吸虫塔诱捕的昆虫种类及对麦蚜的监测效果研究*

蒋月丽[1] 武予清[1]** 段 云[1] 苗 进[1] 巩中军[1] 乔格侠[2]

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所 河南省农作物病虫害防治重点实验室
农业部华北南部有害生物治理重点实验室 郑州 450002;
2. 中国科学院动物研究所动物进化与系统学院重点实验室 北京 1000101)

摘 要 在河南省原阳县河南省农科院试验基地安装了吸虫塔(suction trap),2009—2010 连续2 年在该地区进行了昆虫诱捕及麦蚜监测,并对诱捕到的麦蚜数量动态,以及吸虫塔和黄色粘板监测的比较进行了分析。结果显示:该吸虫塔对多种小型昆虫有很好的诱捕效果,在 2009 年和 2010 年分别诱捕到了 8 目 39 科 58 种和 8 目 37 科 61 种的小型昆虫,数量较多的主要集中在双翅目、半翅目、膜翅目等。该吸虫塔对麦蚜起到了很好的监测效果,2009 年麦蚜始见期比 2010 年早,2009 年麦蚜的优势种为禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (L.),2010 年是荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi* (Takahashi),2009 年麦蚜大量发生和高峰期出现的较早,禾谷缢管蚜分别在 5 月 1 日,5 月 13 日,5 月 19 日到达高峰,5 月 19 日以后数量急剧减少;2010 年麦蚜大量发生和高峰期出现的相对较晚,荻草谷网蚜在 5 月 3 日、5 月 7 日、5 月 19 日和 5 月 31 日出现 4 个高峰,5 月 31 日以后蚜量才骤减。对白天不同时段诱捕的蚜量分析可知,麦蚜在早晨和傍晚飞翔活动相对较强。吸虫塔与黄色粘板监测的相关性分析表明,吸虫塔诱集麦蚜的数量动态与黄板诱集的数量动态趋势基本一致,吸虫塔诱蚜量与黄板蚜量具有较好的相关性,但吸虫塔诱集麦蚜出现高峰期早于黄色粘板。

关键词 稻飞虱, 灾变规律, 可持续治理

Research on the effectiveness of suction trapping insects and monitoring populations of wheat aphids

JIANG Yue-Li[1] WU Yu-Qing[1]** DUAN Yun[1] MIAO Jin[1]
GONG Zhong-Jun[1] QIAO Ge-Xia[2]

(1. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Key Lab of Crop Pests Control of Henan Province, Key Lab of Pest Management in South of North-China for Ministry of Agriculture of PRC, Zhengzhou 450002, China;
2. Key Laboratory of Animal Evolution and Systematics, Zoology of Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract A suction trap was installed at the Henan Academy of Agricultural Sciences proving ground in Henan Province. Insect populations were investigated and the quantitative population dynamics of wheat aphids was monitored in 2009 and 2010. The results show that suction traps were very effective at trapping various small insects. Fifty-eight species from 8 orders and 39 families, and 61 species from 8 orders and 37 families, of small insects were trapped in 2009 and 2010, respectively. Suction traps were also effective at monitoring wheat aphids. Wheat aphids were detected earlier in 2009 than in 2010. The dominant species in 2009 was *Rhopalosiphum padi* (L.), but *Sitobion miscanthi* (Takahashi) was the dominant species in 2010. In 2009, three clear peaks of abundance were apparent; on May 1th, May 13th, and May 19th, with an abrupt reduction in numbers after May 19th. In 2010, the peaks of abundance occurred later, with four clear peaks of abundance on May 3th, May 13th, May 19th and May 31th. The quantity of aphids caught at different times during daytime was analyzed. The results show that wheat aphids fly relatively strongly in the morning and evening. Comparison of the numbers of aphids caught in the suction trap and in yellow sticky card traps indicates that peak captures in the two

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201103022-06)、国家现代农业产业技术体系(CARS-03)。

**通讯作者,E-mail:yuqingwu36@hotmail.com

收稿日期:2011-09-15,接受日期:2011-10-31

kinds of traps were coincident, however, peak captures of wheat alate aphids occurred earlier in the suction trap than in yellow sticky card traps.

