

山东烟田烟蚜种群动态与空间分布

陈鹏¹, 王宝剑², 朱先志², 刘文涛², 周仙红¹, 任广伟³,
庄乾营¹, 高欢欢¹, 张秀霞¹, 张安盛¹

(1. 山东省农业科学院 植物保护研究所, 山东 济南 250100; 2. 山东临沂烟草有限公司, 山东 临沂 276826;
3. 中国农业科学院 烟草研究所, 山东 青岛 266101)

摘要: 烟蚜在山东烟田发生普遍, 危害严重。研究山东烟田烟蚜种群动态与空间分布对于提高山东烟田烟蚜预测测报准确率以及有效防控该害虫具有重要意义。试验开展了烟蚜的田间种群消长动态调查, 并应用5个聚集度指标(丛生指数 I , 聚块指标 m^*/m , 久野指标 C_a , 扩散系数 C , 负二项分布 K 值)和2种回归方法(Iwao回归分析法与Toylar幂法则)研究其空间分布特征。结果表明, 2020—2021年烟田烟蚜的种群动态均为双峰型曲线; 第1个高峰出现在5月下旬至6月上旬, 第2个高峰出现在7月上中旬。在垂直分布上, 烟草植株上部叶片的烟蚜数量占比(49.07%~70.29%)显著高于中部叶片(27.64%~33.71%)和下部叶片(1.64%~19.85%)。数据分析结果显示, $I(1.733\ 2\sim 42.703\ 0)>0$, $m^*/m(2.368\ 3\sim 10.414\ 2)>1$, $C_a(1.368\ 3\sim 9.414\ 2)>0$, $C(2.733\ 2\sim 43.703\ 0)>1$, $0<K(0.106\ 2\sim 0.730\ 8)<8$; 在Iwao回归方程中, $\beta(4.578\ 65)>1$, $\alpha(0.190\ 57)>0$, 在Toylar幂法则回归方程中, $\lg a(0.691\ 65)>0$, $b(1.817\ 05)>1$, 说明调查期间烟蚜种群呈聚集分布, 分布的基本成分是个体群。利用空间分布参数确定了烟蚜的理论抽样数, 并提出合理的田间抽样技术, 即在烟田内采用“Z”字形取样法, 每点选取烟草5~10株, 每株烟草调查上中部叶片2~4片。

关键词: 烟蚜; 种群动态; Iwao回归分析法; Toylar幂法则; 空间分布; 理论抽样数

中图分类号: S435.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2481(2024)03-0116-07

Population Dynamics and Spatial Distribution of *Myzus persicae* in Tobacco Field of Shandong Province

CHEN Peng¹, WANG Baojian², ZHU Xianzhi², LIU Wentao², ZHOU Xianhong¹, REN Guangwei³,
ZHUANG Qianying¹, GAO Huanhuan¹, ZHANG Xiuxia¹, ZHANG Ansheng¹

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China;
2. Shandong Linyi Tobacco Co., Ltd., Linyi 276826, China; 3. Institute of Tobacco,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266101, China)

Abstract: *Myzus persicae* is a prevalent and serious pest in tobacco fields of Shandong province. Study on the population dynamics and spatial distribution of *Myzus persicae* in Shandong tobacco fields is of great significance for improvement of the accuracy of *Myzus persicae* prediction and effective prevention and control of this pest. In this study, the population dynamics were investigated in tobacco fields, and the spatial distribution characteristics were studied using five indexes of aggregation (clumping index I , patchiness index m^*/m , Cassie index C_a , dispersion coefficient C , and negative binomial K) and two regression models (Iwao's regression and Taylor's power law). The results showed that the population dynamics of *Myzus persicae* showed a clear bimodal curve in the tobacco fields during 2020–2021, the first peak occurred from late May to early June and the second peak occurred from early to mid-July. On vertical distribution, the proportion of *Myzus persicae* on the upper leaves (49.07%–70.29%) was significantly higher than that on the middle leaves (27.64%–33.71%) and the lower leaves (1.64%–19.85%). Data analysis showed that $I>0$, range: 1.733 2–42.703 0; $m^*/m>1$, range: 2.368 3–10.414 2; $C_a>0$, range: 1.368 3–9.414 2; $C>1$, range: 2.733 2–43.703 0; $0<K<8$, range: 0.106 2–0.730 8. In Iwao regression equation, $\beta(4.578\ 65)>1$, $\alpha(0.190\ 57)>0$. In Taylor's power law regression equation, $\lg a(0.691\ 65)>0$, $b(1.817\ 05)>1$. The above results indicated that the distribution of the *Myzus persicae* population followed an aggregated pattern and the basic components of distribution were in

