应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(2): 329–340. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.039

蚜虫专栏

大尺度生态景观对麦长管蚜迁入的影响*

杜光青 曹雅忠 尹 姣 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】** 解析不同生态景观对于麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius)迁飞和降落的影响，为预测预报提供科学指导。**【方法】** 在麦长管蚜迁入期，选取了多个山脉、河流、湖泊等典型的大生态景观，抽样调查其周围麦田中麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量。**【结果】** 调查显示，有翅成蚜量山的南侧比北侧多，而湖泊和河流附近的有翅成蚜量一般少于远处。山脉对麦长管蚜有翅成蚜迁入有明显阻挡作用，高海拔地区有利于有翅成蚜的迁入，孤山也对有翅成蚜迁入降落存在影响，虽然河流和湖泊对有翅成蚜的迁飞不会产生生态阻隔，但河流和湖泊景观附近不利于有翅成蚜的降落。**【结论】** 大尺度生态景观对麦长管蚜的迁入具有明显影响，不同的生态景观类型影响程度存在差异。

关键词 麦长管蚜，有翅成蚜，迁入，景观生态

Effects of the large scale ecological landscape features on the movements of *Sitobion avenae* (Fabricius)

DU Guang-Qing CAO Ya-Zhong YIN Jiao 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 understand how different landscapes affect the movements of *Sitobion avenae* (Fabricius) and to provide guidance for monitoring and predicting the occurrence of this pest. **[Methods]** The effects of typical landscapes, including mountains, rivers and lakes, on the movements of *S. avenae* were investigated by conducting extensive sampling in each landscape type during the time of year when winged aphids disperse. **[Results]** Numbers of winged aphids were much fewer to the south of mountains than to the north, and near rivers or lakes. Mountains can impede the flight of winged aphids, and isolated hills can influence their landing; aphids are more likely to land at higher altitude. Although rivers and lakes cannot be a barrier to the dispersal of winged aphids, fewer winged aphids land near rivers and lakes. **[Conclusion]** Large scale, ecological landscape features influence the movements of *S. avenae* in different ways.

Key words *Sitobion avenae* (Fabricius), winged aphid, landing, landscape ecology

麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius)是我国各麦区的优势种，它不仅吸食小麦营养、影响光合作用，而且还传播麦类病毒病，导致小麦减产和品质下降，严重威胁小麦生产（曹雅忠等，2006）。麦长管蚜与其他蚜虫物种一样，具有迁飞的特性。麦长管蚜无论在北方或南方的山区均发现有季节性迁飞的现象（刘向东等，2004）。我国麦长管蚜在 5 月份可随西南气流由豫西、晋南、关中、陇南、陇中和延安等地的冬麦区迁往银川、内蒙、张家口、承德等地的春麦区，而且迁入地小麦病毒病的发生程度与迁出区密切相关（张向才等，1985）。

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201103022）

**通讯作者，E-mail: likebin54@163.com

收稿日期：2014-01-20，接受日期：2014-02-06

关于麦长管蚜迁出区和迁入区，前人也做了很多的研究。董庆周等（1987）认为陇东、关中、晋南和豫西的冬麦区可能是宁夏麦长管蚜的蚜源基地。杨素钦等（1991）划定的麦长管蚜在中国主要的迁出区大体在河南省陇海以南，鲁南、苏北、皖北的广大麦区; 迁入区大体在河北、山西省大部、京、津市郊、山东及河南北部的广大麦区。田喆等（2005）运用 GIS 分析 700 多气象站点的气象数据，同时结合田间黄板诱蚜试验，认为北京地区的麦蚜可能来自于长江中下游麦区。对于蚜虫来说，其迁飞不仅仅存在于两个遥远的地方之间，在同一地方，蚜虫也会有迁飞和迁入的行为发生，如棉蚜 *Aphis gossypii*（刘向东等，2006）和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*（刘向东等，2004）等均被证实存在冬夏寄主间的迁飞现象，所以在田间麦蚜发生初期，田间的有翅成蚜理论上应为迁入的有翅成蚜。

程登发等（2002）利用飞行磨测定出麦长管蚜最大飞行距离为 22.51 km，在温度 20℃，相对湿度 80%以上的条件下，麦长管蚜飞行距离平均为 3.67 km。这说明虽然麦长管蚜具有一定的自主飞行能力，但是不足以自主远距离迁飞。气流（风）才是麦长管蚜远距离迁飞的主要动力（Kieckhefer *et al.*，1974；杜光青等，2013）。除了能够把麦蚜送到远方的高空气流外，低空风向（相对高度 60~350 m）对麦蚜的迁飞也起到了一定的作用（Wallin *et al.*，1967）。与麦长管蚜相似，早在 1956 年棉蚜就被朱弘复和张广学发现，其分布因地形不同而不均，因为地形可以影响风向；从而影响棉蚜的种群密度及其动态。目前有关景观生态对于麦蚜种群及动态的影响研究较少，赵紫华等（2009，2010，2012）观测分析了不同农业景观结构对麦蚜种群动态及寄生蜂的影响，但所观测的景观均是小尺度（面积 85～5 000 m^2）的农业斑块类型。而关于大尺度生态景观（如山、河、湖等）对麦蚜迁飞活动和种群动态的影响尚未见报道。这种大尺度生态景观可能直接影响小尺度农业斑块景观的生态环境，进而在大面积上影响麦蚜的迁飞着陆及扩散，其影响程度究竟多大？还都不清楚。因此，探讨不同大尺度生态景观对麦长管蚜迁入的影响，对于丰富麦长管蚜迁飞规律的认识、提高其发生期预测预报水平以及有效防控具有重要的理论意义和实践价值。

1 材料与方法

1.1 取样调查地点

本研究选择不同类型或不同纬度的大尺度生态景观（山、河、湖或湿地）作为调查对象，对其典型景观周围的小麦田进行取样调查；其取样纬度范围，南至长江中下游麦区北至华北冬麦区。取样景观的具体地点：包括安徽省马鞍山市当涂县江心乡（31°35′N，118°27′E）、安徽省寿县八公山（32°36′N，116°46′E）、安徽省颍上县（32°38′N，116°16′E）、安徽省五河县（33°07′N，117°53′E），河南省遂平县张太乡（33°07′N，113°44′E）、河南省驻马店市嵖岈山（33°08′N，113°44′E）、河南省开封市柳园口乡（34°54′N，114°22′E）、河南省开封市水稻乡（34°55′N，114°18′E）、河南省封丘县荆隆宫乡（34°55′N，114°18′E）、河南省原阳县桥北乡（34°55′N，113°40′E）、河南省封丘县的司庄乡（34°59′N，114°35′E）、河南省辉县高庄乡（35°33′N，113°45′E）、河南卫辉县卧龙山（35°36′N，114°01′E）、河南省辉县南村镇（35°40′N，113°44′E）、河南省辉县西平罗乡（35°42′N，113°56′E），山东省泰安市徂徕山以南的天宝镇（35°56′N，117°21′E）、山东省泰安市徂徕山以北的邱家店镇（35°57′N，117°21′E），河北省衡水市郑家河沿镇（37°39′N，115°36′E）、河北省冀州市（37°34′N，115°36′E）。

1.2 取样方法

取样时期为小麦拔节末期至抽穗期。为了解不同大景观的不同范围内麦长管蚜迁入分布情况，设置了两种调查取样方法。取样方法 1：在选取的景观南北两侧，与景观不同距离的平行方向，随机等距选取小麦地，对所选小麦地进行五点取样；然后在每点随机确定 3～10 个样点进行调查取样。取样方法 2：在所选景观的南北两侧