Key words suction trap, insect species, wheat aphids, yellow sticky card trap

麦蚜是我国重要的小麦害虫之一,除吸食小麦汁液外,还传播病毒造成小麦黄矮病,致使小麦叶色变黄,植株矮化,分蘖减少,严重威胁小麦的安全生产(Lu *et al.*,2009)。麦蚜分布范围广,在我国各麦区均有发生,主要包括荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi*(Takahashi)(我国原用名麦长管蚜 *Sitobion avenae*),麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*(Rondani)和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*(L.)。麦蚜具有远距离迁飞的行为,一般在3—6月随西南气流北迁,8月后又自冬夏区随西北风南迁,成为冬麦区秋苗上的虫源。迁飞使得麦蚜有机会选择更适宜的寄主植物和生理条件,从而使得对麦类作物的危害范围进一步扩大。因此,研究麦蚜的迁飞行为和迁飞规律,对麦蚜的预测预报和综合防治具有重要的意义。

麦蚜的监测是研究麦蚜迁飞的基础,网捕(陈若篪等,1989)、黄板(刘向东等,2004)、昆虫雷达(陈若篪等,1989)、吸虫器(刘向东等,2004)、高空系留气球(郁振兴等,2011)等均可用于麦蚜的监测。在国外,利用吸虫塔监测麦蚜来研究麦蚜的迁飞已经很普遍。早在20世纪50年代初期,吸虫塔(suction trap)已经开始应用并且成为迁飞性昆虫取样的有效工具(Johoson, 1950a, 1950b; Taylor, 1951; Johnson and Taylor, 1955)。随后,各种各样造型的吸虫塔逐渐被设计且应用于昆虫监测研究中。在整个欧洲大约有90种吸虫塔用于监测蚜虫种群(Blandenier and Fürst, 1997)。Allison 和 Pike(1988)在华盛顿州东部布置吸虫塔的网络来监测蚜虫的季节分布情况和丰富度,他们为该监测网络设计的吸虫蚜塔非常简单,造价便宜,不需要特殊的设备即可安装。尽管吸虫塔在国外的应用已经很普遍,但是在我国应用却相当晚。

2009年3月在河南省原阳县河南省农科院试验基地(N35°00′37″,E113°41′43″,海拔63.4 m),为了监测麦蚜,我国首次安装了吸虫塔,该吸虫塔在国外吸虫塔的基础上,由我国科学家自己开发和研制。经过2年的监测试验和研究,发现该吸虫塔对很多种小型昆虫都有很好的诱捕作用,且对目标昆虫——麦蚜能够起到很好的监测作用。

1　材料与方法

1.1　试验地点

河南省原阳县河南省农科院试验基地的小麦田,在吸虫塔诱捕期间,试验地周围作物以小麦为主,有少量油菜。

1.2　吸虫塔试验装置

吸虫塔高8.3 m,安装地点N35°00′37″,E113°41′43″,海拔63.4 m。由中国科学院动物研究所研制,河南省济源白云实业有限公司生产。

1.3　黄色板

黄色板10 cm×15 cm,由佳多科工贸公司提供,敷一层塑料膜,涂上机油,更换时,只需要换塑料膜涂机油,黄板可以重复利用。10块黄板设置2行,间隔10 m,设置高度约1.2 m,用竹竿插于试验地。2009年每3 d调查1次,调查时间为3月26日—5月31日,2010年隔天诱集1次,早上8:00设置,晚上20:00收,调查时间为:4月7日—6月2日,收集所诱的昆虫,带回实验室鉴定。并记录每天的天气情况。