收稿日期: 2023-04-24

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系(SDAIT-25-03); 中国烟草总公司重大科技项目计划项目(110202201017(LS-01)); 山东临沂烟草有限公司科技计划项目(2022371300260643-005)

作者简介: 陈鹏(1989-), 男, 山东淄博人, 助理研究员, 主要从事烟草害虫绿色防控研究工作。

通信作者: 张安盛(1971-), 男, 山东临沂人, 研究员, 主要从事烟草害虫绿色防控研究工作。

individual groups during the investigation period. Theoretical sampling number were obtained from the spatial distribution parameters, and the resulting field sampling technique was determined: a Z-shaped sampling method was used in the tobacco fields, 5-10 tobacco plants were selected from each point and 2-4 upper and middle leaves were investigated for each tobacco plant.

Key words: *Myzus persicae*; population dynamics; Iwao's regression analysis; Taylor's power law; spatial distribution; theoretical sampling number

烟蚜(*Myzus persicae*)属半翅目(Hemiptera)蚜科(Aphididae),是山东烟田常发害虫。烟蚜除了刺吸烟草叶片或幼嫩组织汁液外,还传播黄瓜花叶病毒(Cucumber Mosaic Virus, CMV)、马铃薯Y病毒(Potato Virus Y, PVY)等多种病毒病,对烟草植株正常生长造成严重影响,甚至会造成绝产^[1]。在田间,烟蚜种群数量与温度、降雨环境因子等密切相关,其发生适宜温度为14~28℃^[2],降雨会导致其数量锐减。因其繁殖力强,世代多且世代重叠严重,故预测预报和防治比较困难。

昆虫种群动态、空间分布是昆虫种群的重要特征,是由其生物学特性与生境条件决定的^[3],该特征反映了昆虫种群有效占有资源特征。研究昆虫的种群动态和空间分布特征,对分析其发生、扩散和暴发具有重要的指导意义,有助于设计精确高效的抽样技术,为昆虫预测预报提供理论基础,也为害虫的有效防控提供科学依据。

当前,国外学者对烟蚜种群动态与空间分布研究相对较多,但主要集中在蔬菜等非烟草作物上^[4-9]。在国内,徐树云^[10]于1980年最先开展烟蚜种群消长动态研究,张运慈等^[11]于1988年最先开始烟蚜空间分布研究,而后国内学者通过系统调查的方法,先后对烟蚜种群动态与空间分布开展了一定的研究。在山东以外烟草产区,烟蚜种群动态分别在安徽^[12-13]、云南^[14-15]、湖南^[16]、陕西^[17]、四川^[18]等烟草产区被调查,烟蚜空间分布特征则分别在湖南^[19]、安徽^[20]、福建^[21]、四川^[22]等烟区被测定,研究发现,不同烟草产区烟蚜发生高峰时间和数量存在较大差异,其空间分布多为聚集分布。但因以上烟草产区气候条件与山东烟区不同,其研究结果与山东烟区可能会有较大差异。在山东烟区,任广伟等^[23]、王秀芳等^[24]、沈静等^[25]分别于2002、2008、2009年研究了烟蚜的田间消长动态,但对烟蚜空间分布特征目前则未见报道。

由于前人对山东烟田烟蚜田间消长研究较早,且当前烟草栽培管理措施等与以前相比已有较大变化,如在烟草主栽品种方面已由以前的K326、NC82等替换为云烟87、中川208、中烟100;在栽培

方面实施“减氮增密”栽培,当前单位面积施用纯氮较以前减少20%左右,株行距由以前的“0.55 m×1.20 m”变为当前的“0.45~0.55 m×1.10~1.20 m”,同时,当前以覆盖银灰色地膜替代以前的覆盖白色地膜或未覆盖地膜等。不同栽培措施如烟草品种、施肥量、种植密度、覆盖地膜等会对烟田烟蚜种群数量造成一定的影响^[26-27]。

沂水是山东省烟草种植大县,其地理条件、气候特点具有典型的沂蒙丘陵生态特点,具有山东烟区代表性。本研究在沂水烟区开展烟蚜的调查,以明确新型栽培模式下山东烟田烟蚜的种群动态和空间分布,并提出合理的田间抽样技术,以期对烟蚜的精准预测预报、科学防控提供一定理论依据。

1 材料和方法

1.1 田间调查

1.1.1 调查烟田概况 调查地点为沂水县长安街道长安村烟田(东经118°39'4812"、北纬35°50'2417"),属丘陵烟田,烟草连片种植超过3.333 hm²,前茬作物为烟草,周边为烟草、甘薯等作物。烟草品种为中烟100,分别于2020年4月28日、2021年5月2日移栽;行距1.2 m,株距0.5 m,7月上旬打顶;烟田覆盖银灰色地膜。

