

DOI: 10.5846/stxb201212191828

张晓明, 杨念婉, 万方浩. 田间不同植物上烟粉虱种群密度. 生态学报, 2014, 34(16): 4652-4661.

Zhang X M, Yang N W, Wan F H. Population density of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on different plants in the field. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(16): 4652-4661.

田间不同植物上烟粉虱种群密度

张晓明¹, 杨念婉^{1,2}, 万方浩^{1,2,*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 农业部外来入侵生物预防与控制研究中心, 北京 100081)

摘要: 对廊坊地区田间 81 种植物上烟粉虱的发生情况进行了系统调查。结果表明, 烟粉虱可为害其中 44 种植物, 且在不同的寄主植物上烟粉虱的种群密度有显著差异; 而玉米、高粱和小米等 37 种植物上无烟粉虱为害。烟粉虱在香水薄荷、荆芥、甘草、薄荷、藿香、益母草、猪屎豆、白晶菊、牛膝、待宵草、蓝蓟、紫花苜蓿、极香罗勒上的虫口密度最高, 危害级别达到 4 级(每 100 cm² 叶片虫口密度大于 50 头)。在蜀葵、向日葵和烟草上每 100 cm² 叶片烟粉虱虫口密度较低, 但单株虫口密度较高。鉴于向日葵、玉米、高粱在中国北方棉花产区广泛种植, 玉米和高粱的植株高大, 且烟粉虱为害对向日葵产量影响极小, 可考虑选用向日葵作为田间诱集植物, 玉米和高粱作为屏障植物辅助控制棉田烟粉虱。

关键词: 烟粉虱; 寄主植物; 种群密度; 屏障; 诱集

Population density of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on different plants in the field

ZHANG Xiaoming¹, YANG Nianwan^{1,2}, WAN Fanghao^{1,2,*}

1 State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

2 Center for Management of Invasive Alien Species, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

Abstract: The whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) is a key agricultural pest in many regions of the world, and has been a destructive pest in China during the past two decades. *B. tabaci* is extremely polyphagous, feeding on hundreds of host plants, causing direct and indirect damage. Direct feeding by adults and nymphs induces physiological disorders in host plants, resulting in smaller production, shedding of leaves, and death in immature plants. The honeydew produced by the nymphs often causes stunting by promoting the growth of black sooty mold on leaves and reducing photosynthesis. However, the main damage is indirect: *B. tabaci* can transmit more than 100 plant viruses that damage many commercial plants. *B. tabaci* has distinct host plant preferences, and knowing these can serve as a basis for integrated pest management programs, especially because resistance to insecticides by *B. tabaci* is on the increase. Here we present the results of an exhaustive survey of host plants in Northern China. A systematic field survey was conducted on 81 plant species to investigate their suitability as host plants for *B. tabaci* at Langfang, Hebei Province. There were three plots for each plant, with a size of 16 m² (4 m×4 m) for each plot, 243 plots were randomly arranged in total. Infection rate was characterised by the number of individuals per 100 cm² leaf and number of individuals per whole leaves. A total of 37 species of the surveyed plants, including *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench and *Setaria italica* (L.) Beauv. were not damaged by *B. tabaci*. Plant species belonging to the families Rosaceae, Nyctaginaceae, Caryophyllaceae, Linaceae, Cleomaceae,

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(30930062); 国家重点研究发展计划(“973”计划)项目(2009CB119220)

收稿日期: 2012-12-19; **网络出版日期:** 2014-03-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wanfanghao@caas.cn

Euphorbiaceae, Rutaceae, Asclepiadaceae (surveyed one species in these families), Polygonaceae (surveyed two species), Cruciferae (surveyed four species), Poaceae (surveyed five species) were not damaged by *B. tabaci*. Forty-four of the investigated plant species were suitable hosts for *B. tabaci*. The plants from Lamiaceae, Leguminosae, Asteraceae, Convolvulaceae and Malvaceae supported the higher whitefly densities than the other plant families in our survey results. Most of the surveyed species in the Lamiaceae family were damaged, and on more than 60% of these plants, the infection rate reached grade 4 (>50 individuals per 100 cm² leaf). Whitefly densities on these host plants varied widely. The whitefly occurred mostly on *Mentha arvensis* L., *Schizonepeta tenuifolia* Briq, *Glycyrrhiza uralensis* Fisch, *Mentha canadensis* L., *Leonurus japonicus* Houtt, *Crotalaria pallida* Ait., *Chrysanthemum paludosum* Poir, *Achyranthes bidentata* Blume, *Oenothera erythrosepala* Borb., *Echium vulgare* L., *Medicago sativa* L. and *Ocimum basilicum* L.. The infection rate on these plants was grade 4 (>50 individuals per 100 cm² leaf). *Althaea rosea* (L.) Cavan, *Helianthus annuus* L. and *Nicotiana tabacum* L. had somewhat lower densities per 100 cm² leaf, but themselves being much larger than the former host plant species, whole plants supported large whitefly populations. *H. annuus*, *Z. may* and *S. bicolor* are widely planted in cotton production areas in northern China, and the economic losses caused by whitefly infection on these plants was relatively low. *H. annuus* can potentially be used as a trap crop, while *Z. may* and *S. bicolor* can be used as barrier crops to manage whiteflies in cotton fields.