1.4　调查方法

调查时间:2009年3月26日—6月4日,2010年4月7日—6月2日。诱集时间是每天分6个时段:20:30—5:30,6:00—8:00,9:00—11:00,12:00—14:00,15:00—17:00,18:00—20:00,隔天收集。把收集的昆虫标本放入75%的酒精中保存,并带回实验室鉴定。

昆虫鉴定所依据的主要专著有《农业昆虫鉴定》(李照会,2002)、《蔬菜病虫害防治原色生态图谱》(夏声广,2005)、《河南昆虫名录》(申效诚,1993)、《园林植物病虫害防治图鉴》(杨子琦和曹华国,2002)、《中国农作物病虫图谱(第一集)》(中国农业科学院,1959)、《中国科学院动物研究所 昆虫图册 第三号 天敌昆虫图册》(中国科学院动物研究所和浙江农业大学,1978)、《农业昆虫鉴定》(南京农学院,1992)、《中国蚊虫分类系统和检索表》(孟庆华和陈汉彬,1986)、《昆虫分类学(下

册)》(蔡邦华,1985)及《中国经济昆虫志第二十五册 同翅目 蚜虫类(一)》(张广学和钟铁森,1983)。

1.5 统计方法

试验数据采用 EXCEL 表格统计处理,SPSS16.0 数据处理系统进行方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 吸虫塔诱捕的昆虫种群

由表 1 可知,2009 年,共诱集昆虫 8 目 39 科 58 种,2010 年诱集昆虫 8 目 37 科 61 种。2 年诱捕的昆虫优势种基本一致,主要集中在双翅目、半翅目、膜翅目的小型昆虫类群,优势昆虫种类为:荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*、萝卜蚜 *Lipaphis erysimi*、瘿蚊 Cecidomyiidae、摇蚊 Chironomidae、菜蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae* 等。所诱集到的蚜虫种类主要是:荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*、萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* 等。另外还诱捕到了少量的蛛形纲种类。由此可知,吸虫塔不仅可以很好的诱捕蚜虫,而且对其他小型昆虫也有较好的诱捕效果。由吸虫塔 2 年诱捕的昆虫类群可知,2009 年与 2010 年该地区的昆虫种类和密度比较稳定。因此,该吸虫塔也可应用于昆虫群落调查的数据采集中。

表 1 吸虫塔诱捕的昆虫名录

Table 1 Insect register of suction trap on trapping

目 Order	科 Family	种数 Species	
		2009 年	2010 年
双翅目 Diptera	摇蚊科 Chironomidae	3	3
	瘿蚊科 Cecidomyiidae	3	3
	水蝇科 Hydrelli	1	1
	白蛉科 Phlebotomidae	1	1
	食虫虻科 Aslidae	0	1
	蝇科 Calyptrateae	1	1
	蛾蠓科 Psychodidae	0	1
	丽蝇科 Calliphoridae	0	1
	蚤蝇科 Phoridae	1	2
	长足虻科 Dolichopodidae	0	1
	食蚜蝇科 Syrphidae	2	2
	潜蝇科 Agtomyzidae	2	1
	大蚊科 Tipulidae	1	2
	花蝇科 Anthomyiidae	1	1
	黄潜蝇科 Chloropidae	1	0
	蛾蚋科 Psychodidae	1	0
	毛蠓科 Psychodidae	1	0
	未知科	1	0
半翅目 Hemiptera	蚜科 Aphididae	8	10
	绵蚜科 Eriosomatidae	0	2
	斑蚜科 Drepanosiphidae	0	1
	木虱科 Psyllidae	1	1
	叶蝉科 Cicadellidae	2	2
	飞虱科 Delphacidae	2	1
	蝽科 Pentatomidae	0	1
	盲蝽科 Miridae	1	1
	缘蝽科 Coreidae	1	0
	未知科	1	1
膜翅目 Hymenoptera	蚜茧蜂科 Aphidiidae	3	2
	跳小蜂科 Encyrtidae	1	1
	姬蜂科 Ichneumqnidae	1	1
	小蜂总科 Chalalcididae	2	2
	蚜小蜂科 Aphelinidae	0	1
	叶蜂科 Tenthredinidae	1	0
	未知科	1	1
鞘翅目 Coleoptera	叶甲科 Chrysomelidae	2	4
	隐翅甲科 Staphylinidae	1	1
	丽金龟科 Rutelidae	0	1
	金龟科 Scarabaeidae	0	1
	拟步甲科 Tenebrionidae	1	0
	瓢甲科 Coccinellidae	2	0
	步甲科 Carabidae	1	0
	小蠹科 Scolytidae	1	0
	吉丁虫科 Buprestidae	1	0
	郭公虫科 Cleridae	1	0
	未知科	0	1
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	1	1
缨翅目 Thysanoptera	蓟马科 Thripidae	1	2
	管蓟马科 Phlaeothripidae	1	0
鳞翅目 Lepidoptera	麦蛾科 Gelechiidae	2	1
蛛形纲 Araneida	蜘蛛科 Araneida	2	2