大范围内，保持相同距离随机选取大量小麦田，每个麦田五点取样，并重复 3～6 块麦田，另外在相距景观 2 km 左右进行一次相应的取样（作为对照）。上述两种方法每个调查取样的样点为 0.5 m×2.0 m 的矩形，矩形长平行于所取景观。在每个调查样点中随机取 50 株小麦，记录植株上的有翅成蚜数量，并换算成百株蚜量。

1.3　数据处理方法

试验数据采用 SAS9.1 版本统计软件进行分析。不同处理间差异显著性检验的统计分析，采用 One-Way ANOVA/LSD 方法分析和检验，确定差异显著水平为 $P<0.05$。

2　结果与分析

2.1　山脉对于麦长管蚜迁入的影响

在安徽八公山的一段山脉的南北两侧大范围进行调查取样（取样方法 2），结果（图 1）表明，在八公山以南邻近山脚的麦田中，麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量为 15.94 头，显著多于八公山以北邻近山脚的 6.15 头/百株（$P<0.05$）。

在河南省卫辉县卧龙山，此处为三排大山并排，形成南、北两个四面环山的地带。在这两个四面环山地带和山南边和山北边取样（取样方法 2），结果（图 2）表明，山南对照麦长管蚜有翅成蚜为 68.8 头/百株，显著多于四面环山（靠南）的 43.8 头/百株（$P<0.05$）；四面环山（靠北）有翅成蚜为 21.9 头/百株，少于四面环山（靠南），且差异显著（$P<0.05$）；山北对照有翅成蚜量最少，为 6.2 头/百株，与四面环山（靠北）差异不显著。总体来看，在山脉南侧麦田的有翅成蚜显著多于山体北侧的（$P<0.05$）。

在山东泰安徂徕山以南的天宝镇和以北的邱家店镇大范围进行取样（取样方法 2），结果（图 3）表明，徂徕山以南的天宝镇麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为 21.71 头，徂徕山以北的邱家店镇为 16.56 头/百株，二者差异显著（$P<0.05$）。

在河南驻马店市遂平县张太乡一处无名山脉南北两侧取样（取样方法 2），结果（图 4）表

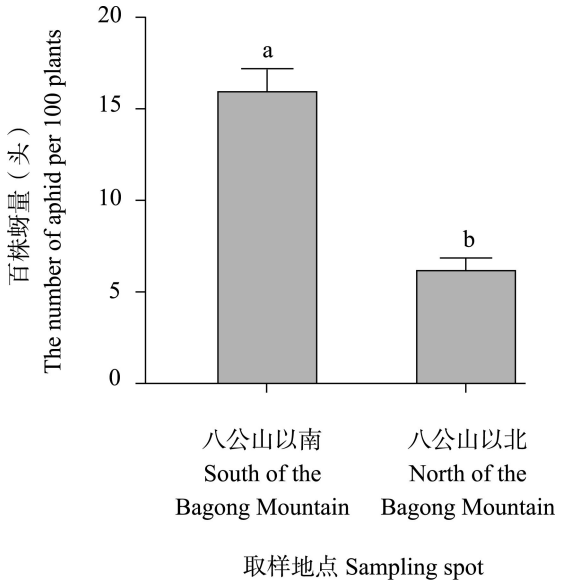

图 1　八公山南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 1　The number of winged aphids per 100 plants south and north of Bagong Mountain

柱上标有不同小写字母表示差异显著（LSD 检验，$P<0.05$）。下图同。

Histograms with different lower-case letters indicate significantly different at 0.05 level by LSD test. The same below.

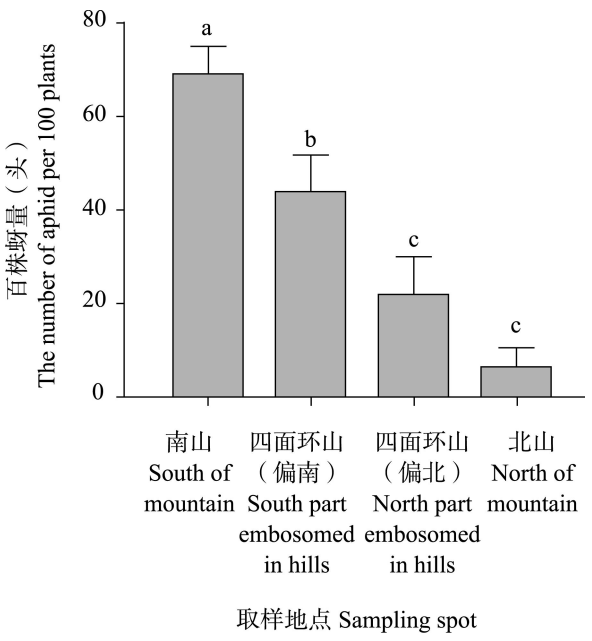

图 2　卧龙山南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 2 The number winged aphids per 100 plants south and north of Wolong Mountain

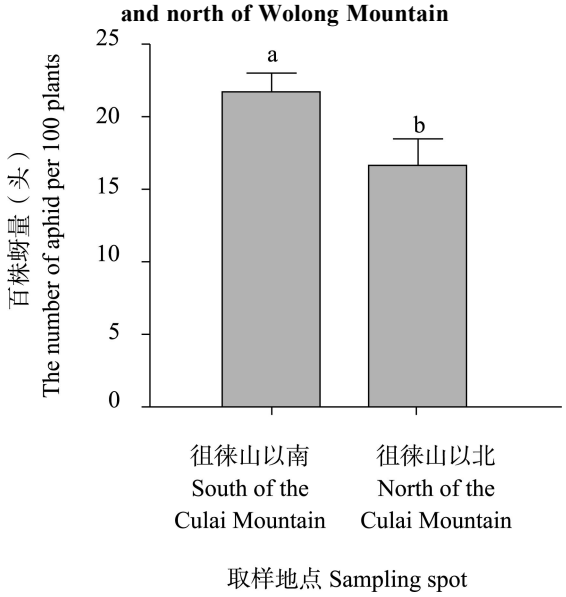

图 3 徂徕山南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 3 The number of winged aphids per 100 plants south and north of Culai Mountain

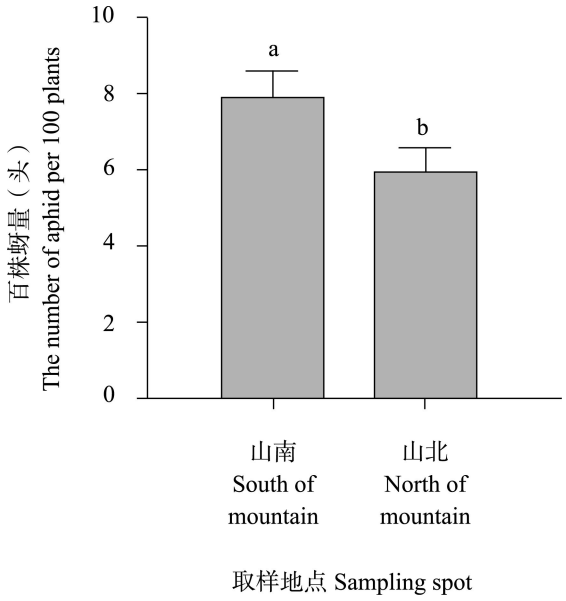

图 4 张太乡无名山南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 4 The number of winged aphids per 100 plants south and north of a mountain in Zhangtai

明，其山的南侧邻近山脚的麦田中麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量为 7.88 头/百株，显著多于山北侧的 5.96 头/百株（$P<0.05$）。

