应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(6): 1516–1523. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.176

吸虫塔对麦长管蚜迁飞监测的影响因素分析*

杜光青 尹 姣 曹雅忠 张 帅 李克斌**

（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）

摘 要 【目的】 为了明确吸虫塔对麦长管蚜 *Sitobion avenae*（Fabricius）迁飞活动监测效果的影响因素。**【方法】** 采用回归分析和通径分析等方法，分析田间麦长管蚜数量与吸虫塔吸捕量的相关性，分析不同气象因素对吸虫塔中麦蚜吸捕数量的影响程度。**【结果】** 结果显示，吸虫塔的有翅蚜吸捕量与田间麦长管蚜种群密度及有翅蚜数量存在显著的相关性，即田间麦长管蚜有翅成蚜数量对吸虫塔的吸捕量具有直接影响，而吸虫塔中麦长管蚜的吸捕量也直接反映田间有翅成蚜及种群动态的实际情况。另外，在廊坊地区，吸虫塔初期监测到的有翅麦长管蚜要比小麦田间发生的早几天。通过对吸虫塔中麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与气象因素灰色关联度分析的结果表明，降雨天气对麦长管蚜的迁飞和种群动态具有突出的影响作用，可以造成麦长管蚜有翅成蚜迁入的“突增”和种群的“骤降”；同时温度和湿度是两个影响麦长管蚜迁飞的重要因素；在麦长管蚜的迁入初期，温度对其迁飞影响最大；在大风天气，风速也会对麦长管蚜的迁入或飞翔活动产生较大影响。**【结论】** 田间麦长管蚜发生数量与吸虫塔的吸捕量存在正相关；降雨、温度和风速是影响麦长管蚜迁飞活动的主要气象因素。

关键词 麦长管蚜，迁飞活动，吸虫塔，气象因素

Factors that affect using suction traps to monitor the migration of *Sitobion avenae* (Fabricius)

DU Guang-Qing YIN Jiao CAO Ya-Zhong ZHANG Shuai LI Ke-Bin**

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

Abstract [Objectives] To test the factors that affect suction trap monitoring of winged *Sitobion avenae* (Fabricius). **[Methods]** We counted the number of winged, and non-winged, *S. avenae* caught in suction traps in the wheat fields for one year, and conducted regression and path analysis on these data. **[Results]** The results show that the number of winged *S. avenae* caught in suction traps was significantly correlated with the number and density of winged aphids in the field. Winged *S. avenae* in wheat fields also affected the number caught in suction traps. On the other hand, the number of winged *S. avenae* in suction traps also reflected conditions in the field. In the Langfang area, winged *S. avenae* appeared almost one week earlier in suction traps than in wheat fields suggesting that suction traps are a good way of monitoring this species. In order to understand how different meteorological factors impact on the immigration of winged *S. avenae*, we counted the number of winged *S. avenae* caught in suction traps in different hourly periods and correlated this with local meteorological data on temperature, humidity, wind direction and velocity. We used grey incidence analysis to examine the relationship between rainfall, temperature, humidity, wind direction and velocity on the number of winged *S. avenae* caught in suction traps. The results show that rainfall can effectively reduce the migration of winged *S. avenae*. In the early stage of immigration, temperature impacts most seriously on the numbers of winged *S. avenae*, and wind velocity can also have a big effect.

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201103022）

**通讯作者，E-mail: kbli@ippcaas.cn

收稿日期：2014-10-13，接受日期：2014-10-28

[Conclusion] Suction traps are a good monitoring tool for *S. avenae* and temperature and humidity are important factors that affect the migration of winged adults of this species.

Key words *Sitobion avenae*, migration, suction trap, meteorological factors

麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius)是我国冬麦区的重大害虫，经常对小麦生产造成巨大损失（曹雅忠等，2006）。麦长管蚜具有远距离迁飞的特性，在 5 月份随西南气流由冬麦区（豫西、晋南、关中、陇南、陇中和延安等）迁往内蒙、银川、张家口、承德等春麦区（张向才等，1985）。有关麦长管蚜虫源的问题，罗瑞梧等（1988）通过调查研究认为：淮河以南的冬麦区是我国东部地区麦长管蚜主要越冬场所，越冬区的麦长管蚜有翅成蚜相继由南向北迁飞成为山东省等地春季发生的主要虫源。所以，对于麦长管蚜的监测对于掌握麦长管蚜的发生和迁飞规律和科学防控都有重要的意义。目前可以有效的监测麦蚜的方法有网捕、昆虫雷达（陈若篪等，1989），黄板、吸虫塔等（刘向东等，2004；陆云等，2013）。吸虫塔作为一个稳定、高效的研究小型迁飞昆虫的研究工具，在国外已经普遍地用于对麦蚜的检测（Johnson，1950；Johnson and Taylor，1955）。而我国的吸虫塔是基于国外吸虫塔的改造，与国外吸虫塔的高度并不完全一致。蒋月丽等（2011）已经证明了我国的吸虫塔在高 8 m 的上空诱集到的麦蚜与田间黄板诱集麦蚜的效果一致。但是否与小麦田中麦长管蚜有翅成蚜及其种群动态具有相关性，还需要进一步探索。