Key Words: *Bemisia tabaci*; host plants; population density; barrier; trap

烟粉虱 [*Bemisia tabaci* (Gennadius)] 又名棉粉虱、甘薯粉虱, 属同翅目粉虱科, 广泛分布于世界各地^[1]。该虫世代重叠严重, 在我国 1 年发生 11—15 代; 寄主植物广, 能为害达 74 科 500 余种植物^[2-3], 其中, 以十字花科、茄科、葫芦科、豆科、菊科、锦葵科植物为主^[3]。除直接取食植物汁液为害外, 烟粉虱可分泌蜜露诱发植物煤污病, 并可传播 100 多种植物病毒, 严重时可能造成绝产^[4-6]。我国烟粉虱的记载始于 1949 年, 20 世纪 80 年代后曾有危害棉花等作物的报道, 但种群数量较低, 发生较轻^[7]。1999 年烟粉虱在新疆南部地区的局部发生, 以及 2000 年在河北北部和天津地区的大暴发对棉花和蔬菜生产形成毁灭性打击^[5]。目前, 对烟粉虱在棉花和蔬菜上的发生动态和为害情况研究较多^[8-11]。

对烟粉虱的防治目前主要是应用化学农药, 但长期大量使用化学农药导致烟粉虱抗药性不断增强。通过应用诱集植物、屏障和趋避植物实施生态调控是烟粉虱防治的新思路。本研究模拟农田生态系统的植物布局, 斑块式地种植不同植物, 通过调查不同植物上烟粉虱的发生动态, 以期对烟粉虱的诱集、屏障或趋避植物选择和生态调控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取 25 科共 81 种植物(表 1)。所有的植物种子均购于河北省廊坊市九州镇农资店。

1.2 试验设计与调查方法

试验在中国农业科学院廊坊科研中试基地(39°30'42"N, 116°36'07"E)试验田进行, 试验田面积为 1 hm²。每种植物设置 3 个小区重复, 小区面积为 16 m²(4 m×4 m), 小区间间距为 1 m, 共计 243 个小区, 随机排列。供试植物于 5 月下旬同时播种, 全生育期不施用任何化学农药。在河北廊坊地区棉田烟粉虱每年 6 月中旬始发, 7、8 月为发生盛期, 9 月初后逐渐减退^[12]。本试验调查从 8 月 15 日始(烟粉虱发生盛期)至 9 月 25 日结束(烟粉虱减退期), 每 15d 调查 1 次。调查采用五点取样法, 各小区随机选取 5 个样点, 各样点随机选取 2 株植物, 在每植株的上、中、下 3 个部位随机取叶龄相似的 2 片叶片, 现场检查所选叶片上烟粉虱高龄若虫(3 龄、4 龄)和成虫数量, 随后将相应叶片进行标记后放入保鲜袋内拿回室内测量叶片面积。叶片面积采用叶面积测量仪(Yaxin-1242, 北京雅新理仪科技有限公司)测量。

1.3 烟粉虱为害级别确定

对寄主植物上烟粉虱高龄若虫的数量以每叶片

和每 100 cm²为单位分别进行统计,参照国内外有关烟粉虱为害程度的标准,将其划分为 5 个等级:无烟粉虱为 0 级,1—10 头为 1 级,11—30 头为 2 级,31—50 头为 3 级,大于 50 头为 4 级^[3,13-14]。

2 结果与分析

2.1 烟粉虱在不同寄主植物上的为害级别

在调查的 25 科植物中,唇形科、紫草科、胡麻科、旋花科、茄科、柳叶菜科、凤仙花科等 7 个科的大部分调查植物上都有不同程度的烟粉虱发生。紫茉莉科、石竹科、蓼科、蔷薇科、藜科、十字花科、白花菜科、禾本科、亚麻科、大戟科、芸香科、萝藦科共 12 科植物上没有发现烟粉虱。

以每 100 cm²叶片上烟粉虱发生数量为标准划分为害级别:以各植物上烟粉虱发生最高峰的种群数量来看,烟粉虱为害级别达到 4 级的植物有 13 种,分属于唇形科、豆科、菊科、苋科、紫草科和柳叶

菜科(表 1,表 2)。以各植物上烟粉虱在四次调查中的平均种群数量来看,烟粉虱为害级别达到 4 级的植物有 8 种,分属于唇形科、豆科和苋科(表 1,表 2)。以每 100 cm²叶片上烟粉虱的危害程度划分,在整个调查期间烟粉虱平均种群数量在前 8 位的植物依次是:香水薄荷、藿香、荆芥、甘草、猪屎豆、薄荷、益母草、牛膝。

以每叶上烟粉虱发生数量为标准划分为害级别:以各植物上烟粉虱发生最高峰的种群数量来看,仅向日葵、蜀葵和烟草 3 种植物为害级别达到 4 级,其余的植物为 1 级或 2 级(表 1,表 2)。以各植物上烟粉虱在 4 次调查中的平均种群数量来看,没有为害级别达 4 级的植物。以叶片为单位划分,在整个调查期间烟粉虱平均种群数量在前 8 位的植物依次是:烟草、向日葵、蜀葵、苘麻、棉花、鸡冠花、藿香、牛膝。

表 1 供试植物上烟粉虱为害级别
Table 1 The tested plants and the grade of infection rates of *Bemisia tabaci*