以上结果表明，山脉对麦长管蚜的迁飞造成了一定的阻碍，使山体南部的麦长管蚜比山体北部有更多的有翅成蚜降落定殖。

2.2 不同海拔高地对于麦长管蚜迁入的影响

河南省新乡市辉县的西平罗乡、南村镇、高庄乡同属太行山山区，并且南北一脉相连，西平罗乡最靠北，而高庄乡最靠南。3 个乡镇距离较近，只是海拔不同，西平罗乡平均海拔最高，为 410 余米，南村镇其次为 400 余米，而高庄乡平均海拔仅为 130~140 m 之间。西平罗乡以北为山区，很少再有面积较大的小麦田。在 3 个乡镇取样（取样方法 2）结果（图 5）表明，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量表现为随海拔的升高而增多，有翅成蚜百株蚜量为西平罗乡（30.71 头/百株）＞南村镇（25.74 头/百株）＞高庄乡（9.74 头/百株），海拔接近的西平罗乡与南村镇之间差异不显著，但均与海拔最低且差距很大的高庄乡差异显著（$P<0.05$）。这说明麦长管蚜的有翅成蚜在迁飞的过程中更容易降落到高海拔的地块。

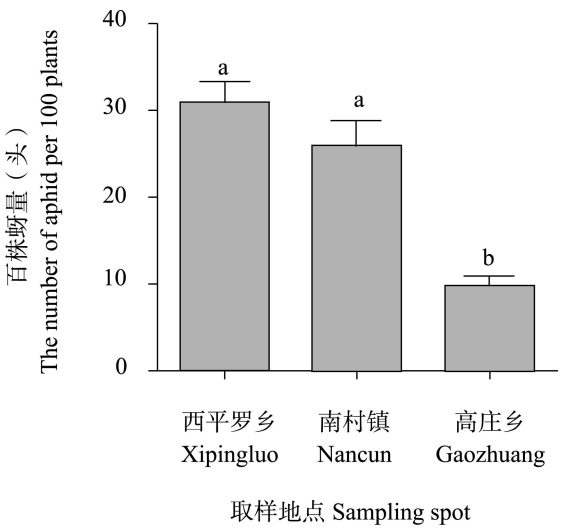

图 5 辉县不同海拔地区有翅成蚜百株蚜量

Fig. 5 The number of winged aphids per 100 plants in different places of Huixian

2.3　孤山对于麦长管蚜迁入的影响

河南省驻马店市的嵯岈山多为孤立的山头，选取了其中山型较规则的四座孤山，分别用 1 号、2 号、3 号和 4 号代表。四座孤山的高度与尺寸并不相同，1 号孤山和 2 号孤山山顶与麦田地面距离为 100 m 以上，且山体较宽大；3 号孤山和 4 号孤山的山顶与麦田地面距离约为 60 m，且山体较窄小。调查结果发现孤山的高度和尺寸不同，麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量变化表现出的规律也不相同。

1 号孤山的取样（取样方法 1）结果（图 6）显示，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为山南 150 m（8.75 头/百株）＞山南 50 m（7.92 头/百株）＞山北 150 m（5.83 头/百株）＞山北 50 m（4.17 头/百株）。其中，山南两个处理及山北 150 m 之间无显著差异，而山南两个处理均与山北 50 m 有显著差异（$P<0.05$），山北两个处理之间无显著差异。

另外，采用取样方法 2 的调查结果（图 7）发现，在 1 号孤山南侧邻近山脚的麦田麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为 8.33 头，显著多于孤山北侧的 5.01 头/百株（$P<0.05$）。

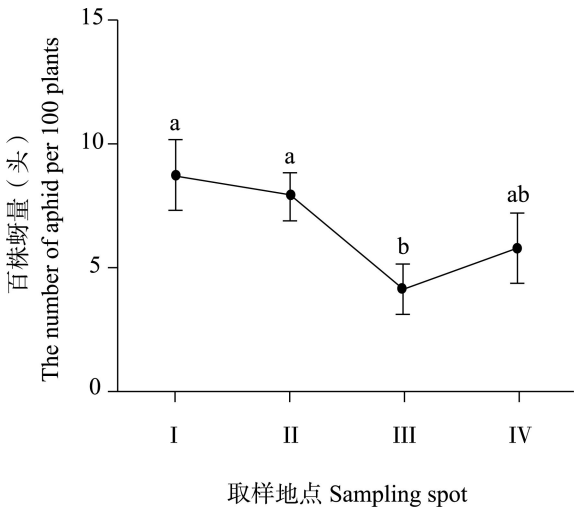

图 6　1 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量变化

Fig. 6　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 1 butte

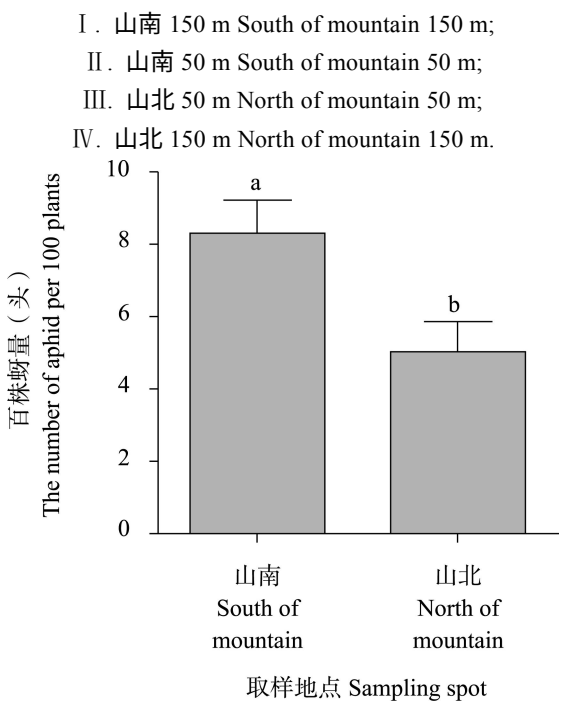

图 7　1 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 7　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 1 butte

2 号孤山的取样（取样方法 1）结果（图 8）显示，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为山南 100 m（11.25 头/百株）＞山南 200 m（10.31 头/百株）＞山北 200 m（6.25 头/百株）＞山北 100 m（4.37 头/百株），在山南两个处理间、山北两个处理间均无显著差异，而山南两个处理的有翅蚜量显著多于山北两个处理的蚜量（$P<0.05$）。

另外，采用取样方法 2 的调查结果（图 9）表明，在 2 号孤山南侧邻近山脚的麦田麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为 10.78 头，显著多于山体北侧的 5.31 头/百株（$P<0.05$）。

3 号孤山的取样（取样方法 1）结果（图 10）显示，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为山北 50 m（14.12 头/百株）＞山北 150 m（9.18 头/百株）＞山南 150 m（9.17 头/百株）＞山南 50 m（6.25 头/百株），且山北 50 m 与其他 3 个处理有显著差异（$P<0.05$），其他 3 个处理间无显著差异。

另外，采用取样方法 2 的调查结果（图 11）发现，在 3 号孤山南侧邻近山脚的麦田麦长管蚜

有翅成蚜数量为 10.96 头/百株，多于北侧的 10.44 头/百株，但是二者差异不显著。

4 号孤山的取样（取样方法 1）结果（图 12）显示，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为山北 100 m（18.44 头/百株）＞山南 300 m（15.00 头/百株）＞山南 200 m（13.13 头/百株）＞山北 300 m（12.19 头/百株）＞山北 200 m（8.13 头/百株）＞山南 100 m（7.81 头/百株）；其中除山北 100 m

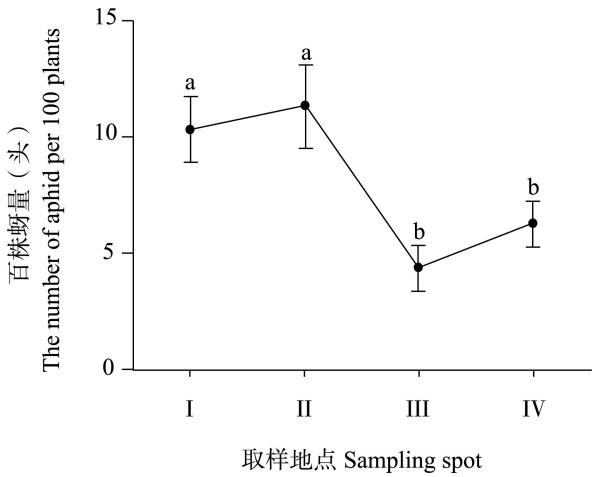

图 8　2 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量变化

Fig. 8　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 2 butte

Ⅰ. 山南 200 m South of mountain 200 m;
Ⅱ. 山南 100 m South of mountain 100 m;
Ⅲ. 山北 100 m North of mountain 100 m;
Ⅳ. 山北 200 m North of mountain 200 m.