为避免田间用药对烟蚜种群数量的影响,选定的调查区不施用防治烟蚜的药剂。调查期间施药情况如下:4月下旬用50%敌草胺水分散粒剂3 750 g/hm²地面喷施防除杂草1次,5月中旬用687.5 g/L氟菌·霜霉威悬浮剂1 800 mL/hm²灌根防治黑胫病1次,6月上旬用8%宁南霉素水剂900 g/hm²+2%氨基寡糖素水剂2 250 mL/hm²喷雾防治病毒病1次,6月中旬用5%氟铃脲乳油2 250 mL/hm²喷雾防治棉铃虫、烟青虫1次,7月上旬用1:1:200波尔多液喷雾防治叶部病害1次,7月中旬用40%菌核净可湿性粉剂2 250 mL/hm²喷雾防治叶部病害1次,7月下旬用5%氟铃脲乳油2 250 mL/hm²喷雾防治棉铃虫、烟青虫1次,8月上旬用50%氯溴异氰尿酸可溶液剂120 g/hm²喷雾防治病毒病1次。

1.1.2 调查方法

1.1.2.1 烟蚜种群动态 调查时间分别为 2020、2021 年 5 月上旬至 8 月下旬,每 10 d 调查一次;调查方法为根据地形、立地条件选取烟田 5 个调查区(每调查区 3 600 m²),每调查区 5 点取样,每点选取 10 株烟草,5 月上旬至 5 月下旬整株调查,6 月上旬至 8 月下旬每株调查烟草叶片 6 片(植株上部、中部、下部叶片各 2 片:成株期烟草上部叶片指烟草植株顶部第 2、3 片叶,中部叶片指烟草植株距顶部的第 8、9 片叶,下部叶片指烟草植株距顶部的第 14、15 片叶;旺长期烟草则根据植株实际叶片数划分上、中、下部叶片),记录烟蚜数量,计算单叶平均蚜量。

1.1.2.2 烟蚜在烟草植株垂直方向上的分布 调查时间为 2021 年 6 月下旬至 8 月上旬,每 10 d 调查一次;根据地形、立地条件选取烟田 5 个调查区(每调查区面积 3 600 m²)。调查方法同 1.1.2.1,分别计算烟草上部、中部、下部叶片单叶平均蚜量。

1.1.2.3 烟蚜空间分布型调查 2021 年 7 月 16 日根据地形、立地条件选取烟田 8 个调查区(每调查区面积 3 600 m²)。调查方法同 1.1.2.1,计算单叶平均蚜量。

1.2 空间分布型测定

计算调查地块抽样样方中烟蚜的样本均值(\bar{x})、样本方差(S^2)、平均拥挤度(m^*)、丛生指数(I)、聚块指数(m^*/m)、久野指数(Ca)、扩散系数(C)和负二项分布 K 值,分析烟蚜空间分布型;聚集度指标模型及判定依据参照丁岩钦^[28]和唐启义^[29];基于烟蚜样本均值(\bar{x})、样本方差(S^2)或平均拥挤度(m^*)分别拟合 Iwao 回归方程和 Taylor 幂法则,依据模型系数来确定空间分布型^[28,30-33]。

$$I = S^2/\bar{x} - 1 \quad (1)$$

当 $I < 0$ 时为均匀分布,当 $I = 0$ 时为随机分布,当 $I > 0$ 时为聚集分布。

$$m^*/m = m^*/\bar{x} \quad (2)$$

当 $m^*/m < 1$ 时为均匀分布,当 $m^*/m = 1$ 时为随机分布,当 $m^*/m > 1$ 时为聚集分布。

$$Ca = (S^2/\bar{x} - 1)/\bar{x} \quad (3)$$

当 $Ca < 0$ 时为均匀分布,当 $Ca = 0$ 时为随机分布,当 $Ca > 0$ 时为聚集分布。

$$C = S^2/\bar{x} \quad (4)$$

当 $C < 1$ 时为均匀分布,当 $C = 1$ 时为随机分布,当 $C > 1$ 时为聚集分布。

$$K = \bar{x}^2/(S^2 - \bar{x}) \quad (5)$$

当 $K < 0$ 时为均匀分布,当 $K \rightarrow +\infty$ 时为随机分布,当 $0 < K < 8$ 时为聚集分布。

$$Iwao \text{ 回归方程 } m^* = \alpha + \beta\bar{x} \quad (6)$$

当 $\alpha = 0$ 时表示分布的基本成分为单个个体;当 $\alpha > 0$ 时表示个体间相互吸引,分布的基本成分为个体群;当 $\alpha < 0$ 时表示个体间相互排斥。式中 β 为基本成分的空间分布图式,当 $\beta < 1$ 时为均匀分布,当 $\beta = 1$ 时为随机分布,当 $\beta > 1$ 时为聚集分布。昆虫种群的理论空间分布型判定标准为:当 $\alpha = 0$ 、 $\beta = 1$ 时为泊松分布;当 $\alpha = 0$ 、 $\beta < 1$ 时,或 $-1 < \alpha < 0$ 、 $\beta \approx 1$ 时为正二项分布;当 $\alpha = 0$ 、 $\beta > 1$ 时为具有公共 K 值的负二项分布;当 $\alpha > 0$ 、 $\beta = 1$ 时为泊松-正二项分布,或奈曼分布 A 型或 $P-E$ 分布;当 $\alpha > 0$ 、 $\beta > 1$ 时为一般负二项分布。