昆虫是变温动物，其活动能力和习性极易受到环境因素的影响。蚜虫是一种小型的昆虫，环境因素可以在很多方面影响蚜虫。如温湿度、光照、寄主植物长势与营养、天敌以及蚜群的拥挤状态等会影响到有翅蚜的产生（Steiner *et al.*，1985；丁锦华和傅强，1994；杨效文等，1996；赵惠燕和汪世泽，1997；杨益众等，2000；龚鹏和张孝羲，2001）。许多环境因子，如温湿度、光照、风和降雨等也会对蚜虫的迁飞产生影响（刘向东等，2004）。适宜麦长管蚜迁飞的温湿度范围分别是 12~22℃和 60%~80%RH，在此范围内，麦长管蚜的飞行速度会随着温度或湿度的升高而加快；当温度高于 25℃或者低于 8℃时，其飞行能力会降低（程登发等，2002）。根据吸虫器（12.2 m）每天的诱捕蚜虫的结果可知，麦长管蚜的最低起飞温度是 16℃，而在实验室测定的结果要稍高一些，为 17.5℃。根据 Walter 等（1984）的研究，在 10℃的条件下，长时间内（6 h）无麦长管蚜起飞；但当温度升高至 15℃的时，有 17%的个体起飞；20℃时，100%个体起飞。风速和风向是影响麦蚜长距离迁飞的重要因素，因为根据室内吊飞试验的结果，麦蚜的自主飞行能力比较差，所以风才是其远距离迁飞的主要动力（程登发等，1997；刘向东等，2004）。但是在麦蚜起飞时，大风也会使其起飞推迟（Walter *et al.*，1984）。

吸虫塔作为一个可以长期监测小型迁飞性昆虫的工具，在我国开展相应的观测研究尚处于起步阶段（乔格侠等，2011）。而利用改造的吸虫塔是否可以稳定有效地来监控麦蚜，有待进行长期且大量的研究工作。对于麦长管蚜来说，各种环境因素在多方面影响着其行为，但哪些因素会影响到吸虫塔对麦长管蚜迁飞或飞翔活动的监测，我们还不得而知，因此仍需要开展进一步的研究和分析。

1　材料与方法

1.1　吸虫塔吸捕效果的检测

2011 年，从 4 月 10 日至 5 月 21 日，采用五点取样法每天调查中国农业科学院植物保护研究所廊坊中试基地（116°69' E，39°52' N）3 块麦田（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号田）麦长管蚜数量，分别记录有翅成蚜量和麦长管蚜总量；并每天收集吸虫塔吸捕标本，鉴定并记数麦长管蚜有翅成蚜量。3 块麦田小麦品种均为中旱 101，田间为正常管理，但是不使用任何农药。

1.2 气象因素对麦长管蚜迁飞的影响

2009 年至 2011 年吸虫塔所在地气象数据由中国农业科学院植物保护研究所廊坊中试基地提供，包括温度，湿度，风速，风向（1 h 记录一次）。

2009 年在中国农业科学院植物保护研究所廊坊中试基地（116°69' E，39°52' N），从 4 月 29 日至 5 月 25 日，分时间段收集吸虫塔吸捕标本，鉴定并记数麦长管蚜有翅成蚜的数量。时间段分为 6:00—8:00、9:00—11:00、12:00—14:00、15:00—17:00、18:00—20:00 和 20:30—5:30 5 个时间段。重点进行不同时段气象因子与有翅蚜吸捕量相关性的分析。

统计了廊坊吸虫塔 2009 年 4 月 15 日至 5 月 31 日、2010 年 4 月 17 日至 6 月 3 日、2011 年 4 月 12 日至 6 月 2 日每天的吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量，进行每天的气象因子与吸虫塔有翅蚜吸捕量灰色关联度分析。

1.3 数据处理

采用 Excel 表格和 SAS9.1 进行数据处理和分析。

吸虫塔吸捕效果的检测分析：田间调查数据全部换算成平均百株蚜量，利用 SAS9.1 验证并求出吸虫塔每天的麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与田间调查的麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量及麦长管蚜种群百株蚜量的回归方程。