2.2 吸虫塔对麦蚜的监测效果

2.2.1　吸虫塔诱捕麦蚜的数量动态研究　吸虫塔对 3 种麦蚜的诱捕效果见图 1。2009 年麦蚜发生的时间相对较早,吸虫塔诱捕麦蚜的始见期为 3 月 26 日,从整个麦蚜诱捕期间看,优势种为禾谷缢管蚜,禾谷缢管蚜大量发生和高峰期出现的比较早,分别在 5 月 1 日,5 月 13 日,5 月 19 日到达高峰,每个时段的平均蚜量分别为 39.2、35.8、25.3 头。荻草谷网蚜在 5 月 15 日前有一定的诱捕量,且相对稳定,但高峰期不明显,5 月 15 日以后数量急剧下降。

2010 年吸虫塔诱捕麦蚜的始见期为 4 月 9 日,优势种为荻草谷网蚜,该年麦蚜大量发生和高峰期出现的相对较晚,4 月 7 日—5 月 1 日期间,麦蚜的诱集量非常少,一直处于比较低的水平,这可能与 2010 年春季温度回升比较晚有关。5 月 1 日以后,麦蚜才开始慢慢上升,荻草谷网蚜在 5 月 3 日、5 月 7 日、5 月 19 日和 5 月 31 日出现 4 个高峰,进入 6 月份数量才骤减。禾谷缢管蚜的整体诱捕量较小,仅在 5 月 17 日出现 1 个高峰。

2010 年蚜虫大量发生和高峰期出现得时间比 2009 年相对较晚,主要原因可能是 2010 年春季前期温度较低,不利于麦蚜的发生。2 年的调查结果表明,麦二叉蚜在该地区均较少发生。结合诱捕期间记录的天气情况分析可知:蚜量比较大的日期多集中在阴天无雨的天气,原因可能是在这样的环境下比较适宜麦蚜的飞行活动。