$$Taylor \text{ 幂法则 } \lg S^2 = \lg a + b \lg \bar{x} \quad (7)$$

式中,当 $b \rightarrow 0$ 时为均匀分布,当 $b = 1$ 时为随机分布,当 $b > 1$ 时为聚集分布。昆虫种群的理论空间分布型判定标准为: $\lg a > 0$ 、 $b = 1$ 时,种群在一切密度下均是聚集的,但不具聚集度对密度的依赖性; $\lg a > 0$ 、 $b > 1$ 时,种群在一切密度下均是聚集的,但具聚集度对密度的依赖性; $\lg a < 0$ 、 $b < 1$ 时,种群密度越高越均匀。

1.3 理论抽样数确定

理论抽样数通过 Iwao 理论抽样数计算公式计算。

$$n = t^2/D^2((\alpha+1)/\bar{x} + \beta - 1) \quad (8)$$

依据此公式确定烟蚜不同密度下的最佳理论抽样数^[34-35]。其中, n 为抽样数, \bar{x} 为烟蚜密度, t 为一定概率下的置信水平(当 $P = 95\%$ 时, $t = 1.96$), D 为允许误差(通常取值为 0.1~0.3), α 、 β 为 Iwao 回归方程中的相应参数。

1.4 数据统计

烟蚜种群消长动态应用 Excel 2007 进行统计分析,烟蚜在烟草植株垂直方向上的分布应用 SPSS 26.0 数据处理软件进行单因素试验统计分析,采用邓肯方法进行多重比较,显著性差异水平为 0.05,空间分布型测定应用 SPSS 26.0 数据处理软件进行原始数据的空间分布型统计分析。

2 结果与分析

2.1 烟蚜种群动态

由图 1 可知,2020—2021 年烟田烟蚜种群动态为双峰型曲线。烟蚜在田间出现时间为 5 月中旬,单叶平均蚜量 0.34~0.77 头;而后烟蚜数量逐渐增

长,第1个蚜量高峰出现时间为5月下旬至6月上旬,高峰点单叶平均蚜量分别为6.44、3.08头;而后烟蚜数量逐渐下降,单叶平均蚜量最低,仅为0.49头;第2个蚜量高峰出现时间为7月上中旬,高峰点单叶平均蚜量分别为10.19、7.69头,7月中旬后烟蚜数量迅速下降,至8月中旬单叶平均蚜量仅为0.04头,8月下旬田间未发现烟蚜危害。

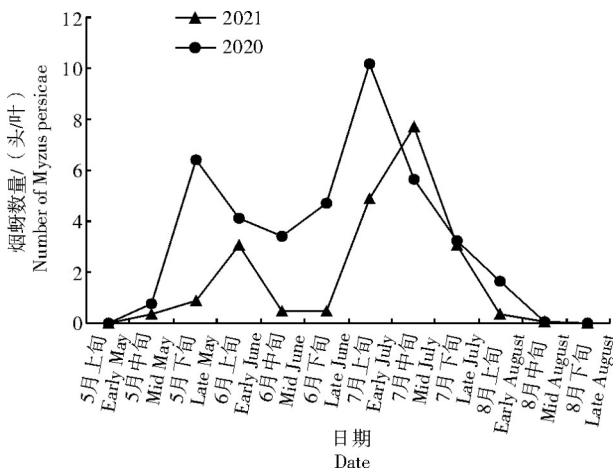
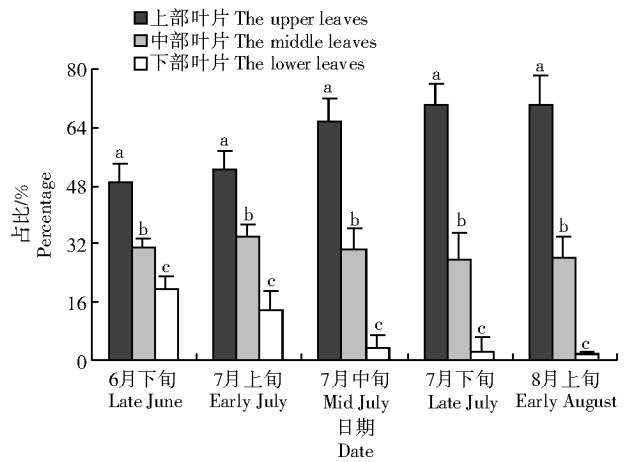