气象影响因素的分析：各时间段的气象数据用中点时间的气象数据代表，如 6:00—8:00 时段，取 7:00 的气象数据，夜间的吸虫塔数据换算成平均每 2 h 的采集量，气象数据用夜间各时间平均值代表。使用 Excel 和 SAS9.1 进行数据处理，采用线性回归中的多元线性回归来判断和计算每一天的各时间段吸捕量与气象数据的回归方程，并利用通径分析来计算得出每个因子的标准回归系数。得到如下的日期各时间段和气象数据符合线性回归，并得到了相应的回归方程。另外对于 2009 年、2010 年和 2011 年每天数据与气象数据比较时，其个气象因子取 6:00 至 18:00 的平均值（白天是麦长管蚜有翅成蚜的主要迁入时间）。运用 DPS 分别做 3 年的每天麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与个气象因子的灰色关联度分析。

2 结果与分析

2.1 吸虫塔吸捕效果的检测

在田间试验结果如图 1 所示。麦长管蚜有翅成蚜在 4 月 19 日迁入后一直维持在较高的水平，而吸虫塔的吸捕量则时多时少。但田间的麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量与吸虫塔吸捕到的数量有明显相似的增减趋势。在 4 月 19 日麦长管蚜有翅成蚜的吸虫塔吸捕量和 3 块麦田的有一个小的同步上升的小高峰，且都是从零开始；4 月 25 日，吸虫塔吸捕量上升时，3 块麦田的有翅成蚜百株蚜量也有所上升；5 月 6 日、5 月 20 日吸虫塔吸捕量与麦田有翅成蚜百株蚜量有统一的下降趋势；而 5 月 8 日、5 月 15 日又有统一的上升趋势。这一结果证明了利用吸虫塔吸捕可直接反映有翅成蚜田间动态的实际情况。但吸虫塔初期监测到的有翅麦长管蚜比小麦田间发生的要早几天。

从图 2 中可以看出，3 块麦田中麦长管蚜有翅成蚜所占的比例变化趋势基本相同，而且各麦田中有翅成蚜的比例也一直比较接近。从 4 月 17 日开始，麦长管蚜有翅成蚜在其种群中所占的比例由高比例一直下降，直到下降到较低的水平。Ⅰ号田和Ⅱ号田从 4 月 17 日的 100%开始下降，Ⅲ号田从 4 月 18 号的 80%开始，但 4 月 19 日又由 100%开始下降。在 4 月 19 日左右，3 块麦田中麦长管蚜有翅成蚜所占的比例开始迅速下降到 30%，但是在 4 月 29 日左右、5 月 7 日、5 月 13 日又有所上升。从 5 月 9 日开始，各麦田中麦长管蚜有翅成蚜的比例均降到 2%以下。

对麦长管蚜有翅成蚜吸虫塔吸捕量与田间百株蚜量进行了相关性分析，并利用 SAS9.1 建立了麦长管蚜有翅成蚜吸虫塔吸捕量（Y）与田间百株蚜量（x）的回归模型。

从表 1 中可以看出，麦长管蚜有翅成蚜每天的吸虫塔吸捕量与 3 块麦田中的有翅成蚜百株

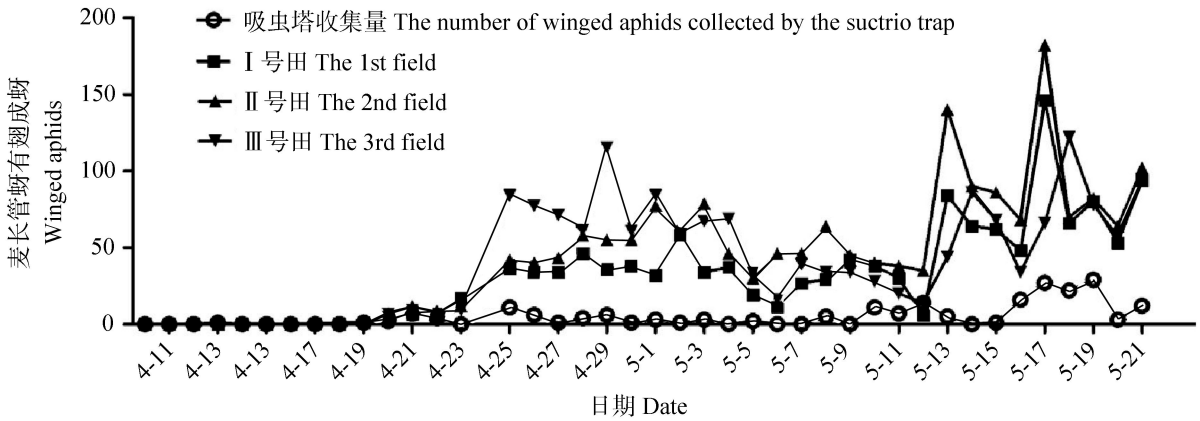

图 1　2011 年廊坊 3 块麦田中麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量与吸虫塔有翅成蚜吸捕量变化图