目 Order	科 Family	序号 No.	种 Species	为害级别 Grade of infection rates			
				最高峰* Peak		均值# Mean	
				100 cm ²	每叶	100 cm ²	每叶
蔷薇目 Rosales	豆科 Leguminosae	1	甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	4	1	4	1
		2	猪屎豆 <i>Crotalaria pallida</i> var. <i>obovata</i> (G. Don) Polhill	4	1	4	1
		3	紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i> L.	4	1	2	1
		4	红花菜豆 <i>Phaseolus coccineus</i> L.	2	1	1	1
		5	四季豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	2	2	1	1
		6	绿豆 <i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek	1	1	1	1
		7	赤豆 <i>Vigna angularis</i> (Willd.) Ohwi et Ohashi	1	1	1	1
		8	大豆 <i>Glycine max</i> L.	1	1	1	1
		9	扁豆 <i>Dolichos lablab</i> L.	1	1	1	1
		10	沙苑黄芪 <i>Astragalus complanatus</i> Bunge	0	0	0	0
		11	黄芪 <i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bunge.	0	0	0	0
		12	红豆草 <i>Onobrychis viciaefolia</i> Scop	0	0	0	0
		13	草木犀 <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	0	0	0	0
		14	蚕豆 <i>Vicia faba</i> L.	0	0	0	0
		15	沙打旺 <i>Astragalus adsurgens</i> Pall.	0	0	0	0
菊目 Asterales	蔷薇科 Rosaceae	16	草莓 <i>Fragaria ananassa</i> Duchesne	0	0	0	0
	菊科 Asteraceae	17	白晶菊 <i>Chrysanthemum paludosum</i> Poir	4	1	3	1
		18	千叶蓍 <i>Achillea millefolium</i> L.	3	1	2	1
		19	硫华菊 <i>Cosmos sulphureus</i> Cav.	2	1	1	1
		20	香菊 <i>Crossostephium chinense</i> (L.) Mak.ex Cham. et Schltr.	2	1	1	1

续表

目 Order	科 Family	序号 No.	种 Species	为害级别 Grade of infection rates			
				最高峰* Peak		均值# Mean	
				100 cm ²	每叶	100 cm ²	每叶
石竹目 Caryophyllales	苋科 Amaranthaceae	21	茼蒿 <i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	2	1	2	1
		22	藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i> L.	2	1	2	1
		23	除虫菊 <i>Pyrethrum cinerariifolium</i> Trev.	2	1	2	1
		24	向日葵 <i>Helianthus annuus</i> L.	1	4	1	3
		25	孔雀草 <i>Tagetes patula</i> L.	1	1	1	1
		26	艾蒿 <i>Artemisia argyi</i> Lévl. et Van.	0	0	0	0
		27	野艾蒿 <i>Artemisia lancea</i> Van.	0	0	0	0
		28	猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.	0	0	0	0
		29	莴苣 <i>Lactuca sativa</i> L.	0	0	0	0
		30	果香菊 <i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.	0	0	0	0
唇形目 Lamiales	马齿苋科 Portulacaceae	31	牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i> Blume	4	2	4	1
		32	鸡冠花 <i>Celosia cristata</i> L.	2	2	2	1
		33	尾穗苋 <i>Amaranthus caudatus</i> L.	1	1	1	1
		34	雁来黄 <i>Amaranthus tricolor</i> L.	0	0	0	0
	紫茉莉科 Nyctaginaceae	35	松叶牡丹 <i>Portulaca grandiflora</i> Hook	3	1	2	1
		36	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i> L.	0	0	0	0
	石竹科 Caryophyllaceae	37	瞿麦 <i>Dianthus superbus</i> L.	0	0	0	0
		38	荞麦 <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.	0	0	0	0
		39	红蓼 <i>Polygonum orientale</i> L.	0	0	0	0
	藜科 Chenopodiaceae	40	红柄甜菜 <i>Beta vulgaris</i> Dracaenifolia'	0	0	0	0
		41	地肤 <i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad	1	1	1	1
	唇形科 Lamiaceae	42	极香罗勒 <i>Ocimum basilicum</i> L.	4	1	3	1
		43	益母草 <i>Leonurus japonicus</i> Houtt	4	1	4	1
		44	藿香 <i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et Mey.) O. Ktze	4	2	4	1
		45	薄荷 <i>Mentha canadensis</i> L.	4	2	4	1
		46	荆芥 <i>Nepeta tenuifolia</i> Benth.	4	1	4	1
		47	香水薄荷 <i>Mentha arvensis</i> L.	4	2	4	1
		48	蓝花鼠尾草 <i>Salvia farinacea</i> Benth	2	1	1	1
		49	黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	2	1	1	1
		50	神香草 <i>Hyssopus officinalis</i> L.	0	0	0	0
十字花目 Brassicales	紫草科 Boraginaceae	51	蓝蓟 <i>Echium vulgare</i> L.	4	1	3	1
		52	琉璃苣 <i>Borago officinalis</i> L.	2	1	2	1
		53	神仙草 <i>Symphytum officinale</i> L.	1	1	1	1
	胡麻科 Pedaliaceae	54	芝麻 <i>Sesamum indicum</i> L.	1	1	1	1
		55	雪里红 <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern	0	0	0	0
	十字花科 Cruciferae	56	二月兰 <i>Orychophragmus violaceus</i> (L.) O.E.Schulz	0	0	0	0
		57	白芥 <i>Sinapis alba</i> L.	0	0	0	0
		58	蜂室花 <i>Iberis amara</i> L.	0	0	0	0
	醉蝶花科 Cleomaceae	59	醉蝶花 <i>Cleome spinosa</i> L.	0	0	0	0

