上扩散出来的成虫量,与烟粉虱对诱集寄主和虫源寄主之间嗜性的差异大小有关,诱集寄主相对于虫源寄主的嗜性越强,从虫源寄主上扩散出来的成虫数量就越多,反之扩散的成虫数量就越少。如从蕹菜扩散到黄瓜和棉花上的虫量分别是蕹菜扩散到蕹菜上虫量的 7.3 倍和 5.7 倍。

2.2 诱集寄主与虫源间的距离对烟粉虱扩散的影响

虫源寄主植物与诱集寄主植物之间的距离对烟粉虱的扩散有明显的影响,从表 2 可以看出,虫源密度为 400 头/盆时,距离虫源寄主 1m 远处的诱集寄主上烟粉虱成虫数量明显比距离 5m 远处的诱集寄主植物上高,如虫源寄主植物和诱集寄主植物相同时,黄瓜、棉花、蕹菜之间 5m 处的虫量分别为 1m 处的 53.8% 和 38.1% 和 73.2%。

对表 2 进一步分析,可以发现,除了从黄瓜扩散到蕹菜外,在相同的虫源寄主的条件下,诱集寄主的嗜性越强,扩散到 5m 处和 1m 处诱集寄主上的成虫数量之比越小,即扩散到 5m 处的成虫的相对数量越少。如以棉花为虫源寄主,分别以黄瓜、棉花和蕹菜等为诱集寄主,则扩散到 5m 远处诱集寄主上的成虫量分别为 1m 处的 35.45%、38.11% 和 45.21%。结果表明,成虫扩散量与诱集寄主的距离呈负相关,并且诱集寄主的嗜性越强,随着距离的增大,诱集量下降的速率越快。

2.3 虫源密度对烟粉虱扩散的影响

在养虫笼内分别依次放入不同虫源密度的 3 种寄主,在相距 1 m 远的另一端放置诱集寄主 24 h 后观察诱集寄主上烟粉虱成虫数 (表 3)。结果发现,烟粉虱成虫的扩散数量与虫源寄主上的虫口密度呈正相关,虫源密度越高,向外扩散的成虫数量越多,如从高密度虫源寄主上扩散的成虫数量是低密度虫源的 1.57 ~

22.56 倍,是中密度虫源的 1.06~2.73 倍,其中,诱集寄主和虫源寄主相同时,从高密度虫源的黄瓜、棉花、薤菜上扩散出来的虫量分别是 从低密度虫源上扩散出来的虫量的 6.4、11.4、7.9 倍。

表 2 不同诱集距离上烟粉虱成虫的扩散量

Table 2 The dispersal amount of *B. tabaci* on diffident distance

虫源寄主 Hosts for insects source	诱集寄主 Induce host	成虫数量 Amount of adults		
		1m	5m	比率 (%)Rate
黄瓜 Cucumber	黄瓜 Cucumber	30.33 ± 0.882 *	16.33 ± 3.528	53.84
	棉花 Cotton	29.33 ± 4.910 *	17.33 ± 2.028	59.09
	薤菜 Water spinach	11.00 ± 1.000 *	3.67 ± 0.882	33.36
棉花 Cotton	黄瓜 Cucumber	36.67 ± 4.096 *	13.00 ± 1.732	35.45
	棉花 Cotton	28.00 ± 4.359 *	10.67 ± 1.764	38.11
	薤菜 Water spinach	10.33 ± 2.333 *	4.67 ± 1.202	45.21
薤菜 Water spinach	黄瓜 Cucumber	76.00 ± 4.61 *	18.33 ± 2.028	24.12
	棉花 Cotton	33.00 ± 3.464 *	15.00 ± 4.041	45.45
	薤菜 Water spinach	13.67 ± 2.333	10.00 ± 3.512	73.15

“*”表示同行成对数字经 t 检验在 0.05 水平上差异显著 figure followed by mark “*”mean significant differential in a row by “t” test (p < 0.05);下同 the same below