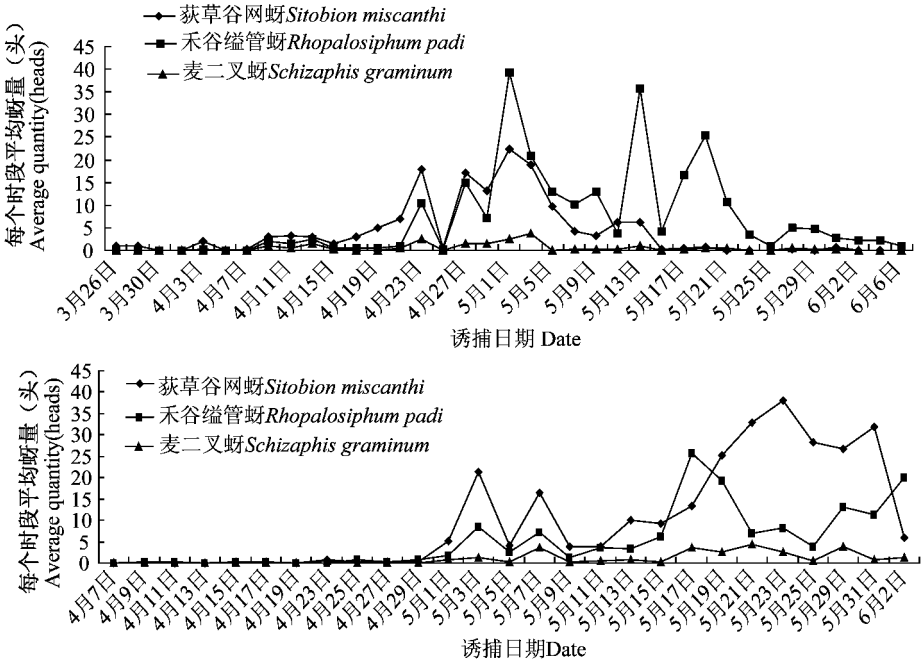

图 1　吸虫塔诱捕麦蚜的数量动态 2009 年(上)2010 年(下)

Fig. 1　The quantitative dynamicis of suction trap on trapping wheat aphids, 2009(above) and 2010 (below)

2.2.2　白天不同时段麦蚜的诱捕效果　根据麦蚜或其它蚜虫的飞翔活动规律, 吸虫塔诱捕时间白天设 5 个时段,每个时段 2 h,夜间设一个时段,9 h,因为蚜虫主要在白天活动且温度和光强度等变化大,全夜设一个时段因为环境因子变化较小,又很少活动(加之取虫不方便)。将白天不同时段诱捕数据分析(图 2),2009 年吸蚜塔诱捕的优势蚜虫种类为禾谷缢管蚜,18:00—20:00 诱捕数量最多,明显高于其它诱捕时段。荻草谷网蚜和麦二叉蚜诱捕数量较少,各诱捕时段之间无显著差异。

2010 年吸虫塔诱捕的优势蚜虫种类为荻草谷网蚜,不同时段诱捕的荻草谷网蚜数量有所差异。早晨 6:00—8:00 诱捕数量最多,其次是傍晚 18:00—20:00,但是二者之间无显著差异。早晨 6:00—8:00 与 9:00—11:00、12:00—14:00、15:00—17:00 存在显著差异。禾谷缢管蚜和麦二叉蚜的诱捕数量相对较少,而且各诱捕时段之间差异不显著。