续表

目 Order	科 Family	序号 No.	种 Species	为害级别 Grade of infection rates			
				最高峰 [*] Peak		均值 [#] Mean	
				100 cm ²	每叶	100 cm ²	每叶
禾本目 Poales	禾本科 Poaceae	60	高粱 <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	0	0	0	0
		61	欧洲香草 <i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	0	0	0	0
		62	玉米 <i>Zea mays</i> L.	0	0	0	0
		63	苏丹草 <i>Sorghumsudanense</i> (Piper) Stapf.	0	0	0	0
		64	小米 <i>Setaria italica</i> (L.) Beauv. (<i>Panicum italicum</i> L.)	0	0	0	0
锦葵目	锦葵科	65	蜀葵 <i>Althaea rosea</i> (L.) Cavan	3	4	2	3
Malvales	Malvaceae	66	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i> Medic	2	2	1	1
		67	棉花 <i>Gossypium</i> spp	1	2	1	1
		68	马络葵 <i>Malope trifida</i> L.	0	0	0	0
		69	芹菜 <i>Apium graveolens</i> L.	2	1	2	1
伞形目 Apiales	伞形科 Umbellales	70	胡萝卜 <i>Daucus carota</i> L.	0	0	0	0
		71	蛇床子 <i>Cnidium monnieri</i> (L.) Cuss.	0	0	0	0
		72	葎草 <i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr.	1	2	1	1
荨麻目 Urticales	大麻科	73	寒麻 <i>Cannabis Sativa</i> L.	0	0	0	0
茄目 Solanales	旋花科	74	红薯 <i>Ipomoea batatas</i> L.	1	1	1	1
	Convolvulaceae						
	茄科	75	烟草 <i>Nicotiana tabacum</i> L.	1	4	1	1
金虎尾目 Malpighiales	Solanaceae						
	亚麻科	76	亚麻 <i>Linum usitatissimum</i> L.	0	0	0	0
	Linaceae						
桃金娘目 Myrtales	大戟科	77	蓖麻 <i>Ricinus communis</i> L.	0	0	0	0
	Euphorbiaceae						
	柳叶菜科	78	待宵草 <i>Oenothera erythrosepala</i> Borbas	4	1	3	1
杜鹃花目 Ericales	Onagraceae						
无患子目 Sapindales	凤仙花科	79	凤仙花 <i>Impatiens balsamina</i> L.	1	1	1	1
	Balsaminaceae						
	芸香科	80	七里香 <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack.	0	0	0	0
龙胆目 Gentianales	Rutaceae						
	萝藦科	81	夜来香 <i>Telosma cordata</i> (Burm. F.) Merr.	0	0	0	0
	Asclepiadaceae						

* 表示在 4 次调查中烟粉虱种群数量在最高峰时期的值;#:表示烟粉虱在 4 次调查中种群数量的平均值

表 2 不同分类方式烟粉虱为害级别达 4 级的植物分布情况

Table 2 Distribution of *Bemisia tabaci* in the grade 4 plants use different defined methods

划分标准(烟粉虱数量) Defined methods (No. of whitefly)	4 级植物数量/种 No. of grade 4 plants (species)	科 Family	占 4 级植物比例/% Proportion of the grade 4 plants	占该科植物的比例/% Proportion of this family
每 100cm ² 最高峰	13	唇形科(6 种)	46.2	66.7
Per 100cm ² Peak		豆科(3 种)	23.0	20.0
		菊科(1 种)	7.7	6.7
		苋科(1 种)	7.7	20.0
		紫草科(1 种)	7.7	33.3
		柳叶菜科(1 种)	7.7	100.0
		唇形科(5 种)	62.5	62.5
均值 Mean	8	豆科(2 种)	25.0	13.3

续表

划分标准(烟粉虱数量) Defined methods (No. of whitefly)	4级植物数量/种 No. of grade 4 plants (species)	科 Family	占4级植物比例/% Proportion of the grade 4 plants	占该科植物的比例/% Proportion of this family
每叶最高峰 Per leaf peak	3	苋科(1种)	12.5	20.0
		菊科(1种)	33.3	7.1
		锦葵科(1种)	33.3	25.0
		茄科(1种)	33.3	100.0
均值 Mean	0	—	—	—

2.2 烟粉虱在主要植物上的发生动态

向日葵、烟草上烟粉虱成虫虫口密度的最高峰在8月中旬,高龄若虫最高峰出现在8月底,比成虫晚15d;而蜀葵上成虫虫口密度最高峰出现在9月15日,高龄若虫的最高峰出现的时间与成虫一致,均在9月中旬(图1)。烟粉虱成虫虫口密度最高峰时在蜀葵上达到4级为害水平,在其它植物上的为害级别都为2级及其以下级别(成虫为害级别确定方式与高龄若虫相同,下同)。烟粉虱高龄若虫发生的

最高峰在蜀葵、向日葵、烟草这3种植物上达到4级为害水平,其中烟草上的高龄若虫种群动态平稳,在整个调查期间烟粉虱的为害危害水平都达到4级(图1)。烟粉虱种群(成虫和高龄若虫的均值)发生最高峰时,3种植物间烟粉虱的虫口密度(每叶虫数)无显著差异($F_{2,6}=0.02$, $P=0.9822$)。以整个调查期间烟粉虱的平均虫口密度来看,烟粉虱在3种植物上的密度差异不显著($F_{2,6}=1.31$, $P=0.3368$)。