表 3 不同虫源密度下烟粉虱成虫的扩散量

Table 3 The dispersal amount of *B. tabaci* on diffident hosts

虫源寄主 Hosts for insects source	诱集寄主 Induce host	诱集寄主上的成虫数 Amount of adults on induce host		
		低密度 Low density	中密度 Middle density	高密度 High density
黄瓜 Cucumber	黄瓜 Cucumber	5.33 ± 2.028b	30.33 ± 0.882a	34.33 ± 1.856a
	棉花 Cotton	2.33 ± 0.333b	29.33 ± 4.910a	31.00 ± 2.517a
	薤菜 Water spinach	1.33 ± 0.333c	11.00 ± 4.564b	20.00 ± 1.528a
棉花 Cotton	黄瓜 Cucumber	23.67 ± 2.963b	36.67 ± 4.096ab	41.33 ± 1.453a
	棉花 Cotton	8.00 ± 1.528c	28.00 ± 4.359ab	41.00 ± 2.309a
	薤菜 Water spinach	3.67 ± 0.882b	10.33 ± 2.333ab	14.00 ± 2.082a
薤菜 Water spinach	黄瓜 Cucumber	26.67 ± 1.764c	76.00 ± 4.619b	117.33 ± 3.756a
	棉花 Cotton	21.00 ± 2.646b	33.00 ± 3.464b	65.67 ± 3.844a
	薤菜 Water spinach	3.67 ± 1.453c	13.67 ± 2.333a	29.00 ± 1.528a

表中数字后英文字母为 Duncan 多重比较检验结果,凡同类同行中具有不同字母者表示在 0.05 水平上差异显著 The figure in the same row followed by the different letter mean significant differential in Duncan' test (p < 0.05);下同 the same below

将表 3 重新编制成不同虫源寄主条件下的相对扩散量(表 4)。从表 4 可以看出,虫源密度从 200 头/盆

表 4 不同虫源寄主上的相对扩散量

Table 4 The relative number of *B. tabaci* dispersal from the hosts

诱集寄主 Induce host	虫源寄主 Hosts for insects source	不同虫源密度下成虫扩散数量的比值 The ratio of number of adults dispersed from the hosts		
		中/低 M/L	高/低 H/L	高/中 H/M
黄瓜 Cucumber	黄瓜 Cucumber	5.69	6.44	1.13
	棉花 Cotton	1.55	1.75	1.13
	薤菜 Water spinach	2.85	4.40	1.54
棉花 Cotton	黄瓜 Cucumber	12.59	13.30	1.06
	棉花 Cotton	3.50	5.13	1.46
	薤菜 Water spinach	1.57	3.13	1.99
薤菜 Water spinach	黄瓜 Cucumber	8.27	15.04	1.82
	棉花 Cotton	2.81	3.81	1.36
	薤菜 Water spinach	3.72	7.90	2.12

增加到 400 头/盆时 ,黄瓜上成虫扩散量的增加幅度最大 ,在 3 种寄主上其扩散量分别是低密度的 5.69、12.59 和 8.27 倍 ,但当虫源密度从 400 头/盆增加到 600 头/盆时 ,则是薹菜上成虫扩散量的增加幅度最大 ,在 3 种寄主上其扩散量分别是中密度的 1.54、1.99 和 2.12 倍。结果提示 ,非嗜好寄主上的虫口承载量相对较低 ,在虫口密度相对较高时 ,非嗜好寄主上的烟粉虱向外扩散的相对量更大。

2.4 寄主营养胁迫对烟粉虱扩散影响

在养虫笼内放置经营养胁迫处理的虫源寄主 (以生长正常的寄主为对照) ,虫源密度为 400 头/盆 ,在相距 1m 处的另一端放置诱集寄主 24 h 后观察诱集寄主上烟粉虱成虫数 (表 5)。结果发现 ,寄主营养胁迫时扩散的烟粉虱成虫数量显著多于对照 ,如黄瓜、棉花、薹菜上的烟粉虱向 1m 处的同种诱集寄主上扩散的虫量分别是对照的 8.8、9.7、22.4 倍。

表 5 寄主营养胁迫条件下烟粉虱成虫的扩散量

Table 5 The dispersal amount of <i>B. tabaci</i> on the condition of host intimidate				
虫源寄主 Hosts for insects source	诱集寄主 Induce host	成虫的扩散量 The amount of dispersal adults		
		处理 Treatment	CK	相对扩散量 Relative amount dispersed
黄瓜 Cucumber	黄瓜 Cucumber	268.33 ± 3.844 *	30.33 ± 0.882	8.85
	棉花 Cotton	251.67 ± 3.480 *	29.33 ± 4.910	8.58
	薹菜 Water spinach	226.67 ± 2.963 *	11.00 ± 4.564	20.61
棉花 Cotton	黄瓜 Cucumber	310.00 ± 3.786 *	36.67 ± 4.096	8.45
	棉花 Cotton	271.00 ± 3.215 *	28.00 ± 4.359	9.68
	薹菜 Water spinach	235.67 ± 2.906 *	10.33 ± 2.333	22.81
薹菜 Water spinach	黄瓜 Cucumber	381.33 ± 3.480 *	76.00 ± 4.619	5.02
	棉花 Cotton	362.00 ± 2.646 *	33.00 ± 3.464	10.97
	薹菜 Water spinach	307.00 ± 7.211 *	13.67 ± 2.333	22.46