Fig. 1　The collections of winged *Sitobion avenae* in suction trap and the number of winged aphid per 100 plants in there wheat fields

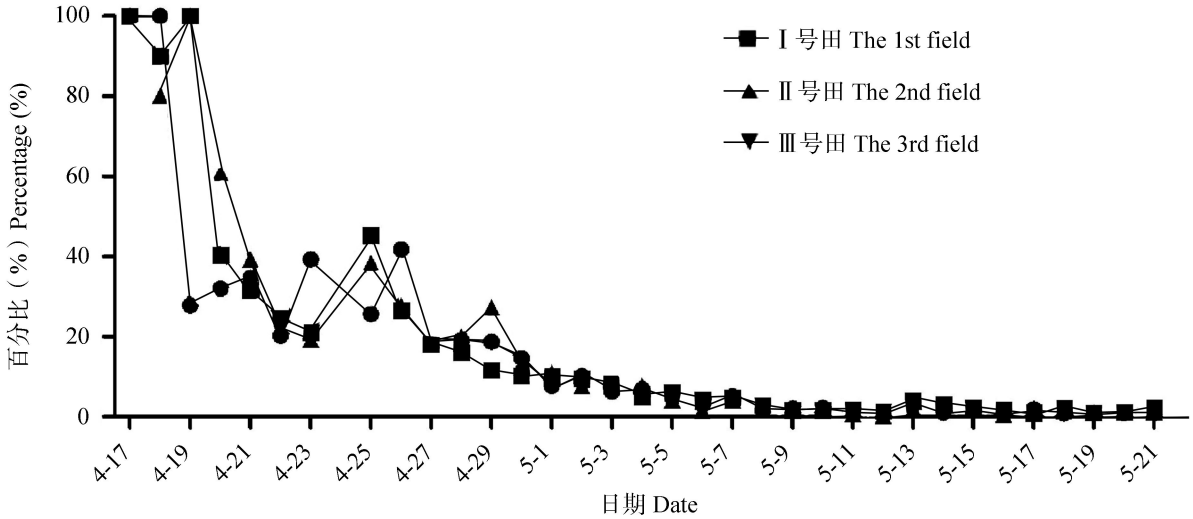

图 2　2011 年廊坊 3 块麦田中麦长管蚜有翅成蚜占种群比例的变化图

Fig. 2　The proportion of winged *Sitobion avenae* in there wheat fields

表 1　吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与田间有翅成蚜百株蚜量拟合回归方程

Table 1　Fitted regression equations between collections of winged *Sitobion avenae* in suction trap and the number of winged aphid per 100 plants in there wheat fields

调查地块 Surveyed field	拟合回归方程 The fitted regression equation	*R*
Ⅰ号田 The first field	Y=1.38466+0.04232x+0.00134 x^2 – 0.00000288 x^3	0.6645*

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201103022）

**通讯作者，E-mail: kbli@ippcaas.cn

收稿日期：2014-10-13，接受日期：2014-10-28

Ⅱ号田 The second field	Y=0.24325+0.22418 x - 0.00277 x^2+0.00001256 x^3	0.5941*
Ⅲ号田 The third field	Y=0.67459+0.31302 x - 0.00584 x^2+0.00003601 x^3	0.4845*

“*” 表示在α = 0. 05 水平显著相关，下表同。

“* ” means correlation index R is significant at α = 0. 05. The same below.

蚜量在α= 0.05 水平上呈显著相关（P＜0.05）。其中与Ⅰ号田的相关性最大，相关系数为 0.6645，与Ⅱ号田的其次，相关系数为 0.5941，Ⅲ号田的最小，相关系数为 0.4845。

对吸虫塔每天吸捕麦长管蚜有翅成蚜的数量与田间麦长管蚜种群百株蚜量进行相关性分析，利用 SAS9.1 建立麦长管蚜有翅成蚜吸虫塔吸捕量（Y）与田间百株蚜量（x）的回归模型。

从表 2 中可以看出，吸虫塔每天麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量与田间麦长管蚜种群百株蚜量在α= 0.05 水平上显著相关。其中Ⅲ号田的相关性最大，相关系数为 0.7939，与Ⅱ号田的其次，相关系数为 0.7688，Ⅰ号田的最小，相关系数为 0.4845。

2.2 气象因素对麦长管蚜迁飞活动的影响

经过验证和计算，由表 3 可以看出，4 月 29 日、5 月 8 日、5 月 11 日及 5 月 24 日吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量（Y）与温度（x_1）、湿度（x_2）、风速（x_3）及风向（x_4）在α= 0.05 水平上具有显著的线性相关性；5 月 14 日、5 月 18 日及 5 月 22 日吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量与温度、湿度及风速在α= 0.05 水平上具有显著的线性相关性。