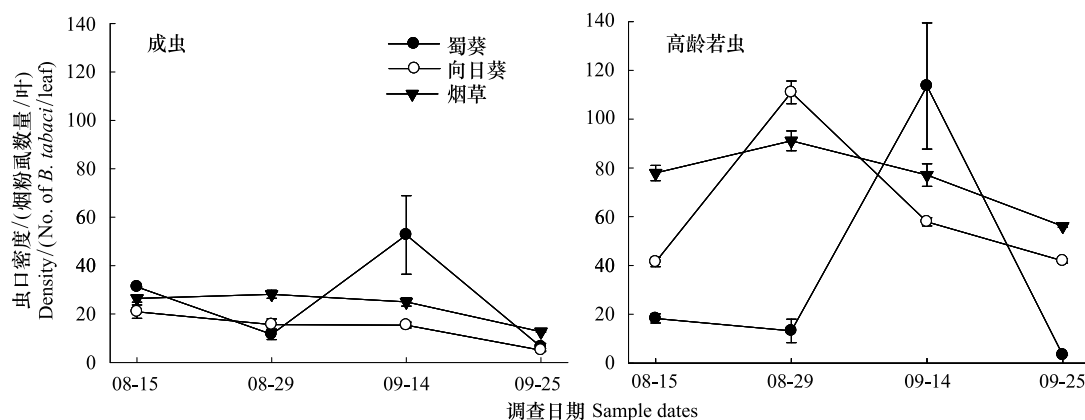


图1 烟粉虱在蜀葵、向日葵、烟草3种植物上的发生动态(mean±S.E.)

Fig.1 Population dynamics of *Bemisia tabaci* on *Althaea rosea*, *Helianthus annuus*, and *Nicotiana tabacum* (population densities per leaf, mean±S.E.)

以单位面积上烟粉虱虫口密度来看,虫口密度最高峰时烟粉虱为害级别达到4级的植物有13种。益母草、香水百合、极香罗勒、藿香4种植物成虫虫口密度最高峰在8月15日,其它8种植物的虫口密度最高峰在8月29日;13种植物中仅有唇形科的荆芥在最高峰的为害级别达到4级(图2)。烟粉虱高龄若虫虫口密度在13种植物上最高峰在8月29日,且所有植物上为害水平都达到4级(图2)。不同植物上烟粉虱种群最高峰虫口密度(每100 cm²成

虫和高龄若虫均值)存在显著差异,其中香水薄荷、荆芥、甘草上烟粉虱的平均虫口密度显著高于蓝蓟和极香罗勒上的平均虫口密度,其余植物之间无显著差异($F_{12,26}=5.05$, $P=0.0003$)。通过对这13种植物在整个调查期间烟粉虱虫口密度(每100 cm²成虫和高龄若虫均值)的比较结果可知,香水薄荷、藿香上的虫口密度显著高于白晶菊、蓝蓟和紫花苜蓿,其余8种植物间烟粉虱无显著差异($F_{12,26}=7.41$, $P<0.0001$)。