将处理和对照的虫源寄主上扩散的虫量之比 ,我们称之为该诱集寄主的相对诱集量。从表 5 还可以发现 ,非嗜好诱集寄主的相对诱集量明显大于嗜好寄主 ,如黄瓜、棉花和薹菜为虫源寄主时 ,薹菜的相对诱集量分别为 20.61、22.81 和 22.46 ,远远大于黄瓜和棉花的相对诱集量。结果说明 ,在寄主营养胁迫 ,而其附近没有嗜好寄主存在 ,或附近嗜好寄主也存在营养胁迫的情况下 ,烟粉虱也可以被迫地选择非嗜好寄主。2003 年江苏省东台市局部地区烟粉虱大发生时 ,大蒜、韭菜等烟粉虱的非嗜好寄主上也都发现了较多的烟粉虱成虫和卵^[13]。

3 讨论

多食性昆虫 (如烟粉虱)由于感觉和嗅觉的缺陷 ,其对寄主的选择存在困难^[14] ,烟粉虱对寄主植物的接受和拒绝可能在很大程度上取决于短暂刺探和品尝叶肉后的反应^[15]。本研究也发现 ,虽然嗜好寄主可以诱使烟粉虱主动扩散 ,但这种作用只局限在一定的范围内 ,并且在作用范围内 ,随着诱集寄主与虫源之间距离的增大 ,作用强度迅速降低。这一现象说明 ,烟粉虱对寄主作物刺激的敏感性较差 ,在寄主选择中 ,其视觉或嗅觉作用相对较弱。

在寄主植物上 ,烟粉虱的种群密度过高 ,拥挤度达到一定程度 ,或寄主营养胁迫时 ,都会诱发其向外扩散。在扩散过程中 ,如果在一定范围内缺乏嗜好寄主 ,烟粉虱也会被迫地选择非嗜好寄主 ,从而在这些非嗜好寄主上形成相对较高种群密度。本研究发现 ,相对于嗜好寄主 ,非嗜好寄主具有相对较小的虫口承载量 ,如果扩散到这些寄主上的虫量过量 ,很容易引起烟粉虱的再次扩散。田间调查发现 ,在食料比较丰富的地区 ,从越冬虫源地扩散出来的烟粉虱主要分布在虫源周围 500 m 范围内 ,500 m 以外的区域烟粉虱种群密度相对较低^[12,16] ,但在烟粉虱大暴发时 ,距虫源地数千米以外的区域也可以发现高密度的烟粉虱种群。这些烟粉虱是从较近区域的寄主上再次扩散而来 ,还是从虫源地直接扩散而来 ,在本田繁殖形成 ,或是两者共同作用的结果 ? 这个问题还有待进一步研究。

昆虫有主动适应环境的能力。在自然环境中,当栖息地环境条件恶化时,昆虫往往会以各种方式来应对,如休眠、滞育等。寄主营养胁迫时,褐飞虱会分化出长翅型,麦蚜产生出有翅蚜,进行较远距离的迁飞,以寻找新的适宜生境。研究发现,在寄主植物衰老造成食料营养条件恶化、作物换茬,或其他原因引起寄主植物死亡时,烟粉虱也会以成虫飞行扩散的方式,寻找新的生境。2004 年和 2006 年 9 月下旬,江苏省部分城市空中、绿地、花卉上出现高密度的烟粉虱成虫,其主要原因都是因为 7~9 月份气温较高,郊区蔬菜上烟粉虱繁殖量较大,但 9 月下旬烟粉虱寄主作物换茬或较长时间阴雨导致寄主蔬菜死亡,形成烟粉虱的寄主胁迫,此后一旦天气放晴,烟粉虱便被迫向附近的城市绿地迁飞,从而造成了江苏部分城市上空 9~10 月份“飘雪花”的景象。

Reference :

[1] Byrne D N. Migration and dispersal by sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci*. *Agri and Forest Meteorology* ,1999 ,97 :309 —316.

[2] Byrne D N ,Rathman R J ,Orum T V , *et al.* Localized migration and Dispersal by *Bemisia tabaci*. *Oecologia* ,1996 ,105 :320 —328.

[3] Zhou F C , Du Y Z , Sun w , *et al.* Impact of yellow traps to sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in vegetable fields. *Entomological Journal of East China* ,2003 ,12 (2) :96 —100.