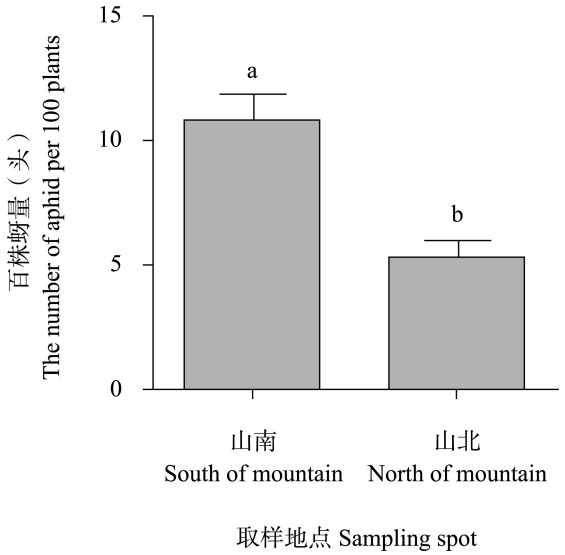

图 9　2 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 9　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 2 butte

与山南 300 m 间无显著差异外，山北 100 m 的有翅蚜量显著多于山南 100 m、山南 200 m、山北 300 m 及山北 300 m 的有翅蚜量（$P<0.05$），山北 200 m 与山北 300 m 之间无显著差异，山南

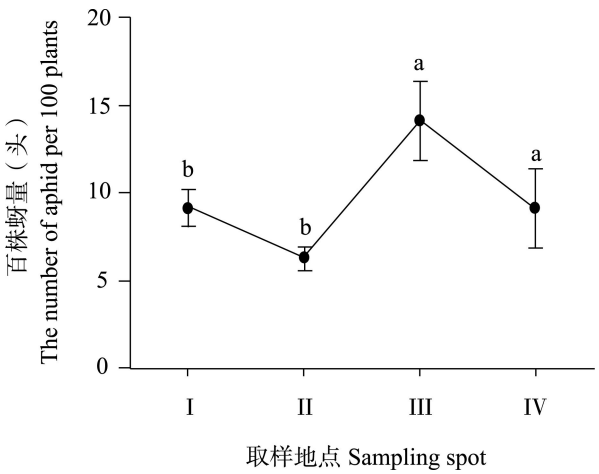

图 10　3 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量变化

Fig. 10　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 3 butte

Ⅰ. 山南 150 m South of mountain 150 m;
Ⅱ. 山南 50 m South of mountain 50 m;
Ⅲ. 山北 50 m North of mountain 50 m;
Ⅳ. 山北 150 m North of mountain 150 m.

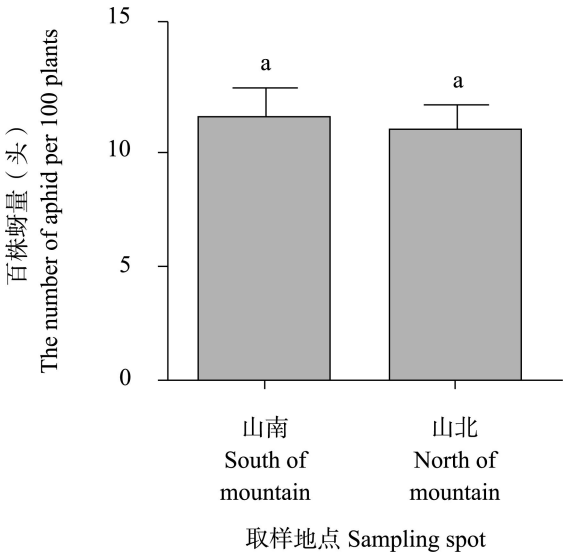

图 11　3 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量
Fig. 11　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 3 butte

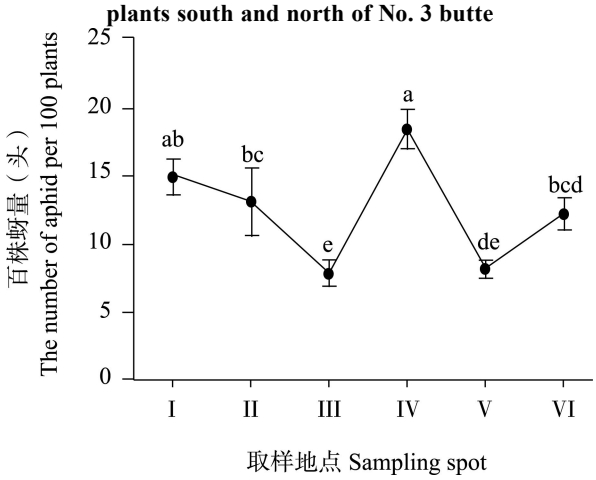

图 12　4 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量变化
Fig. 12　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 4 butte

Ⅰ. 山南 300 m South of mountain 300 m;
Ⅱ. 山南 200 m South of mountain 200 m;
Ⅲ. 山南 100 m South of mountain 100 m;
Ⅳ. 山北 100 m North of mountain 100 m;
Ⅴ. 山北 200 m North of mountain 200 m;
Ⅵ. 山北 300 m North of mountain 300 m.

100 m 和山北 200 m 无显著差异，山南 300 m 与山南 200 m 和山北 300 m 之间无显著差异，山南 300 m、山南 200 m 与山南 100 m、山北 200 m 之间均差异显著（$P<0.05$）。

另外，采用取样方法 2 的调查结果（图 13）发现，在 4 号孤山南侧邻近山脚的麦田麦长管蚜有翅成蚜数量为 12.57 头/百株，多于北侧的 12.02 头/百株，但是二者差异不显著。

这些结果说明，在麦长管蚜有翅成蚜迁入的初期，孤山对其降落造成了影响（图 7，图 9）。山体高度较小的孤山有翅成蚜迁入量呈现出山北侧最近处为最高、山北和山南其他区域蚜量相近的趋势（图 10，图 12）。对于相同的取样间距，因为山体的高度和尺寸不同，就会呈现出相反的变化规律，如图 6 和图 10 比较、图 8 和图 12 比较。对于山体高度较高，尺寸较大的孤山（图 6，图 8），由于山体的阻挡，越过山体后临近山体的附近有翅成蚜的降落量会明显少于其他地方。而对于高度较矮，尺寸较小的孤山（图 10，图 12），在山体的南部，随着离山体距离的接近，有翅成蚜的降落量会减少，越过山体后，有翅成蚜的降落量先显著增加，然后再向北则会减少。