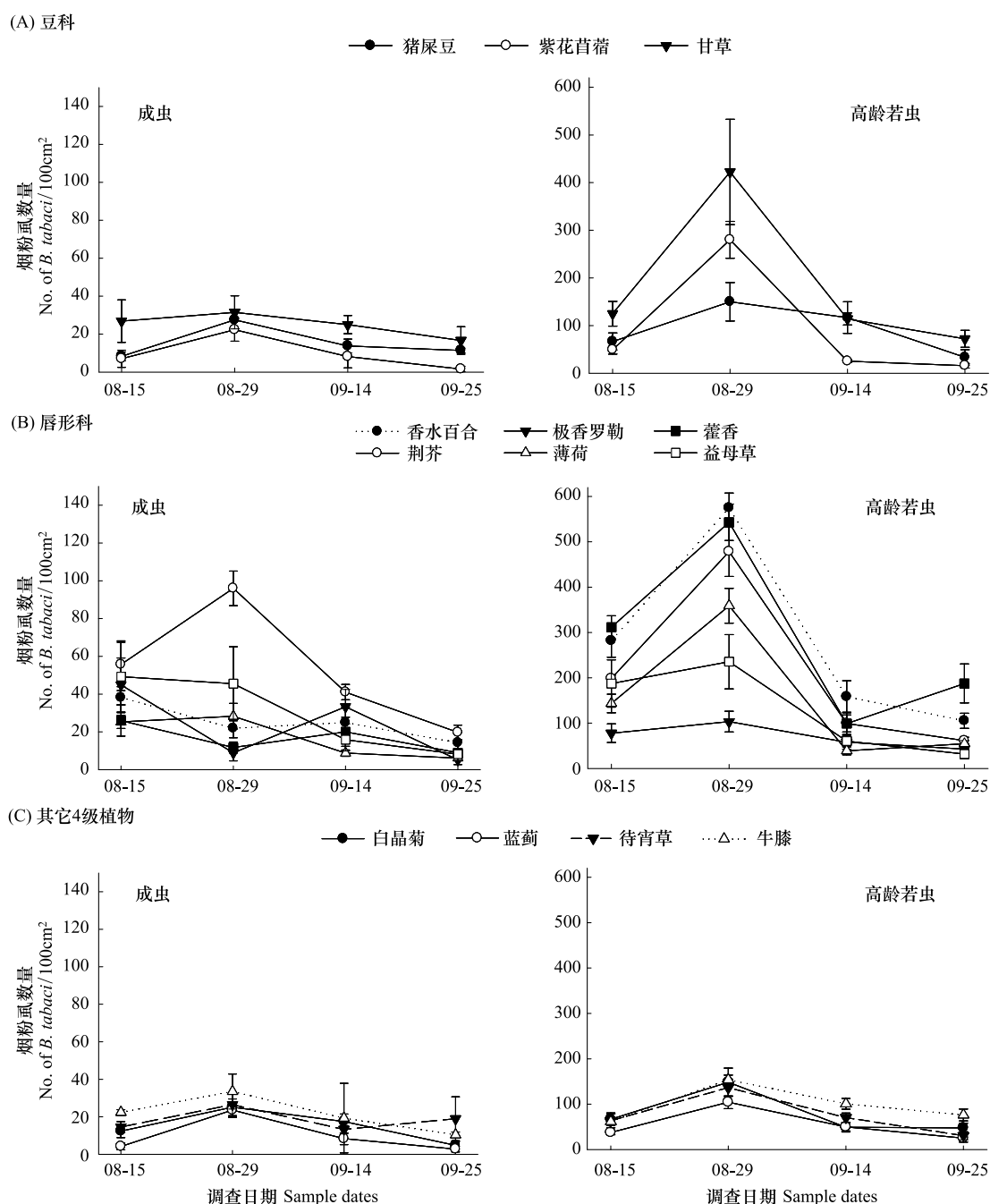


图2 烟粉虱成虫和高龄若虫在发生最高峰为害级别达4级(虫口数量/100 cm², mean±S.E.)植物(A—C)上的发生动态

Fig.2 Population dynamics of *Bemisia tabaci* adult and high-instar nymphs on grade 4 plants (population density per 100 cm², mean±S.E.) (A—C)

3 结论与讨论

用不同的分类方式评价烟粉虱在不同植物之间为害级别存在较大的差异。以叶片为单位,向日葵、烟草和蜀葵上的烟粉虱最高峰时的虫口密度达到4级,这3种植物的共同特点是叶面积大,且叶面长满叶毛。以单位面积或以叶片为单位分类,蜀葵上的

烟粉虱为害级别在所有调查时间均超过2级,说明蜀葵上烟粉虱种群数量较高。蜀葵叶片表面叶毛茂密,且叶表面多褶皱,可能增加了对烟粉虱产卵的庇护。以单位面积划分为害级别达到4级的植物种类主要集中在叶面多毛、叶片有褶皱且叶片较小的植物,如香水薄荷、藿香、荆芥、甘草、猪屎豆、薄荷、益母草、牛膝等。这些小叶植物的植株地上部分生物

量较小,烟粉虱在整株植株上的发生数量不大。以叶片或以单位面积为单位所划分的烟粉虱在植物上的危害级别有一定差异,对于一种特定的植物而言,烟粉虱的为害级别用哪种方式来衡量更为科学需要综合考虑;对于叶面积较大,且植株地上部生物量较大的植物而言,如向日葵,更适合于运用以叶片为单位来衡量烟粉虱在该植物上的为害水平;对于叶面积较小,植株地上部生物量也较小的植物而言,如藿香,更适合于运用以单位面积为单位来定义烟粉虱在该植物上的为害水平;在比较不同植物上烟粉虱的为害水平时,则需要将以叶片和以单位面积为单位的两种划分方式结合起来综合考虑。香水薄荷和藿香上单位面积内的烟粉虱虫口密度在所有调查植物中最高,这两种植物的叶面均多褶皱,叶面的褶皱对烟粉虱产卵有遮蔽和保护作用,这可能是烟粉虱在其上为害并快速建立种群的一个重要原因^[15]。单位面积烟粉虱为害级别达到4级可考虑作为选择诱集植物时的重要参考因素之一。诱集作物主要通过影响植食性昆虫的产卵和取食行为使主栽作物得到保护,特别是植食性昆虫的产卵选择行为将决定其幼虫的种群分布及取食为害情况^[16]。诱集作物主要从物理和化学方面影响害虫的视觉、嗅觉、触觉、味觉等感觉器官,从而形成比主栽作物更强的引诱力^[17-18]。本文中为害级别超过4级的植物上的烟粉虱虫口密度远远大于棉花,这为利用这些诱集植物控制棉田烟粉虱提供了可能。在物理特性方面,诱集植物的形状、大小、高低、颜色等对害虫行为具有较大的影响。如利用植株地上部较高的红车轴草(*Trifolium pratense* L.)与卷心菜(*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)间作可显著降低小菜蛾(*Plutella xylostella* L.)在甘蓝(*Brassica oleracea* L.)上的产卵量,但利用植株地上部较矮的红车轴草与卷心菜间作则没有此效果^[17]。在化学特性方面,诱集植物释放的挥发物比主栽作物对害虫具有更强的引诱力,调控处于搜索状态的害虫向其富集^[18]。吕建华和刘树生等全面阐述了近十几年来在害虫治理中诱集植物的研究和应用最新进展情况,充分体现了诱集植物在害虫治理中的重要作用^[19]。在本研究的调查植物中,没有被烟粉虱为害的植物共计37种,其中茉莉科、石竹科、蓼科、蔷薇科、藜科、白花菜科、亚麻科、大戟科、芸香科、萝藦科等12科植物上无烟粉