[4] Luo H W , Huang J , Wang Z H. The biological characteristics of sweetpotato whitefly , *Bemisia tabaci* (Gennadius) , on the sweetpotato host in greenhouse. *Entomological Journal of East China* ,2003 ,12 (2) :21 —26.

[5] Zhou F C , Wang Y , Ren S X , *et al.* Flight behaviors of *Bemisia tabaci* and corresponding IPM strategise. *Chinese Journal of Applied Ecology* , 2007 ,18 (2) :451 —455.

[6] Blackmer J L ,Byrne D N ,Tu Z. Behavioral , morphological , and physiological traits associated with migratory *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae). *Journal of Insect Behavior* ,1995 ,8 :251 —267.

[7] Blackmer J L , Byrne D N. Flight behavior of *Bemisia tabaci* in a vertical flight chamber. *Physiological Entomology* ,1993 ,18 :223 —232.

[8] Isaacs R ,Byrne D N. Aerial distribution ,flight behavior and eggload :their inter-relationship during dispersal by sweetpotato whitefly. *Journal of Animal Ecology* ,1998 ,67 (5) 741 —750.

[9] Zhou F C , Ren S X , Du Y Z , *et al.* Spatial patterns of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton fields. *Chinese Journal of Applied Ecology* ,2006 , 17 (7) :1149 —1356.

[10] Blackmer J L , Byrne D N. Changes in amino acids in Cucumis melo in relation to life-history traits and flight propensity of *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* ,1999 ,93 :29 —40.

[11] Dong G K , Lin L W , Yue J R , *et al.* Occurrence pattern and control of a biological invader *Bemisia tabaci*. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences* ,2005 , (1) :54 —56.

[12] Wang Y ,Zhou F C , Zhou Z H *et al.* Studies on diffusion of *Bemisia tabaci* (Gennadius) overwintering in the protecting fields. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Sciences Edition)* ,2007 ,28 (1) 83 —87.

[13] Zhou F C , Du Y Z , Shun W , *et al.* Investigation of host plant of *Bemisia tabaci* and evaluation of its occurrence in Jiangsu Province. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Sciences Edition)* ,2003 ,24 (1) 71 —74.

[14] Gerling D ,Lindenbaum M. Host-plant related behavior of *Bemisia tabaci* (Gennadius). *WPRS Bull.* ,1991 ,14 :83 —88.

[15] Liu T X. *Bemisia tabaci* (Biotype B) research in the United State :a brief review. In :Liu T X ,Kang L eds. *Entomological research progress and prospect.* Beijing :Science Press ,2005. 280.

[16] Li Y , Yang Q P , Du Y Z , *et al.* Studies on the occurrence and control of Sweetpotato Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Dongtai city of Jiangsu Province. *Plant Quarantine* ,2004 ,18 (4) :209 —211.

参考文献 :

[4] 罗宏伟 ,黄建 ,王竹红. 温室番茄上烟粉虱的生物学特性研究. *华东昆虫学报* ,2003 ,12 (2) 21 ~26.

[3] 周福才 ,杜予州 ,孙伟 ,等. 黄板对菜田烟粉虱的影响. *华东昆虫学报* ,2003 ,12 (2) :96 ~100.

[5] 周福才 ,王勇 ,任顺祥 ,等. 烟粉虱的飞行行为与害虫综合治理策略. *应用生态学报* ,2007 ,18 (2) :451 —455.

[9] 周福才 ,任顺祥 ,杜予州 ,等. 棉田烟粉虱种群的空间格局. *应用生态学报* ,2006 ,17 (7) :1239 ~1244.

[11] 董国堃 ,林凌伟 ,叶建人 ,等. 外来入侵种的发生规律及防治技术. *浙江农业科技* ,2005 , (1) 54 ~56.

[12] 王勇 ,周福才 ,周泽华 ,等. 烟粉虱的田间扩散规律研究. *扬州大学学报 (农业与生命科学版)* ,2007 ,28 (1) 83 ~87.

[13] 周福才 ,杜予州 ,孙伟 ,等. 江苏省烟粉虱寄主植物调查及其危害评价. *扬州大学学报 (农业与生命科学版)* ,2003 ,24 (1) 71 ~74.

[15] 刘同先. 美国烟粉虱综合治理研究 :回顾、进展和成果综述. 见 :刘同先 ,康乐主编. *昆虫学研究进展与展望.* 北京 :科学出版社 , 2005. 280.

[16] 李瑛 ,杨秋萍 ,杜予州 ,等. 江苏东台地区烟粉虱的发生与控制. *植物检疫* ,2004 ,18 (4) :209 ~211.