图1 山东烟田烟蚜种群消长动态
Fig.1 The population dynamics of *Myzus persicae* in tobacco fields of Shandong province

2.2 烟蚜在烟株垂直方向上的分布

从图2可以看出,烟蚜在烟株垂直方向上的分布差异较大,调查期间烟蚜的数量百分比,上部叶片达49.07%~70.29%,显著高于中、下部叶片($P <$

0.05);中部叶片为27.64%~33.71%;下部叶片仅为1.64%~19.85%,显著低于中部叶片($P <$ 0.05)。



不同小写字母表示烟草垂直方向上烟蚜数量百分比经邓肯方法检验在 $P <$ 0.05水平差异显著
Different lowercase letters indicated significant difference in percentage of *Myzus persicae* in vertical distribution of tobacco plants at $P <$ 0.05 level by Duncan test

图2 烟蚜在烟株垂直方向上的分布
Fig.2 Distribution of *Myzus persicae* in vertical direction of tobacco plants

2.3 烟蚜在烟草植株上的空间分布型

2.3.1 聚集度指标测定 烟田8个区域的烟蚜聚集度指标如表1所示, $I(1.733\ 2\sim 42.703\ 0) > 0$, $m^*/m(2.368\ 3\sim 10.414\ 2) > 1$, $Ca(1.368\ 3\sim 9.414\ 2) > 0$, $C(2.733\ 2\sim 43.703\ 0) > 1$, $0 < K(0.106\ 2\sim 0.730\ 8) < 8$,以上指标均表明,烟蚜呈聚集分布。

表1 山东烟田烟蚜聚集度指标
Tab.1 Aggregation indexes of *Myzus persicae* in tobacco fields of Shandong province

样地编号 Location number	\bar{x}	S^2	m^*	I	m^*/m	Ca	C	K值 K value
1	11.00	480.733 3	53.703 0	42.703 0	4.882 1	3.882 1	43.703 0	0.257 6
2	7.37	162.832 2	28.470 5	21.103 8	3.864 8	2.864 8	22.103 8	0.349 1
3	1.27	3.462 2	2.999 9	1.733 2	2.368 3	1.368 3	2.733 2	0.730 8
4	1.80	11.160 0	7.000 0	5.200 0	3.888 9	2.888 9	6.200 0	0.346 2
5	5.67	157.755 6	32.505 8	26.839 1	5.736 3	4.736 3	27.839 1	0.211 1
6	5.77	87.712 2	19.976 8	14.210 1	3.464 2	2.464 2	15.210 1	0.405 8
7	0.73	5.795 6	7.636 8	6.903 5	10.414 2	9.414 2	7.903 5	0.106 2
8	3.80	67.160 0	20.473 7	16.673 7	5.387 8	4.387 8	17.673 7	0.227 9

2.3.2 回归分析法 Iwao 回归分析法:根据表1数据和回归方程 $m^* = \alpha + \beta\bar{x}$ 进行分析,可得回归方程 $m^* = 0.190\ 57 + 4.578\ 65\bar{x}$ ($r = 0.958\ 2$)。式中,当 β 值为4.578 65 $>$ 1,表明烟蚜呈聚集分布; α 值为0.190 57 $>$ 0,说明个体间相互吸引,分布的基本成分为个体群;据 α 和 β 的组合,判定烟蚜的空间分布型为聚集分布中的一般负二项分布; r 值为0.958 2,

说明回归方程有较高的拟合度。

Toylar 幂法则:根据表1数据和回归方程 $\lg S^2 = \lg a + b \lg \bar{x}$ 进行分析,可得回归方程 $\lg S^2 = 0.691\ 65 + 1.817\ 05 \lg \bar{x}$ ($r = 0.965\ 7$)。式中, $\lg a$ 值为0.691 65 $>$ 0, b 值为1.817 05 $>$ 1,表明烟蚜呈聚集分布,且具聚集度对密度的依赖性; r 值为0.965 7,说明回归方程有较高的拟合度。

2.3.3 理论抽样数 将 Iwao 回归方程中 α 、 β 分别代入最适理论抽样数模型,得到烟蚜最适理论抽样公式 $n=l^2/D^2(1.190\ 57/\bar{x}+3.578\ 65)$ 。将 $t=1.96$ 代入该理论抽样公式,可得烟田烟蚜不同密度(\bar{x})下的理论抽样数。表 2 结果表明,相同允许误差下,所需抽样数随烟蚜平均虫口密度的增大而逐渐减少。