虱为害。这些植物的共同特点就是叶面光滑,叶表面基本上无叶毛或者叶毛稀疏。禾本科玉米和高粱因植株自身的长势较高,叶面较光滑,且叶片呈直立状生长等特点,烟粉虱几乎不在这两种作物上取食为害,因此它们可作为屏障作物来利用。在美国佛罗里达州,研究人员将玉米作为屏障作物运用于大豆田中控制银叶粉虱获得了较好的效果^[20]。种植屏障作物也能减轻蚜虫传播的植物病毒病的发生率^[21]。烟粉虱传播的植物病毒病引起的间接危害远大于取食植物带来的直接危害,因此种植屏障作物能在烟粉虱的生态控制体系中起到减轻危害程度和降低传毒率的双重作用。除了植物的外部形态外,许多植物可释放对害虫有驱避作用的挥发性化合物,从而不被害虫为害,从这些植物的挥发物中已鉴定出对某一种或几种特定昆虫有驱避作用的化合物。此外,一些具有挥发性的植物精油也对害虫起到驱避作用,如蓝桉(*Eucalyptus globules* Labill)、香叶天竺葵(*Pelargonium graveolens* L' Her)、薰衣草(*Lavandula latifolia* Medik.)、辣薄荷(*Mentha piperita* L.)、互叶白千层(*Melaleuca alternifolia* (Maiden et Betehe) Chee) 1) 精油可显著驱避油菜花露尾甲(*Meligethes aeneus* Fabricius);日本柳杉(*Cryptomeria japonica* (L. f) D. Don) 易感品种引诱柳杉天牛(*Semanotus japonicus* Lacordaire)取食,而抗性品种精油对柳杉天牛有驱避作用^[22]。

烟粉虱对寄主植物的选择是多种感觉器官共同作用对寄主颜色、化学挥发物等因素综合反应的结果,这种反应最终体现为相同条件下不同植物上烟粉虱取食为害程度的差异。因此,在作物品种选择和耕作上可以考虑利用烟粉虱对寄主作物的这种嗜性差异,采用诱集或驱避的方法,以减轻烟粉虱对目标寄主的为害。本文调查以每叶为单位来评价时烟草上烟粉虱种群虫口密度最高(成虫和高龄若虫均值),在最高峰时达94.1头/叶,其次是向日葵和蜀葵。以单位面积为单位评价时香水薄荷上烟粉虱种群虫口密度最高,在最高峰时达298.3头/100 cm²,其次是薄荷、荆芥、甘草等。薄荷独有乙酸薄荷酯(Menthyl acetate),薄荷、荆芥的特征成分是 α -石竹烯(α -Caryophyllene),柠檬精油(Limonene);唇形科植物香水薄荷、薄荷和荆芥这3种植物都含有薄荷酮(Menthone)^[23]。甘草里面报道的化合物超过

200 种,其中的黄酮类是具有生物活性的主要成分之一^[24]。或许薄荷酮或者其它黄酮类化合物在吸引烟粉虱过程中起到重要作用。但每一种植物里面的化学成分都比较复杂,这几种植物都是重要的中药材植物,栽培成本和植株本身的经济价值都很高,因此不适合直接种植于农田中作为诱集植物;然而可以筛选并提取出这些植物中对烟粉虱有诱集作用的化合物,喷施于诱集植物的表面以增强诱集效果,或者在研制诱虫黄板等诱集工具时可加入该化合物的有效成分,这样能方便快捷的应用于田间。向日葵、玉米、高粱、小米在中国棉花产区广泛种植,通过田间调查,烟粉虱几乎不危害向日葵的葵花部分,对向日葵产量影响极小,因此向日葵可以作为一种诱集植物应用于棉田烟粉虱的控制。烟粉虱在田间不危害玉米、高粱、小米等禾本科植物,且玉米和高粱的植株高大,超过棉花植株的高度,因此这两种作物可以作为屏障作物运用于棉田烟粉虱的治理系统中。是一种化合物还是多种化合物共同起作用导致烟粉虱对寄主植物嗜性差异,以及运用哪一种种植方式控制棉田烟粉虱还需要进一步研究。

致谢:丹麦奥胡斯大学 Gabor L.Lövei 教授润色英文摘要,特此致谢。

References:

- [1] Boykin L M, Shatters R G Jr, Robert G, Rosell R C, McKenzie C L, Bagnall R A, De Barro P, Frohlich D R. Global relationships of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) revealed using Bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2007, 44(3): 1306-1319.
- [2] Cui H Y, Ge F. Temporal and spatial distribution of *Bemisia tabaci* on different host plants. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(2): 0176-0182.
- [3] Li S J, Xue X, Ahmed M Z, Ren S X, Du Y Z, Wu J H, Cuthbertson A G S, Qiu B L. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Insect Science*, 2011, 18(1): 101-120.
- [4] Jones D R. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 2003, 109(3): 195-219.
- [5] Zhang Z L. Some thoughts to the outbreaks of tobacco whitefly. *Beijing Agricultural Sciences*, 2000, 18(Supp): 1-3.
- [6] Luo C, Zhang Z L. Study progress on *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Beijing Agricultural Sciences*, 2000, (Supp): 4-13.
- [7] Luo Z Y, Zhang W N, Gan G P. Population dynamics of tobacco whitefly in cotton field and the influence of insecticide application. *Acta Entomologica Sinica*, 1989, 32(3): 293-299.
- [8] Lin K J, Wu K M, Wei H Y, Guo Y Y. Population dynamics of *Bemisia tabaci* on different host plants and its chemical control. *Entomological Knowledge*, 2002, 39(4): 284-288.
- [9] Shen B B, Ren S X, Musa P D, Zhou J H. The spatial distribution pattern of *Bemisia tabaci* adults. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42(5): 544-546.
- [10] Zhou F C, Du Y Z, Ren S X, Chen H Q, Wang Y, Li Y, Qing J Y, Dai S S. Population dynamic and its control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton fields in Jiangsu Province. *Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition*, 2005, 26(1): 89-92.
- [11] Liu G X, Tao Y L, Chu D. Investigation of geographical distribution of *Bemisia tabaci* in Shandong Province and population dynamics in partial regions. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 2009, 40(2): 205-208.
- [12] Lin K J, Wu K M, Zhang Y J, Guo Y Y. Naturally occurring populations of *Bemisia tabaci*, biotype B and associated natural enemies in agro-ecosystem in northern China. *Biocontrol Science and Technology*, 2008, 18(2): 169-182.
- [13] Chen L G. The damage and morphological variations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on ornamental plants. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 1997, 15(3): 186-189, 208-208.
- [14] Summers C G, Elam P, Newton A S Jr. Colonization of ornamental landscape plants by *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring. *Pan-Pacific Entomologist*, 1995, 71(3): 190-198.
- [15] Zhou F C, Huang Z, Wang Y, Li C M, Zhu S D. Host plant selection of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3825-3831.
- [16] Åsman K. Trap cropping effect on oviposition behaviour of the leek moth *Acrolepiopsis assectella* and the diamondback moth *Plutella xylostella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2002, 105(2): 153-164.
- [17] Åsman K, Ekbom B, Ramert B. Effect of intercropping on oviposition and emigration behavior of the leek moth (Lepidoptera: Acrolepiidae) and the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Environmental Entomology*, 2001, 30(2): 288-294.
- [18] Khan Z R, Pickett J A, van den Berg J, Wadhams L J, Woodcock C M. Exploiting chemical ecology and species diversity: stem borer and striga control for maize and sorghum in Africa. *Pest Management Science*, 2000, 56(11): 957-962.
- [19] Lü J H, Liu S S. Advances in application of trap cropping to IPM. *Plant Protection*, 2008, 34(2): 1-6.
- [20] Smith H A, Mcsorley R. Potential of field corn as a barrier crop and Eggplant as a trap crop for management of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on common bean in north florida. *The Florida Entomologist*, 2000, 83(2): 145-158.

- [21] Fereres A. Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. *Virus Research*, 2000, 71(1/2): 221-231.
- [22] Yang N W, Li A L. Advances in the research of plant essential oils for pest control. *Plant Protection*, 2007, 33(6): 16-21.
- [23] He L J, Liang Y Z, Zhao C X. GC/MS study on chemical constituents of essential oil of lemiaceae plants. *Acta Chimica Sinica*, 2007, 65(3): 227-232.
- [24] Bing C L. Research advance of the chemical component to *Glycyrrhiza uralensis* Fisch in China. *Chinese Journal of School Doctor*, 2006, 20(1): 105-106.
- [9] 沈斌斌, 任顺祥, Musa P D, 周建华. 烟粉虱成虫空间分布型的研究. *昆虫知识*, 2005, 42(5): 544-546.
- [10] 周福才, 杜予州, 任顺祥, 陈后庆, 王勇, 李瑛, 秦洁洋, 戴率善. 江苏棉田烟粉虱的种群动态及控制. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 2005, 26(1): 89-92.
- [11] 刘国霞, 陶云荔, 褚栋. 山东省烟粉虱地理分布及部分地区种群动态调查. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2009, 40(2): 205-208.
- [13] 陈连根. 烟粉虱在园林植物上的为害及其形态变异. *上海农学院学报*, 1997, 15(3): 186-189, 208-208.
- [15] 周福才, 黄振, 王勇, 李传明, 祝树德. 烟粉虱 (*Bemisia tabaci*) 的寄主选择性. *生态学报*, 2008, 28(8): 3825-3831.
- [19] 吕建华, 刘树生. 诱虫作物在害虫治理中的应用. *植物保护*, 2008, 34(2): 1-6.
- [22] 杨念婉, 李艾莲. 植物精油应用于害虫防治研究进展. *植物保护*, 2007, 33(6): 16-21.
- [23] 贺莉娟, 梁逸曾, 赵晨曦. 唇形科植物挥发油化学成分的 GC/MS 研究. *化学学报*, 2007, 65(3): 227-232.
- [24] 芮春兰. 国内对甘草化学成分的研究进展. *中国校医*, 2006, 20(1): 105-106.
- 参考文献:**
- [2] 崔洪莹, 戈峰. 不同作物田烟粉虱发生的时空动态. *生态学报*, 2012, 32(1): 0176-0182.
- [6] 罗晨, 张芝利. 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 研究概述. *北京农业科学*, 2000, (增): 4-13.
- [7] 罗志义, 章伟年, 干国培. 棉田烟粉虱种群动态及杀虫剂的影响. *昆虫学报*, 1989, 32(3): 293-299.
- [8] 林克剑, 吴孔明, 魏洪义, 郭予元. 烟粉虱在不同寄主作物上的种群动态及化学防治. *昆虫知识*, 2002, 39(4): 284-288.