4 月 29 日，其相关系数 R 为 0.9997，计算得出温度、湿度、风向和风速的标准回归系数的绝对值分别为$|x_{温}|$=7.13252，$|x_{湿}|$=5.539326，$|x_{向}|$=1.13424，$|x_{速}|$=2.30304。所以，$|x_{温}|$＞$|x_{湿}|$＞$|x_{速}|$＞$|x_{向}|$，即在 4 月 29 日，温度对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量的影响最大，再依次是湿度，风速和风向。

5 月 8 日，其相关系数 R 为 0.9962，计算得出温度、湿度、风向和风速的标准回归系数绝对值分别为$|x_{温}|$=3.473855，$|x_{湿}|$=2.364161，$|x_{向}|$=0.348471，$|x_{速}|$=0.41385。所以，$|x_{温}|$＞$|x_{湿}|$＞$|x_{向}|$＞$|x_{速}|$，即在 5 月 8 日，温度对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量的影响最大，再依次是湿度，风向和风速。

表 2 吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与田间麦长管蚜种群百株蚜量拟合回归方程

Table 2 Fitted regression equations between collections of winged *Sitobion avenae* in suction trap and the number of aphid per 100 plants in there wheat fields

调查地块 Surveyed field	拟合回归方程 The fitted regression equation	R
Ⅰ号田 The first field	Y=2.46045–0.0007359x+6.865359 x^2–4.3454 x^3	0.7244*
Ⅱ号田 The second field	Y=1.83615+0.00156 x–2.44378 x^2+5.0168 x^3	0.7688*
Ⅲ号田 The third field	Y=2.33601–0.00037107 x+5.344376 x^2-2.3513 x^3	0.7939*

表 3 2009 年廊坊吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与各气象因子回归方程

Table 3 Fitting equations are made between the collections of winged *Sitobion avenae* in suction trap and temperature, humidity, wind direction and velocity

日期（月-日） Date (month-day)	拟合回归方程 The fitted regression equation	R
4-29	Y=–152.74768+5.61554 x_1+1.57573 x_2–6.6166 x_3–0.10359 x_4	0.9997*
5-8	Y=–36.87836+1.07855 x_1+0.28686 x_2+0.3816 x_3–0.02001 x_4	0.9962*
5-11	Y=207.92149–8.97004 x_1–0.68483 x_2+14.22433 x_3+14.22433 x_4	0.9999*

5-14	Y=57.03317–0.76204 x_1+1.46553 x_2–1.01729 x_3	0.9419*
5-18	Y=–12.18062+0.5931 x_1+0.12706 x_2–2.41438 x_3	0.9979*
5-22	Y=235.14567-8.47054 x_1–1.55632 x_2+18.38881 x_3	0.9500*
5-24	Y=–88.24103+2.0856 x_1+0.87726 x_2+0.01137 x_3+0.41288 x_4	0.9986*

5 月 11 日，其相关性系数 R 为 0.9999，计算得出温度、湿度、风向和风速的标准回归系数绝对值分别为 $|x_{温}|$=2.78734，$|x_{湿}|$=0.86072，$|x_{向}|$=0.963152，$|x_{速}|$=16.80953。所以 $|x_{速}|>|x_{温}|>|x_{向}|>|x_{湿}|$，即在 5 月 11 日，风速对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量影响最大，再依次是温度，风向和湿度。

5 月 14 日，其相关性系数 R 为 0.9419，计算得出温度、湿度和风向的标准回归系数绝对值分别为 $|x_{温}|$=0.50969，$|x_{湿}|$=2.78814，$|x_{向}|$=0.30054。所以 $|x_{湿}|>|x_{温}|>|x_{向}|$，即在 5 月 14 日，湿度对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量影响最大，再依次是温度和风向。经过计算，当天风速与吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量关系不密切。

5 月 18 日，其相关性系数 R 为 0.9979，计算得出温度、湿度和风向的标准回归系数绝对值分别为 $|x_{温}|$=2.955083，$|x_{湿}|$=1.617272，$|x_{向}|$=1.15293。所以 $|x_{温}|>|x_{湿}|>|x_{向}|$，即在 5 月 18 日，温度对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量影响最大，再依次是湿度和风向。经过计算，当天风速与吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量关系不密切。

5 月 22 日，其相关性系数 R 为 0.95，计算得出温度、湿度和风向的标准回归系数绝对值分别为 $|x_{温}|$=5.12416，$|x_{湿}|$=4.24209，$|x_{向}|$=1.188022。所以 $|x_{温}|>|x_{湿}|>|x_{向}|$，即在 5 月 22 日，温度对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量影响最大，再依次是湿度和风向。经过计算，当天风速与吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量关系不密切。