表 2 山东烟田烟蚜在不同虫口密度理论抽样数
Tab.2 The theoretical sampling number at the different population density of *Myzus persicae* in tobacco fields of Shandong province

平均密度/(头/叶) Average density	理论抽样数量/个 Theoretical sampling number		
	$D=0.1$	$D=0.2$	$D=0.3$
0.5	2 289.5	572.4	254.4
1	1 832.1	458.0	203.6
1.5	1 679.7	419.9	186.6
2	1 603.5	400.9	178.2
3	1 527.2	381.8	169.7
4	1 489.1	372.3	165.5
5	1 466.2	366.6	162.9
6	1 451.0	362.8	161.2
7	1 440.1	360.0	160.0
8	1 431.9	358.0	159.1
9	1 425.6	356.4	158.4
10	1 420.5	355.1	157.8

注: D 为允许误差。

Note: D indicated permissible variation.

因调查期间烟蚜在烟田属聚集分布中的一般负二项分布,调查取样应采取样点适当增多和样本适当减少的原则。考虑烟蚜主要分布在烟草植株上中部、后期烟叶采摘等因素,建议取样方法为:在烟田采用“Z”字形取样法,可每点选取烟草 5~10 株,每株烟草选取上、中部叶片 2~4 片,共调查 150~600 片叶为宜。

3 结论与讨论

本研究表明,新型栽培模式下山东烟田烟蚜种群有 2 个发生高峰,且主要集中在烟草植株上、中部叶片,调查期间其种群呈聚集分布。田间调查可在烟田内采用“Z”字形取样法定点定株调查指定数量的上、中部叶片。

昆虫种群动态与其生物学特性密切相关,刘艳红等^[36]室内研究了设定条件下烟蚜种群消长规律预测模型,但烟蚜田间种群动态同时受环境条件如温湿度等因素影响^[37],其中温度是影响害虫种群动

态的重要因子^[38]。本研究表明,山东烟田烟蚜种群动态为双峰型曲线,高峰期分别在 5 月下旬至 6 月上旬、7 月上旬至 7 月中旬。气象资料显示,2020、2021 年 5 月下旬至 6 月上旬、7 月上旬至 7 月中旬调查烟区旬平均温度为 16.9~30.9 °C,特别是 2020 年以上 2 个时间段旬平均温度分别为 16.9~28.4 °C、20.1~28.7 °C,与烟蚜发生适宜温度接近^[2];同时上述调查时间段降雨较少,这可能是导致烟蚜种群数量迅速上升的主要原因。在前期对山东烟田烟蚜相关研究中,任广伟等^[23]、王秀芳等^[24]研究认为,烟蚜种群动态为单峰曲线,与本研究结果有较大差异;沈静等^[25]研究认为,烟蚜为双峰曲线,但 2 个高峰期分别发生在 6 月上旬、7 月中旬,在高峰发生时间上与本研究有一定差异,这可能是由他们调查期间的烟草栽培方式、环境因子与本研究不同所致。同时,本研究结果与我国其他烟区烟蚜种群动态研究结论^[12-14,16-18]差别较大或略有差异,进一步说明烟田烟蚜种群动态受烟草栽培方式和环境因子影响,具有区域特性。鉴于当前山东烟田烟蚜发生规律较以前发生较大变化,本研究探明了新型栽培模式下山东烟田烟蚜种群动态,明确了现阶段蚜量高峰发生时间,可为当前山东烟田烟蚜的精准预测预报和有效防控提供时间上的指导。在烟蚜防治中,应当根据烟蚜种群动态,在其发生初期、高峰期来临前喷施微生物药剂压低其虫口数量,在烟蚜发生高峰期如虫口数量仍然较高,可及时喷施高效安全化学药剂控制其发生危害。

生态位是指一个物种占据的物理空间及其在生物群落中的结构与功能作用的关系,描述了物种对资源的利用状况^[28],昆虫生态位与其生物学特性密切相关,同时受环境因子影响。本研究表明,烟蚜在烟草植株垂直方向上的分布为上部叶片>中部叶片>下部叶片,3 个部位烟蚜数量差异显著。邓建华等^[39]研究得出,云南烟草植株垂直方向不同叶片上烟蚜数量,其总体趋势是烟蚜数量自上到下逐渐降低,但没有开展不同位置叶片烟蚜数量差异性分析。本研究分析明确了山东烟草植株垂直方向上烟蚜分布具有显著差异,可为烟蚜的精准预测预报和有效防控提供空间上的指导。在实际生产中,在应用药剂防治烟蚜时,应当特别注意烟草植株中、上部叶片药液的喷施,达到事半功倍的效果。