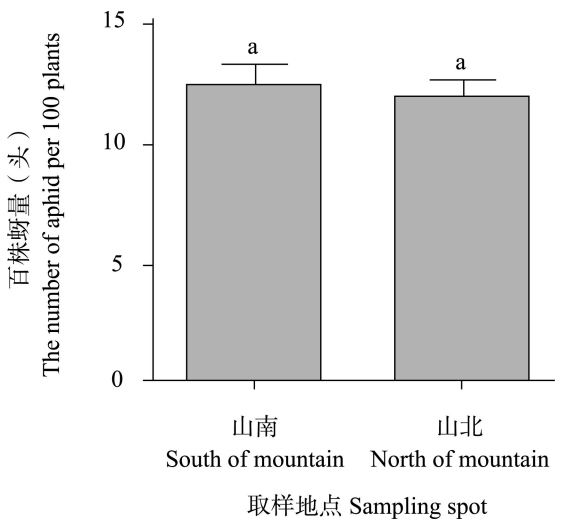

图 13　4 号孤山南北有翅成蚜百株蚜量
Fig. 13　The number of winged aphids per 100 plants south and north of No. 4 butte

2.4　河流对于麦长管蚜迁入的影响

在河南省新乡市原阳县桥北乡临黄河的北侧取样（取样方法 1）结果（图 14）表明，黄河

北岸紧邻黄河处麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为3.12 头，少于黄河北 50 m 处的 5.63 头/百株，差异不显著，二者均小于黄河北 100 m 处的 7.81 头/百株，并且与前者（紧邻黄河）差异不显著，后者（黄河北 100 m）不显著。黄河北 200 m 处有翅成蚜的百株蚜量（8.13 头/百株）最高，且与黄河北（紧邻）差异显著（$P<0.05$），而与其余两个处理无显著差异。

在河南开封市的柳园口乡和新乡市封丘县的司庄乡随机取样（取样方法 2）结果（图 15）表明，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为黄河北（6.96 头/百株）＞黄河南（6.24 头/百株），但二者并无显著差异。

在河南开封水稻乡和新乡封丘县荆隆宫乡的临近黄河边取样（取样方法 1），在结果（图 16）中可以清楚地看出，从南、北两个方向接近黄河，有翅成蚜的迁入量都会明显减少。紧邻黄河（北）和紧邻黄河（南）的麦长管蚜有翅成蚜的百株蚜量最少，分别为 11.2 头和 11.3 头，二者之间没有显著差异；黄河南 2 000 m、黄河北 1 000 m 及黄河北 2 000 m 有翅成蚜百株蚜量分别为 19.17、16.2 和 14.6 头/百株，三者之间没有显著差异，但是前二者均显著多于紧邻黄河的两个处理（$P<0.05$），黄河北 2 000 m 与紧邻黄河的两个处理无显著差异；黄河南 1 000 m 有翅成蚜百株蚜量最高为21.67头/百株，与黄河南2 000

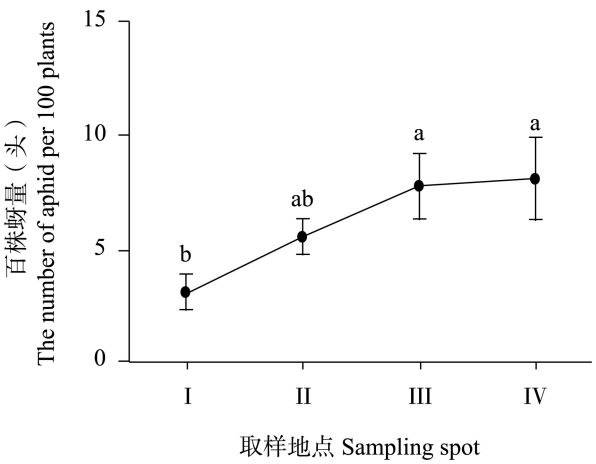

图 14　黄河北不同距离有翅成蚜百株蚜量变化

Fig. 14　The number of winged aphids per 100 plants in different distance in north of the Yellow River

Ⅰ. 紧邻黄河 Close to the Yellow River;
Ⅱ. 黄河北 50 m North of the Yellow River 100 m;
Ⅲ. 黄河北 100 m North of the Yellow River 100 m;
Ⅳ. 黄河北 200 m North of the Yellow River 200 m.

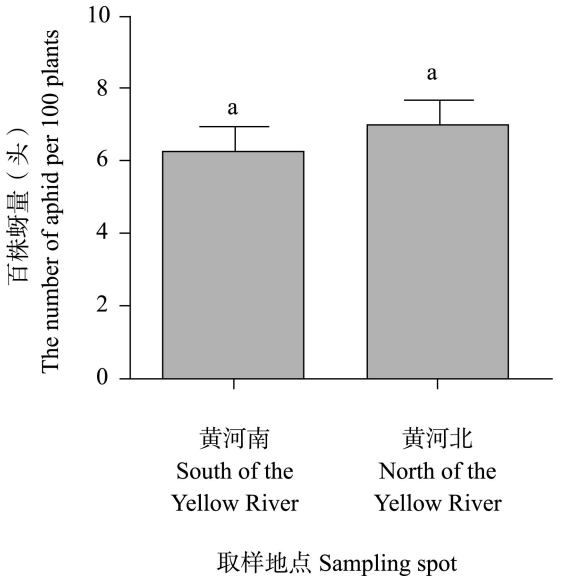

图 15　黄河南北有翅成蚜百株蚜量

Fig. 15　The number of winged aphids per 100 plants south and north of the Yellow River

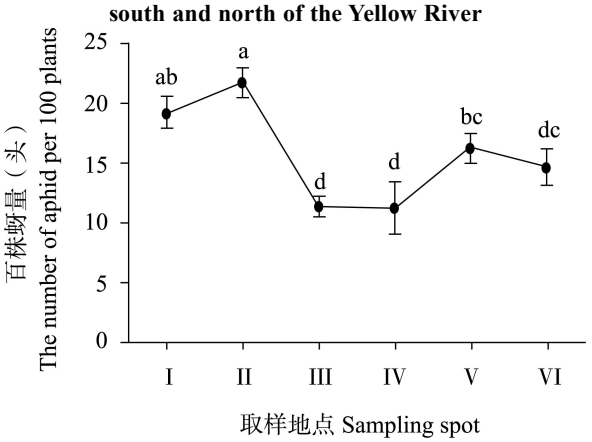

图 16　黄河南北不同距离有翅成蚜百株蚜量变化

Fig. 16　The number of winged aphids per 100 plants in different distance south and north of the Yellow River

Ⅰ. 黄河南 2 km South of the Yellow River 2 km;
Ⅱ. 黄河南 1 km South of the Yellow River 1 km;
Ⅲ. 紧邻黄河(南) Close to the Yellow River(S);
Ⅳ. 紧邻黄河(北) Close to the Yellow River(N);
Ⅴ. 黄河北 1 km North of the Yellow River 1 km;
Ⅵ. 黄河北 2 km North of the Yellow River 2 km.

m 无显著差异，但是显著高于紧邻黄河的两个处理（$P<0.05$）。虽然与图 14 中取样距离间距不同，但表现出了与图 14 中相似的规律，即靠近黄河有翅成蚜降落量较少，而远离黄河有翅成蚜的降落量接近且较多，并趋于稳定。

另外，在水稻乡和荆隆宫乡随机取样（取样方法 2）结果（图 17），表明黄河南边大范围内麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为 16.86 头/百株，大于河北边的 15.27 头/百株，但二者并无显著差异。

在五河县紧邻淮河取样（取样方法 1）结果（图 18）表明，紧邻淮河的样方的麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量仅为 0.83 头，离河 100 m 为 3.67 头/百株，二者无显著差异；离河 300 m、离河 500 m 和离河 700 m 的有翅成蚜百株蚜量分别为 10.01 头、9.54 头和 7.69 头，均显著大于紧邻河和离河 100 m 的（$P<0.05$），但是后三者之间无显著差异。