5 月 24 日，其相关性系数 R 为 0.9986，计算得出温度、湿度、风向和风速的标准回归系数绝对值分别为 $|x_{温}|$=2.394472，$|x_{湿}|$=2.553038，$|x_{向}|$=0.001626，$|x_{速}|$=6.050833。所以 $|x_{速}|>|x_{湿}|>|x_{温}|>|x_{向}|$，即在 5 月 11 日，风速对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量影响最大，再依次是湿度，温度和风向。

从表 4 中可以看出，在 2009 年，降雨关联系数 $\xi_{降雨}$＞温度的关联系数 $\xi_{温度}$＞湿度的关联系数 $\xi_{湿度}$＞风向的关联系数 $\xi_{风向}$＞风速的关联系数 $\xi_{风速}$。

2010 年，降雨的关联系数 $\xi_{降雨}$＞温度的关联系数 $\xi_{温度}$＞风向的关联系数 $\xi_{风向}$＞湿度的关联系数 $\xi_{湿度}$＞风速的关联系数 $\xi_{风速}$。

2011 年，降雨的关联系数 $\xi_{降雨}$＞湿度的关联系数 $\xi_{湿度}$＞温度的关联系数 $\xi_{温度}$＞风向的关联系数 $\xi_{风向}$＞风速的关联系数 $\xi_{风速}$。

3　讨论

3 块麦田中有翅蚜的麦长管蚜有翅成蚜的比例由种群发展初期的 100%迅速下降至小麦成熟后为 0，初步说明麦长管蚜在廊坊地区不能越冬，其在廊坊地区种群的发展是建立在迁飞而来的有翅成蚜的基础上的。图 1 中，3 块麦田中有翅成蚜的百株蚜量由 4 月 9 日与吸虫塔有翅蚜吸捕量一起从 0 开始上升，也说明了廊坊地区麦长管蚜种群的建立主要依靠有翅蚜的迁入。在以上结果中可以看出，田间麦长管蚜有翅成蚜的量以及其在田间所占的比例在 4 月下旬至 5 月上旬有个高峰，我们推测，这是廊坊地区麦长管蚜有翅成

表 4　2009—2011 年廊坊吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量与各气象因子的灰色关联度分析

Table 4　Grey incidence degree analysis between rainfall, temperature, humidity, wind direction and velocity and collections of winged *Sitobion avenae* in suction trap

年 Year	降雨 Rainfall	温度 Temperature	湿度 Humidity	风向 Wind direction	风速 Velocity
2009	0.5351	0.508	0.4726	0.4467	0.4174
2010	0.5802	0.5024	0.4518	0.4842	0.416
2011	0.5359	0.5102	0.5117	0.4665	0.411

蚜迁入的高峰期。图 1 中，在 5 月中旬至下旬，田间麦长管蚜有翅成蚜的数量又开始激增，同时在图 2 中 5 月 13 日至 15 日，麦长管蚜有翅成蚜在田间的比例也有所上升，这应该是在小麦生长后期，逐渐成熟，有大量的有翅蚜产生。这一时期是麦长管蚜大量迁离廊坊的时期。

2011 年，廊坊吸虫塔首次吸捕到麦长管蚜的时间是 4 月 11 日，而田间观察到麦长管蚜有翅成蚜是在 4 月 17 日。所以吸虫塔发现麦长管蚜要比田间调查的早近一周时间，这与蒋月丽等（2011）结论相似。吸虫塔能早检测到的原因是其可以将较大范围内飞过的有翅蚜吸入吸虫塔，而少数的有翅蚜降落于较大面积的田间不容易被观察到。另外，麦长管蚜有翅成蚜的吸虫塔吸捕量与其在田间的百株蚜量以及麦长管蚜整个种群在田间的百株蚜量均有显著的相关性，所以吸虫塔不仅可以很好地起到监测麦长管蚜迁飞动态的作用，也可以借以了解田间种群动态。另外，从影响因素的角度来看，当地麦田的麦长管蚜及其动态也是影响吸虫塔监测效果的一种至关重要的生物因素。

气象影响因素的分析结果显示，在对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量气象影响因素中，温度、风速、湿度和降雨影响作用强于风向。虽然相对于特定的一天来说，不同的因素对吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量的影响大小并不一致，但是温度和湿度是影响最大的两个因素。而在某些特殊天气中，如刮大风的天气，风速则会成为影响其吸捕量最大的因素，如 5 月 11 日和 5 月 24 日，这两天的风速相对较大，所以风速成为了这两天的最重要的因素。4 月 29 日到 5 月 8 日，属于麦长管蚜迁入廊坊的主要时期，温度与吸虫塔的吸捕量相关性最高，成为影响麦长管蚜迁入的最主要原因。