昆虫种群的空间格局反映了种群个体某一时刻的行为和诸环境因素的叠加影响,以及选择栖息环境和空间结构的异质性程度^[40],通过研究昆虫种

群空间分布,将有助于分析其种群特性,揭示其空间分布状况,从而为预测预报和防治策略的制定提供理论依据^[41]。本研究中,烟田烟蚜空间分布特征与我国其他烟区的研究结果^[11,19-22]基本一致,说明在山东烟田烟蚜空间分布特征与我国其他烟区相似。调查期间烟蚜呈聚集分布,填补了山东烟田烟蚜空间分布特征缺乏研究的空白。通过进一步计算出不同防治指标、不同密度下烟蚜的理论抽样数,从而提出抽样方法,对于当前新型栽培模式下山东烟田烟蚜的田间预测预报及防治策略的制定具有重要的指导意义。

本试验仅研究了当前栽培模式下山东烟田烟蚜种群动态与空间分布,并未对烟蚜田间种群特征的影响因子进行深入分析。烟草田间栽培条件、环境条件(温度、湿度、光照等)等因子对烟田烟蚜种群动态与空间分布的影响还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 朱贤朝. 中国烟草病虫害防治手册[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
ZHU X C. China tobacco pest control manual[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002.
- [2] 秦西云,李正跃. 烟蚜生长发育与温度的关系研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 365-370.
QIN X Y, LI Z Y. Effect of temperature on growth, development, reproduction and survive of *Myzus persicae*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(4): 365-370.
- [3] 王淑枝,王育红,张自启,等. 洛阳市测报灯下昆虫种群结构及主要害虫发生动态[J]. 河南农业科学, 2023, 52(9): 110-121.
WANG S Z, WANG Y H, ZHANG Z Q, et al. Insect population structure and occurrence dynamics of main pests in Luoyang city under forecast lamp[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2023, 52(9): 110-121.
- [4] KURL S, PARIHAR N, MALIK K. Population estimation of *Myzus persicae*(Sulzer) on cauliflower[J]. Journal of Experimental Zoology India, 2010, 13: 243-245.
- [5] NEELAM P, KURL, KAMLESH M. Spatial distribution of aphid, *Myzus persicae*(Sulzer) on cauliflower[J]. Journal of Experimental Zoology India, 2010, 13(1): 91-93.
- [6] KUMAR J, PAUL B. Population dynamics of aphid, *Myzus persicae*(Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) on different *Brassica* species[J]. Agricultural Science Digest-A Research Journal, 2017, 37(1): 64-67.
- [7] SHWETA P, CHANDRA P S. Seasonal and temporal variation in population of *Myzus persicae* on *Brassica carinata* in different dates of sowing[J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2017, 5(6): 503-506.
- [8] VERMA S, SHARMA P, CHANDEL R, et al. Spatial distribution of green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer and its parasitoid, *Aphelinus asychis* Walker in bell pepper under polyhouse conditions[J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2018, 6: 776-780.
- [9] 王小强,曹馨月,刘虹玲,等. 桃蚜在辣椒上的空间分布及抽样技术研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(27): 158-164.
WANG X Q, CAO X Y, LIU H L, et al. Spatial distribution pattern of *Myzus persicae* in chendu pepper regions and sampling techniques[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(27): 158-164.
- [10] 徐树云. 烟蚜消长的初步研究[J]. 云南农业科技, 1980(2): 32-34.
XU S Y. Preliminary study on the growth and decline of *Myzus persicae*[J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 1980(2): 32-34.
- [11] 张运慈,陈新,贺钟麟,等. 烟蚜空间分布与抽样技术的研究[J]. 中国烟草, 1988, 9(4): 1-3.
ZHANG Y C, CHEN X, HE Z L, et al. Study on spatial distribution and sampling technology of *Myzus persicae*[J]. Chinese Tobacco Science, 1988, 9(4): 1-3.
- [12] 孟庆雷,夏祖和,李甲林,等. 烟蚜及其天敌种群动态与综合防治[J]. 烟草科技, 1996, 29(4): 43-45.
MENG Q L, XIA Z H, LI J L, et al. Population dynamics and integrated control of *Myzus persicae* and its natural enemies[J]. Tobacco Science & Technology, 1996, 29(4): 43-45.
- [13] 巫厚长,程遐年,邹运鼎. 烟蚜种群的时空动态及抽样技术研究[J]. 安徽农学通报, 1999, 5(2): 18-21.
WU H C, CHENG X N, ZOU Y D. Temporal and spatial dynamics and sampling technique of *Myzus persicae* populations [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 1999, 5(2): 18-21.
- [14] 李月秋,彭宏梅,梁仙. 云南大理烟区烟蚜种群在时间序列上的变化趋势[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(4): 350-353.
LI Y Q, PENG H M, LIANG X. Variation tendency in temporal of *Myzus persicae* population in Dali Yunnan[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2003, 18(4): 350-353.
- [15] YANG S, YANG S Y, ZHANG C P, et al. Population dynamics of *Myzus persicae* on tobacco in Yunnan Province, China, before and after augmentative releases of *Aphidius gifuensis*[J]. Biocontrol Science and Technology, 2009, 19(2): 219-228.
- [16] 龙建忠,陈永年,周志成,等. 湖南烟区烟蚜种群变动规律及其测报技术[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006, 32(2): 154-157.
LONG J Z, CHEN Y N, ZHOU Z C, et al. On the dynamics of population of tobacco aphids and its prediction techniques in Hunan tobacco region[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2006, 32(2): 154-157.
- [17] 李晓宇,成巨龙,张家韬,等. 汉中烟区烟蚜发生动态及烟蚜茧蜂防控效果分析[J]. 烟草科技, 2017, 50(5): 19-23.
LI X Y, CHENG J L, ZHANG J T, et al. Population dynamics of *Myzus persicae*(Sulzer) in Hanzhong tobacco planting areas and control effects of *Aphidius gifuensis* Ashmead[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(5): 19-23.
- [18] 刘杨,卞建锋,伍仁军,等. 烟蚜种群动态及烟蚜茧蜂田间释放控制效果[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(24): 155-157.
LIU Y, BIAN J F, WU R J, et al. Population dynamics of *Myzus persicae*(Sulzer) and control effects of *Aphidius gifuensis* ashmead in the tobacco fields[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(24): 155-157.
- [19] 陈永年,文礼章,潘桐. 烟蚜 *Myzus persicae* 的空间分布型及