在颍上县紧邻河流取样（取样方法 1）结果（图 19）表明，紧邻河流的麦长管蚜有翅成蚜蚜量仅为 11.84 头/百株，而离河 100 m 处则为 26.58 头/百株，二者差异显著（$P<0.05$）。

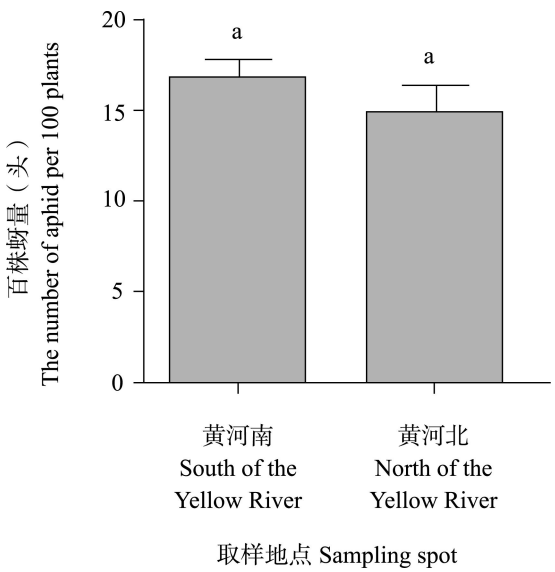

图 17　黄河南北有翅成蚜百株蚜量
Fig. 17　The number of winged aphids per 100 plants south and north of the Yellow River

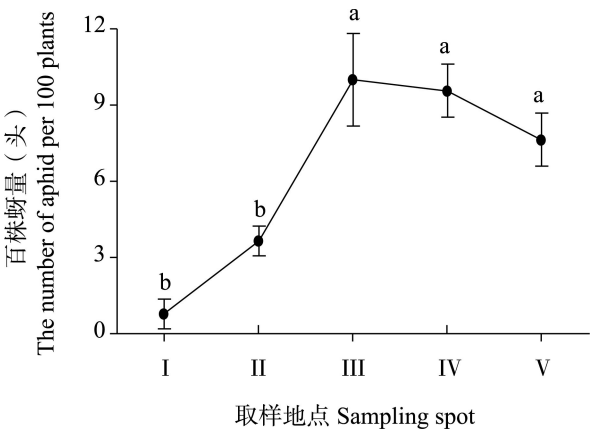

图 18　五河县离淮河不同距离有翅成蚜百株蚜量
Fig. 18　The number of winged aphids per 100 plants in the different distance of the Huaihe River in Wuhe

Ⅰ. 紧邻河 Close to the rive;
Ⅱ. 离河 100 m 100 m far away from the river;
Ⅲ. 离河 300 m 300 m far away from the river;
Ⅳ. 离河 500 m 500 m far away from the river;
Ⅴ. 离河 700 m 700 m far away from the river.

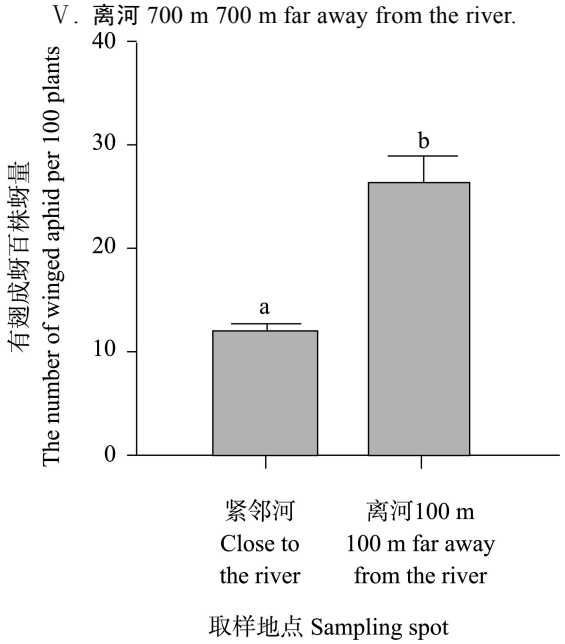

图 19　颍上县离河不同距离有翅成蚜百株蚜量
Fig. 19　The number of winged aphids per 100 plants in different distance of the river in Yingshang

安徽省当涂县江心乡有一个江心岛，为长江中间的一个冲击岛，其四周均被长江包围，与外界隔绝。在江心岛内外麦田的取样（取样方法 2）结果（图 20）表明，江心岛内麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为 5.94 头，江心岛外为 5.54 头/百株，

二者之间无显著差异。

以上这些结果表明，河流并不能对麦长管蚜有翅成蚜的迁飞造成生态屏障，如图 15、图 17 和图 20 中，虽然河流南北两侧有翅成蚜的百株蚜量平均值有所不同，但是并无显著差异。而河流附近会不利于有翅成蚜的降落，如图 14、图 16 和图 18 中取样的间距并不相同，但是都反映出了这一规律，就是有翅成蚜的降落量会随着远离河流而增加，再趋于稳定。图 19 中也表明河流的附近不利于有翅成蚜的降落。

2.5 湖泊对于麦长管蚜迁入的影响

在衡水湖湿地以北的郑家河沿镇取样（取样方法 1）结果（图 15）表明，麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为紧邻衡水湖湿地最少，仅为 3.13 头/百株，其次为离湿地 200 m（3.96 头/百株），二者之间无显著差异；离湿地 400 m、离湿地 600 m、离湿地 800 m 及离湿地 1 000 m 的有翅成蚜百株蚜量分别为 5.63、7.29、5.83 和 6.67 头/百株，其四者之间无显著差异；离湿地 200 m、离湿地 400 m、离湿地 800 m 及离湿地 1 000 m 之间也均无显著差异，紧邻衡水湖湿地、离湿地 200 m、离湿地 400 m 及离湿地 800 m 均无显著差异，其余各处理之间均差异显著（$P<0.05$）。虽如此，仍能看出离衡水湖越近有翅成蚜的降落量越少，越远离衡水湖湿地的，有翅成蚜的降落量越多的趋势。

另外，在衡水湖以北的郑家河沿镇及以南冀州市靠近衡水湖湿地处取样调查（取样方法 2）结果（图 16）表明，冀州市麦长管蚜有翅成蚜百株蚜量为 6.11 头/百株，多于郑家河沿镇的 5.42 头/百株，但无显著差异。

这些结果表明，湖泊和河流相似，并不会造成对有翅成蚜迁飞的屏障，如图 22，衡水湖南北有翅成蚜的降落量并没有差异。但是临近湖泊的位置并不利于有翅成蚜的降落，如图 21 中，有翅成蚜的降落量会随着远离湖泊而增加，到达离湖泊 400 m 之后的距离，有翅成蚜降落量有所浮动，但是没有显著差异，所以其降落量趋于稳定且显著高于紧邻湖泊位置的有翅蚜量。