从 2 年的分析结果可以看出,获草谷网蚜和禾谷缢管蚜主要在早晨和傍晚活动较为频繁,而在其他时段活动较少。

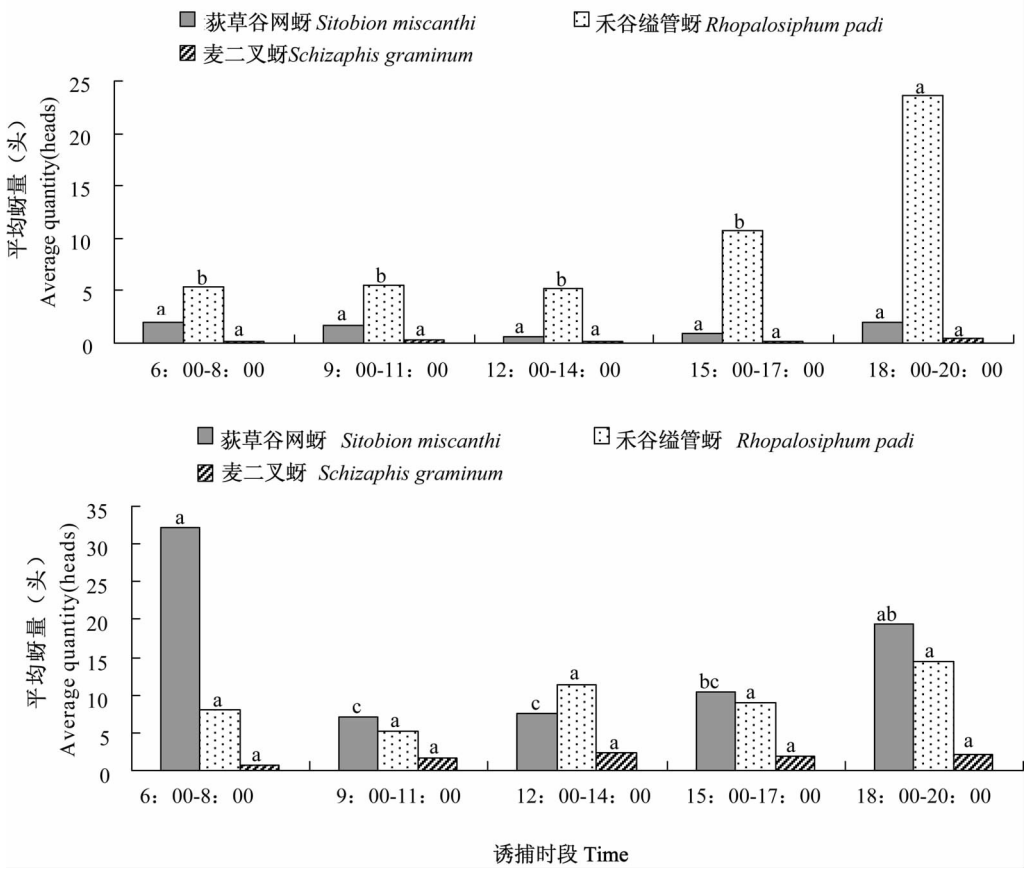

图 2　不同时段吸虫塔诱捕的蚜量 2009 年(上)2010 年(下)

Fig. 2　The quantity of suction trap on trapping wheat aphids in different time 2009(above) and 2010(below)

注:图中相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著。

Histograms with the same letters are not significantly different at 0.05 level.

2.2.3　吸虫塔诱蚜量与黄板蚜量的相关性　对麦蚜混合种群以及优势种获草谷网蚜和禾谷缢管蚜进行相关性分析(表 2),运用 SPSS16.0 建立吸虫塔诱蚜量(Y)和黄板蚜量(X)的回归模型,并进行筛选,比较各方程的相关系数(R),采用拟合性最高(最大 R 值)的回归方程为拟合公式。2009 和 2010 年吸虫塔诱蚜量与黄板蚜量之间均在 $\alpha = 0.05$ 水平上显著相关。相关系数最高的是 2009 年麦蚜混合种群,为 0.859。最低的为 2010 年的禾谷缢管蚜,为 0.640。因此,可以说明吸虫塔在高 8 m 的上空诱集的麦蚜与黄板在麦田附近诱集的麦蚜存在较好的相关性,吸虫塔监测麦蚜和黄板监测麦蚜基本上可以到达同样的效果。

3　小结与讨论

研究结果表明:在河南原阳县河南省农科院试验基地安装的吸虫塔,能够诱捕很多种小型昆虫,数量较多的主要集中在双翅目、同翅目、膜翅目等的一些种类。并且对目标昆虫麦蚜有很好的监测效果。综合分析可知, 2009 年麦蚜始见期为 3 月 26 日,从 4 月 23 日蚜量开始上升,2010 年始见期为 4 月 9 日,5 月 1 日以后蚜量才开始上升。2009 年麦蚜优势种为禾谷缢管蚜,2010 年优势种为获草谷网蚜。从整个调查期间的蚜量显示:2009 年麦蚜大量发生的时间相对较早,2010 年麦蚜在小麦生育晚期才大量发生,原因可能是 2010 年春季温度回升比较晚。诱捕高峰期与气象状况