从 2009 年、2010 年及 2011 年多天吸虫塔麦长管蚜有翅成蚜吸捕量数据与天气灰色关联度分析可以看出，降雨的相关系数是排在各因子之前，是影响最大的因素，再结合田间调查的试验数据，表明降雨可直接影响麦长管蚜有翅成蚜的迁飞活动。罗瑞梧等（1988）在山东济南 4 月中、下旬对麦长管蚜的研究发现，有翅蚜量的“突增”常常出现在先刮西南风，后改东北风的降雨后；其分析认为，这可能是有翅蚜随西南气流北迁，遇锋面天气，受雨水拖带和锋后偏北气流的阻挡，被迫降落。另外，降雨也可以有效地使有翅成蚜的吸捕量减少，并造成田间种群密度的“骤降”（曹雅忠等，1989；王冰等，2009）。降雨除了对有翅蚜的直接冲刷外，还会有雨滴附着在蚜虫的体表，覆盖气门，造成有翅蚜窒息死亡。同时，降雨往往伴随着大风和降温，这些都会极大地限制了有翅蚜的活动（赵萍和孙殿明，2008），这些或许是降雨造成吸虫塔有翅成蚜吸捕量“突增”和“骤降”的主要原因。根据这 3 年的分析结果，我们可以看出，与降雨相关联的温度和湿度仍然是很重要的影响因素。

通过对吸虫塔吸捕结果的相应分析可见，温度、湿度、风向、风速和降雨都可以影响到麦长管蚜有翅成蚜的吸捕量，即这些因素都会影响到麦长管蚜的迁飞和降落，但降雨、温度和风速是影响麦长管蚜迁飞活动的主要气象因素。由于这些气象因素年际间变化较大，仅 3 年的数据分析尚不够充分，因此还需持续开展吸虫塔的吸捕监测，并积累相应的气象数据开展进一步相关分析。

参考文献 (References)

Johnson CG, Taylor LR, 1955. The development of large suction traps for airborne insects. *Annals of Applied Biology*, 43(1): 51–62.

Johnson C, 1950. A suction trap for small airborne insects which

automatically segregates the catch into successive hourly samples. *Annals of Applied Biology,* 37(1): 80–91.

Steiner E, Iselius L, Alvan G, 1985. A family study of genetic and environmental factors determining polymorphic hydroxylation of debrisoquin. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 38(4): 394–401.

Walter P, Gilmore R, Blobel G, 1984. Protein translocation across the endoplasmic reticulum. *Cell*, 38(1): 5–8.

曹雅忠, 郭予元, 胡毅, 武予清, 1989. 麦长管蚜自然种群生命表初步研究. 植物保护学报, 16(4): 239–243. [Cao YZ, Guo YY, Hu Y, Wu YQ, 1989. Preliminary study on the natural population life table of English grain aphid Macrosiphum avenae (Farbricius). *Acta Phytophylacica Sinica*, 16(4): 239–243.]

曹雅忠, 李克斌, 尹姣, 张克诚, 李贤庆, 2006. 小麦蚜虫不断猖獗原因及控制对策的探讨. 植物保护, 32(5): 72–75. [Cao YZ, Li KB, Yin J, Zhang KC, Li XQ, 2006. Discussion of reasons and management of continuous outbreaks of wheat aphids. *Plant Protection*, 32(5): 72–75.]

陈若篪, 丁锦华, 谈涵秋, 1989. 迁飞昆虫学. 北京: 农业出版社. 351 – 352. [Chen RC, Ding JH, Tan HQ, 1989. *Migration Entomology*. Beijing: Agriculture Press. 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. [Cheng DF, Tian Z, Li HM, Sun JR, Chen JL, 2002. Influence of temperature and humidity on the flight capacity of sitobion avenae. *Acta Entomologica Sinica*, 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(1): 180–185. [Cheng DF, Tian Z, Sun JR, Ni HX, Li GB, 1997. The influence of temperature on the flight performance of Rhopalosiphum Padi (Linnarus) measured with a flight-mill system. *Acta Entomologica Sinica*, 40(1): 180–185.]

丁锦华, 傅强, 1994. 有性棉蚜交配和产卵习性的观察. 昆虫知识, 31(4): 217–219. [Ding JH, Fu Q, 1994. Observation habits of copulation and oviposition of sexual cotton aphids. *Insect Knowledge*, 31(4): 217–219.]