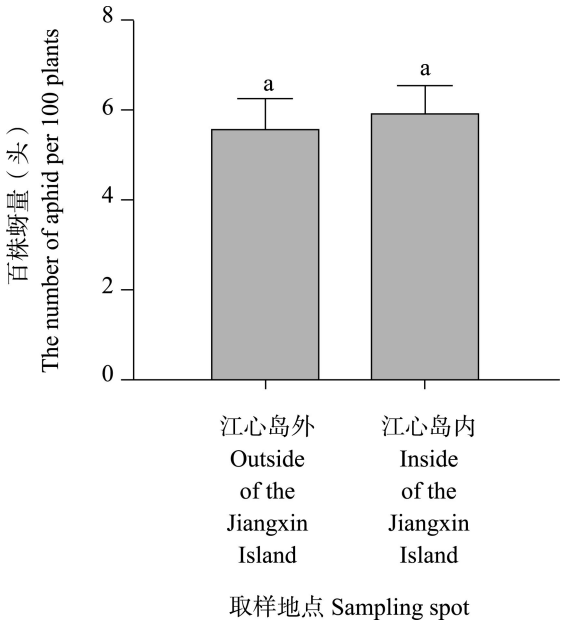

图 20 江心岛内外有翅成蚜百株蚜量

Fig. 20 The number of winged aphids inside and outside of the Jiangxin Island

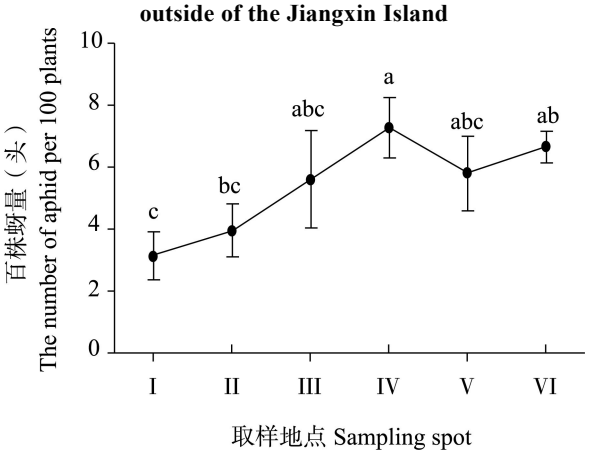

图 21 离衡水湖湿地不同距离有翅成蚜百株蚜量

Fig. 21 The number of winged aphids in the different distance of the Hengshui Lake

Ⅰ. 紧邻湿地 Close to wet land;
Ⅱ. 离湿地 200 m 200 m far away from wet land;
Ⅲ. 离湿地 400 m 400 m far away from wet land;
Ⅳ. 离湿地 600 m 600 m far away from wet land;
Ⅴ. 离湿地 800 m 800 m far away from wet land;
Ⅵ. 离湿地 1 km 1 km far away from wet land.

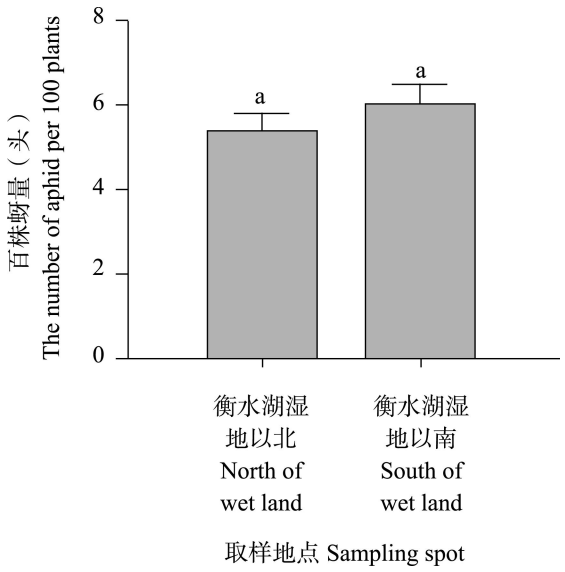

图 22　衡水湖湿地南北有翅成蚜百株蚜量
Fig. 22　The number of winged aphids per 100 plants south and north of the Hengshui Lake

3　讨　论

麦长管蚜是迁飞性害虫，其能够迁飞的距离是相当惊人的，但由于其自主迁飞能力很有限，气流（风）被证实才是其迁飞的主要动力（董庆周等，1987；程登发等，2002）。所以能影响气流的生态景观均有可能影响麦长管蚜的迁飞，麦长管蚜有翅成蚜在低空中选择寄主的过程中也会受到风向和风速的影响。从山脉对于麦长管蚜有翅成蚜迁飞和迁入的影响，能看出山脉对于麦长管蚜有翅成蚜的迁飞存在明显的阻隔作用，在多个结果中，山南有翅成蚜百株蚜量均比山北多，所以山脉这一大尺度的生态景观对有翅成蚜迁飞和降落造成了显著影响，山脉的阻隔及其对风的阻挡是造成有翅成蚜迁入量差异的主要原因。

长距离迁飞中的蚜虫，其飞行高度的变化范围较大，从几百米到几千米（Johnson，1963），但是多集中在逆温层中（Riley *et al.*，1995；王兴亚等，2005）。在高空可网捕及雷达监测到多种蚜虫（国伟等，2004；刘向东等，2004）。强风或大风可将蚜虫种群带到 1 000 m 的高空（Zlotkowski，1999）。在辉县，由南向北由于海拔的递升，形成了一个大斜坡，高海拔的麦田有翅成蚜的降落量显著多于低海拔麦田，原因可能为麦长管蚜在长距离随气流迁飞时随着海拔的递升，气流也会攀升。随着海拔的递升和气流的攀升温度会随之下降，因为麦长管蚜的迁飞活动具有适宜的温度范围（程登发等，2002），所以在海拔较高的区域（如西平罗乡）遇有面积较大的寄主植物时，大量的迁飞有翅麦蚜会自主选择性降落或被迫降落。

我国的小麦种植期是由南向北延后，即小麦成熟期由南向北逐渐完成；导致麦蚜由南向北逐地起飞迁移（杨逸兰，1990；刘向东等，2004）。我们选择的调查取样时期是小麦拔节至抽穗期，而我国东部这一阶段的气流主要是偏南风，即麦长管蚜的迁飞活动随小麦的生育期由南向北而发生。我们推测，在气流前进的过程中遇到孤山等这样的生态障碍物时，气流会攀升来越过障碍物，之后会下降，并在越过山顶和山体东西两侧时会形成一个气流漩涡。气流漩涡可能造成迁飞过程中的有翅成蚜被迫降落的影响。图 10 和图 12 中的结果符合这样的情况，在孤山南侧离山越近，有翅成蚜百株蚜量越少；因为随着气流攀升不利于有翅成蚜的降落，越过孤山之后，由于气流漩涡的作用有翅成蚜数量会显著增高，即出现了在孤山北侧附近的有翅成蚜显著多于孤山南侧的结果。越过孤山之后，气流会再次上升，有翅成蚜的降落量又会略微减少。对于更高、更宽的孤山，其对气流的阻挡作用更大，气流产生各种变化的距离也会相应拉长，而试验中（图 6，图 8）取样的间距较小，结果中表现出的更多的是孤山对气流的阻挡作用，使山北有翅成蚜的降落量少于山南，这可能是这两座孤山取样结果与另两座孤山蚜量不一致的原因。

河流和湖泊并不能对气流（风）造成阻挡的作用，所以河流和湖泊表现为对麦长管蚜有翅成蚜的迁飞和迁入没有生态阻挡的影响。但是在距河流和湖泊的小范围内，河流和湖泊对有翅成蚜的迁入降落也会产生一定的影响。河水的流动会

带动气流，会形成顺着河流的方向的一股气流。或许有这些气流的存在，是河流附近不利于有翅成蚜降落的一个原因。蚜虫的迁飞行为多发生在白天，并且多在晴朗微风的天气（邱明生和赵志模，1995；张超和潘晓明，1999；刘向东等，2004）。湖泊虽然不流动，不会带动气流的产生，但是白天湖泊上方的温度会低于陆地上方，当气流从南向北流动靠近湖泊时气流温度下降；而离开湖泊时气流温度升高，整个过程气流的温度或方向的变化类似碗状。另外，河流和湖泊附近的湿度较大，而麦长管蚜是麦蚜群落中喜欢干燥环境的种类（李鹄鸣，1990）。还有，河流和湖泊在白天会对光产生反射作用，其反射光会对麦长管蚜产生干扰（Moericke，1950，1952）。一般而言，湖泊或湿地附近的生态环境较为复杂，一些植物或者天敌（陆宴辉等，2008）的存在都会使得蚜虫更趋向于远离。上述这些因素可能就是导致河流和湖泊附近不利于有翅成蚜迁入降落的原因，即造成了河流和湖泊附近麦田有翅麦长管蚜成蚜数量显著少于远离河流和湖泊麦田蚜虫的差异。

参考文献 (References)

Johnson CG, 1963. Physiological factors in insect migration by flight. 423–427.