表 2　吸虫塔诱蚜量与黄板蚜量的相关性

Table 2　The relationship between aphids in suction trap and in yellow traps

年份 Year	种类 Species	拟合公式 Fitting formula	相关系数 R
2009 年	荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi*	$Y=-2.318\times10^{-5}X^3+0.015X^2-2.390X+109.787$	0.749*
	禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*	$Y=-4.236\times10^{-7}X^3+0.001X^2+0.354X-31.903$	0.830*
	麦蚜混合种群 Wheat aphids population	$Y=0.009\ (X^{1.516})$	0.859*
2010 年	荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi*	$Y=-0.076X^2+5.813X-5.729$	0.751*
	禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*	$Y=-0.01\ X^3+0.496X^2-3.495X+21.411$	0.640*
	麦蚜混合种群 Wheat aphids population	$Y=-0.092X^2+7.135X-10.645$	0.743*

注:“*”表示在 0.05 水平显著相关。

“*” means correlation index R is significant at 0.05 level.

结合分析可知:阴天无雨的天气蚜量较大。通过一天中不同时段诱捕量比较分析显示:麦蚜喜欢在早晨和傍晚活动,这也与前面的结论阴天无雨天气蚜量比较大相一致。

温度、湿度、光照、风和降雨等环境因子均会对蚜虫的飞行活动产生影响。研究表明,禾谷缢管蚜在温度为 12 ~ 20 ℃时,飞行活动较强(程登发等,1997),荻草谷网蚜适宜飞行温湿度分别为 12 ~ 22 ℃和 RH60% ~ 80%,在此温湿度范围内,随温度或湿度的升高飞行速度加快,温度低于 8℃或高于 25℃以上,其飞行能力明显降低(程登发等,2002)。本研究中表明麦蚜喜欢在阴天无雨的天气活动,一天中喜欢在早晨和傍晚活动,说明在这个时段的温度、湿度等较适合蚜虫的飞行,这与前人(程登发等 1997,2002)的研究结果是一致的。

黄色粘板诱蚜作为蚜虫监测和设施中蚜虫工具应用较为普遍,2009—2010 年春季吸虫塔监测麦蚜与黄板监测麦蚜具有较好的相关性。据报道,对于禾谷缢管蚜和麦长管蚜,黄色粘板相比较吸虫塔来说,更多的是诱捕地面活动的有翅蚜。由于吸虫塔不需要昆虫/动物主动移动向收集器,所以吸虫塔相对于利用习性诱捕的黄色粘板来说是中性的(无选择性的),这就避免了不同蚜虫种类对颜色趋性变化导致的诱捕效率的差别,如禾谷缢管蚜随季节的变化,对颜色趋性也发生变化(Doring and Chittka,2007)。

吸虫塔在国外很早就已经成为监测迁飞性昆虫的有效工具,蚜虫近距离扩散行为多在低空飞行,远距离的迁飞可达到大气边界层,如在德国 12.2 m 的高的吸虫器和黄板能够监测到很多种蚜虫,棉蚜也能用黄盆在 20 m 高的楼顶上诱集到,在瑞典海滨 50 m 的灯塔上的吸虫器中也能诱捕到许多蚜虫(刘向东等,2003,2004),用高空系留气球在 100 m 高空捕捉到大量的荻草谷网蚜(郁振兴等,2011)。荻草谷网蚜(我国原名麦长管蚜)迁飞除了空中捕获的直接证据外,这种蚜虫在黄淮海平原麦区不能越夏以及小麦生长中后期突增现象(如 2010 年和 2011 年在河南麦区 5 月中下旬突增)均表明麦蚜的迁飞特征。

本研究所采用的中国科学院动物研究所研发的吸虫塔对麦蚜有翅蚜的发生动态的取得良好的监测效果,但是这些有翅蚜是本地扩散型、远距离迁入型,还是迁出型还有待研究。随着吸虫塔布局在我国逐步成网,利用吸虫塔对麦蚜的预测预报、迁出源、迁飞路线、着落区域、迁飞机制等研究将逐步取得进展,这必将促进我国小麦主产区麦蚜的宏观治理和小麦安全生产,从而提高我国农作物有害生物治理策略水平。

参考文献(References)

Allison D, Pike KS, 1988. An inexpensive suction trap and its use in an aphid monitoring network. *J. Agric. Entomol.*, 5(2):103—107.