龚鹏, 张孝羲, 2001. 温度和光周期对棉蚜性蚜产生的诱导. 植物保护学报, 28(4): 318–324. [Gong P, Zhang XY, 2001. The inducement of temperature and photoperiod to produce sexuales of Aphis gossypii Glover. *Acta Phytophylacica Sinica*, 28(4): 318–324.]

蒋月丽, 武予清, 段云, 高新国, 2011. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果. 中国生物防治学报, 27(3): 414 – 417. [Jiang YL, Wu YQ, Duan Y, Gao XG, 2011. Control efficiencies of releasing orius sauteri (Heteroptera: Anthocoridae) on some pests in greenhouse pepper. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(3): 414-417.]

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. [Liu XD, Cui BP, Zhang XY, 2004. Advance in the studies of migration of aphids. *Insect Knowledge*, 41(4): 301–307.]

陆云, 尹姣, 李克斌, 曹雅忠, 2013. 我国麦蚜飞翔及迁飞研究进展. 中国植保导刊, 33(12): 21–24. [Lu Y, Yin J, Li KB, Cao YZ, 2013. Research progress on migration and flying of wheat aphids in China. *China Plant Protection*, 33(12): 21-24.]

罗瑞梧, 杨崇良, 尚佑芬, 李长松, 1988. 麦长管蚜虫源问题研究. 植物保护学报, 15(3): 153–158. [Luo RW, Yang CL, Shang YF, Li CS, 1988. Study on the source of English grain aphid. *Acta Phytophylacica Sinica*, 15(3): 153–158.]

乔格侠, 秦启联, 梁红斌, 曹雅忠, 许国庆, 高占林, 徐伟钧, 武予清, 李学军, 赵章武, 成新跃, 2011. 蚜虫新型预警网络的构建及其绿色防控技术研究. 应用昆虫学报, 48(6): 1596–1601. [Qiao GX, Qin QL, Liang HB, Cao YZ, Xu GQ, Gao ZL, Xu WJ, Wu YQ, Li XJ, Zhao ZW, Cheng XY, 2011. A new aphid-monitoring network system based on suction trappi ng and development of “green techniques” for aphid management. *Chinese Bulletin of Entomology*, 48(6): 1596-1601.]

王冰, 李克斌, 尹姣, 杜桂林, 郭萧, 王玉卿, 曹雅忠, 2009. 风雨对麦长管蚜自然种群发展的干扰作用. 生态学报, 29(8): 4317–4324. [Wang B, Li KB, Yin J, Du GL, Guo X, Wang YQ, Cao YZ, 2009. Effects of simulated wind and rain on the natural population dynamics of Macrosiphum avenae. *Acta Ecologica Sinica*, 29(8): 4317-4324.]

杨效文, 马淑健, 彭国防, 1996. 烟草不同品种对烟青虫自然感虫性研究. 中国烟草昆虫研究——理论与实践 (一), 3: 199 – 203. [Yang XW, Ma SJ, Peng GF, 1996. Studies on susceptibility of tobacco varieties to tobacco budworms. *China Tobacco Budworm Study——Theory and Practice Ⅰ*, 3: 199–203.]

杨益众, 张建军, 戴志一, 何益军, 李浩, 王诗玲, 2000. 影响禾缢管蚜翅型分化的因子初探. 江苏农业研究, 21(1): 56–59. [Yang Y, Zhang JJ, Dai ZY, He YJ, Li H, Wang SL, 2000. A preliminary study of ecological conditions on the production of alatae of bird cherry-oat aphid. *Jiangsu Agricultural Research*, 21(1): 56–59.]

张向才, 周广和, 史明, 方建中, 赵争平, 李淑华, 董庆周, 魏凯, 1985. 麦蚜远距离迁飞和传毒规律的研究. 植物保护学报, 12(1): 9–15. [Zhang XC, Zhou GH, Shi M, Fang JZ, Zhao ZP, Li SH, Dong QZ, Wei K, 1985. Studies on the long-distance

migration of and virus transmission by the aphid Sitobion Avenae (F.). *Acta Phytophylacica Sinica*, 12(1): 9–15.]

赵惠燕, 汪世泽, 1997. 不同温度下转换寄主对桃蚜生态学特征的影响. 植物保护学报, 24(1): 19–24. [Zhao HY, Wang SZ, 1997. Studies on the effects of host alteration on some ecological characteristics of green peach aphid under different temperature conditions. *Acta Phytophylacica Sinica*, 24(1): 19–24.]

赵萍, 孙殿明, 2008. 棉蚜迁飞的气象条件与防治对策. 吉林农业科技学院学报, (1): 23 – 25. [Zhao P, Sun DM, 2008. On the weather conditions and prevention and cure countermeasure of cotton aphids migrating. *Journal Of Jilin Agricultural Science And Technology College*, 24(1): 23-25.]