Kieckhefer RW, Lytle WF, Spuhler W, 1974. Spring movement of cereal aphids into South Dakota. *Environmental Entomology*, 3(2): 347–350.

Moericke V, 1950. Über das Farbsehen der Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulz.). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 7(2): 265–274.

Moericke V, 1952. Farben als Landereize fur geflugelte Blattlause (Aphidoidea). *Zeitschrift Fur Naturforschung Section Ba Journal Of Chemical Sciences*, 7(5): 304–309.

Riley JR, Reynolds DR, Mukhopadhyay S, Ghosh MR, Sarkar TK, 1995. Long-distance migration of aphids and other small insects in northeast India. *European Journal of Entomology*, 92(4): 639–653.

Wallin JR, Peters D, Johnson LC, 1967. Low-level jet winds, early cereal aphid and barley yellow dwarf detection in Iowa. *Plant Disease Reporter*, 51: 527–530.

Zlotkowski J, 1999. Migracja waznym elementem cykli zyciowych mszyc. *Ochrona Roślin*, 43(09): 12–13.

曹雅忠, 尹姣, 李克斌, 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, Yin J, Li KB, Zhang KB, Li XQ, 2006. Exploration of the factors causing the outbreak of wheat aphids and the control strategies. *Plant Protection*, 32(5): 72-75.]

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.]

杜光青, 曹雅忠, 尹姣, 杨爽, 李克斌, 2013. 蚜虫迁飞与寄主选择. 中国植物保护学会 2013 年年会论文集. 56–65.[Du GQ, Cao YZ, Yi J, Yang S, Li KB, 2013. Migration of aphids and its host selection. Annual Meeting of *the China Society for Plant Protection* 2013. 55-65.]

董庆周, 魏凯, 孟庆祥, 吴福桢, 张广学, 钟铁森, 刘笃慧, 1987. 宁夏地区麦长管蚜远距离迁飞的研究. 昆虫学报, 30(3): 277 – 284.[Dong QZ, Wei K, Meng QX, Wu FZ, Zhang GX, Zhong TS, Liu DH, 1987. Studies on the long distance migration of *Sitobion avenae* in Ningxia. *Acta Entomologica Sinica.*, 30(3): 277–284.]

国伟, 沈佐锐, 2004. 麦蚜迁飞的研究进展. 中国农学通报, 20(6): 251–254. [Guo W, Shen ZR, 2004. Advances in Long-distance Migration of wheat aphids. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 20(6): 251-254.]

李鹄鸣, 1990. 麦长管蚜实验群种的研究. 吉首大学学报, 11(5): 59–70. [Li HM. 1990. Studies on the experimental population of *Sitobion avenae*. *Journal of Jishou University*, 11(5): 59–70.]

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, Zhai BP, Zhang XX, 2004. Advance in the studies of migration of aphids. *Chinese Bulletin of Entomology*, 41(4): 301-307.]

刘向东, 翟保平, 梁圣爱, 许新华, 龚群辉, 2006. 棉蚜迁飞型和居留型及其杂交后代飞行特性的比较研究. 昆虫学报, 49(4): 619–624. [Liu XD, Zhai BP, Liang SA, Xu AH, Gong QH, 2006. Migratory and sedentary strains of aphis gossypii glover and the flight characteristics of their hybridized offspring. *Acta Entomologica Sinica*, 49(4): 619-624.]

陆宴辉, 张永军, 吴孔明, 2008. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略. 生态学报, 28(10): 5113–5122. [Lu YH, Zhang YJ, Wu KM, 2008. Host plant selection mechanisms and

behavioural manipulation strategies of phytophagous insects. *Acta Ecologica Sinica*, 28(10): 5113-5122.]

田喆, 陈志刚, 张跃进, 姜玉英, 孙京瑞, 程登发, 2005. 应用 GIS 对麦长管蚜迁飞的初步研究. 农业生物灾害预防与控制研究. 849–852.[Tian Z. Chen ZG, Zhang YJ, Jiang YY, Sun JR, Cheng DF, 2005. Preliminary studies on the application of GIS on migration of *Sitobion avenae*. *Studies on the prevention and control of agricultural biological disasters*. 849-852.]

王兴亚, 李学军, 张广学, 2005. 谈蚜虫的行为. 沈阳师范大学学报 (自然科学版), 23(4): 405–407. [Wang XY, Li XJ, Zhang GX, 2005. The behaviors of aphid. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition)*, 23(4): 405-407.]

邱明生, 赵志模, 1995. 角倍蚜秋季迁飞和生殖能力的研究. 西南农业大学学报, 17(1): 39–41.[Qiu MS, Zhao ZM, 1995. Studies on autumn migration and reprodutive capacity of *Malaphis chinensis*. *Journal of Southwest Agricultural University*, 17(1): 39–41.]

杨素钦, 杨逸兰, 1991. 北方冬麦区麦长管蚜远距离迁飞与气流运动的关系初探. 中国植保导刊, 2(3):11–15.[Yang SQ, Yang YL, 1991. Preliminary studies on the relationship between the long-distance migration and air movement of *Sitobion avenae* in the northern winter wheat region. *China Plant Protection*, 2(3):11–15.]

张超, 潘晓明, 1999. 棉蚜迁飞行为及其能量物质利用的研究. 安徽农学通报, 5(4): 29–31.[Zhang C, Pan XM, 1999. Studies on cotton aphid`s migration and its use of energy substance. *Anhui agricultural Bulletin*, 5(4): 29–31.]

朱弘复, 张广学, 1956. 棉蚜在棉田中的发生和扩散. 昆虫学报, 6(3): 253–270.[Zhu HF, Zhang GX, 1956. The occurrence and spread of cotton aphid in the cotton field. *Acta Entomologica Sinica*., 6(3): 253–270.]

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 and the law of toxin transmission of wheat aphid. *Acta Phytophylacica Sinica*, 12(1): 9–15.]

赵紫华, 贺达汉, 赵映书, 石云, 张大治, 2009. 农业景观变化对麦蚜种群动态及寄生蜂寄生率的影响. 中国植物保护学会 2009 年年会论文集. 252–258.[Zhao ZH, He DH, Zhao YS, Shi Y, Zhang DZ,2009. Influence on wheat aphid population dynamics and the parasitism rate of wasp caused by the agricultural landscape changes. 2009 Annual Meeting Papers of *China Society of Plant Protection*. 252–258.]

赵紫华, 石云, 贺达汉, 杭佳, 赵映书, 王颖, 2010. 不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响. 生态学报, 30(23): 6380–6388. [Zhao ZH, Shi Y, He DH, Hang J, Zhao YS, Wang Y, 2010. Population dynamics of wheat aphids in different ag ricultural landscapes. *Acta Ecologica Sinica*, 30(23): 6380-6388.]

赵紫华, 关晓庆, 贺达汉, 2012. 农业景观结构对麦蚜寄生蜂群落组成的影响. 应用昆虫学报, 49(1): 220–228. [Zhao ZH, Guan XQ, He DH, 2012. Community composition of parasitoids and hyperparasitoids of wheat aphids in different agricultural landscapes. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 220-228.]