Blandenier G, Fürst PA, 1997. Ballooning spiders caught by a suction trap in an agricultural landscape in Switzerland. Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh. 177—185.

蔡邦华,1985. 昆虫分类学(下册). 北京:科学出版社. 1—270.

陈若篪,丁锦华,谈涵秋,1989. 迁飞昆虫学. 北京:农业出版社. 351—352.

程登发,田喆,李红梅, 孙京瑞, 陈巨莲,2002. 温度和湿度

对麦长管蚜飞行能力的影响. 昆虫学报,45(1):80—85.

程登发,田喆,孙京瑞,倪汉祥,李光博,1997. 禾缢管蚜在不同温度条件下的飞行能力. 昆虫学报,40(增刊):180—185.

Doring TF, Chittka L, 2007. Visual ecology of aphids: a critical review on the role of colours in host finding. *Arthropod-Plant Inte.*, 1(1):3—16.

Johnson CG, 1950a. A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. *Ann. Appl. Biol.*, 37:80—91.

Johoson CG, 1950b. The comparison of suction trap, sticky trap and tow-net for the quantitative sample of small airborne insects. *Ann. Appl. Biol.*, 37:268—285.

Johnson CG, Taylor LR, 1955. The development of large suction traps for airborne insects. *Ann. Appl. Biol.*, 43:51—61.

李照会,2002. 农业昆虫鉴定. 北京:中国农业出版社. 1—301.

刘向东,翟保平,张孝羲,2004. 蚜虫迁飞的研究进展. 昆虫知识,41(4):301—307.

刘向东,张孝羲,翟保平,2003. 南京地区棉蚜的飞行活动节律及其飞行能力. 昆虫学报,46(4):489—493.

Lu YH, Yang T, Gao XW, 2009. Establishment of baseline susceptibility data to various insecticides for aphids *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) and *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae) by the method of residual film in glass tube. *Acta Entomol. Sin.*, 52 (1): 52—58.

孟庆华,陈汉彬,1986. 中国蚊虫分类系统和检索表. 北京:科学出版社. 1—205.

南京农学院,1992. 农业昆虫鉴定. 上海:上海科学技术出版社. 河南农业大学植保系翻. 48—399

杨忠岐译,1988. 膜翅目. 香港:香港天则出版社. 114—254.

申效诚,1993. 河南昆虫名录. 北京:中国农业科技出版社. 28—218

Taylor LR, 1951. An improved suction trap for insects. *Ann. Appl. Biol.*, 38:582—591.

夏声广,2005. 蔬菜病虫害防治原色生态图谱. 北京:中国农业出版社. 78—79.

杨子琦,曹华国,2002. 园林植物病虫害防治图鉴. 北京:中国林业出版社. 195—203.

郁振兴,武予清,蒋月丽,封洪强,刘顺通,曹雅忠,2011. 利用 HYSPLIT 模型分析麦蚜远距离迁飞前向轨迹. 生态学报,31(3):889—894.

张广学,钟铁森,1983. 中国经济昆虫志第二十五册(一). 中国科学院动物志编辑委员会. 北京:科学出版社. 18—21.

中国科学院动物研究所,浙江农业大学,1978. 中国科学院动物研究所,昆虫图册,(第三号)天敌昆虫图册. 北京:科学出版社. 3—169.

中国农业科学院,1959. 中国农作物病虫图谱(第一集). 北京:农业出版社. 79—83.