- 其抽样技术[J]. 河南农业大学学报, 1990, 24(4): 436-443.
- CHEN Y N, WEN L Z, PAN T. Spatial patterns of green tobacco aphides *Myzus persicae* (Sulzer) and sampling techniques [J]. Journal of Henan Agricultural University, 1990, 24(4): 436-443.
- [20] 巫厚长, 徐光曙, 房明惠, 等. 烟蚜及其捕食性天敌草间小黑蛛种群空间结构分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1039-1042.
- WU H C, XU G S, FANG M H, et al. Spatial structure of populations *Myzus persicae* and its predatory natural enemy *Erigonidium graminicola* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(6): 1039-1042.
- [21] 黄本荣. 三明烟区烟蚜空间分布型的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- HUANG B R. The research on spatial distribution pattern of *Myzus persicae* in Sanming[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2009.
- [22] 王小强, 刘虹伶, 蒲德强, 等. 四川凉山烟区烟蚜种群空间分布型及抽样技术研究[J]. 中国烟草科学, 2017, 38(6): 34-40.
- WANG X Q, LIU H L, PU D Q, et al. Spatial distribution pattern and sampling technique of *Myzus persicae* in Liangshan tobacco regions of Sichuan Province [J]. Chinese Tobacco Science, 2017, 38(6): 34-40.
- [23] 任广伟, 史万华, 张连涛. 山东烟蚜种群动态变异及其两种色型的消长规律研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18(4): 65-66.
- REN G W, SHI W H, ZHANG L T. Studies on variation of *Myzus persicae* (Sulzer) population and dynamics of two color forms in tobacco field of Shandong Province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2002, 18(4): 65-66.
- [24] 王秀芳, 任广伟, 王新伟, 等. 烟蚜在山东烟田的发生与消长[J]. 昆虫知识, 2008, 45(3): 470-472.
- WANG X F, REN G W, WANG X W, et al. Seasonal occurrence and abundance of *Myzus persicae* in tobacco fields of Shandong [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2008, 45(3): 470-472.
- [25] 沈静, 魏代福, 刘智智, 等. 鲁南主产烟区烟蚜及其主要天敌的田间消长动态研究[J]. 山东农业科学, 2009(7): 89-91.
- SHEN J, WEI D F, LIU Z Z, et al. Field dynamics of tobacco aphids and their main natural enemies in the main tobacco producing areas of southern Shandong [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2009(7): 89-91.
- [26] 朱鹏飞, 杨益众, 陆自强, 等. 栽培措施对烟蚜和烟草花叶病关系的初步研究[J]. 植物保护, 1992, 18(4): 20-21.
- ZHU P F, YANG Y Z, LU Z Q, et al. Preliminary study on the relationship between tobacco aphid and tobacco mosaic disease by cultivation measures [J]. Plant Protection, 1992, 18(4): 20-21.
- [27] 侯茂林, 王福莲, 万方浩. 栽培措施对烟田前期烟蚜和烟蚜茧蜂种群数量的影响[J]. 昆虫知识, 2004, 41(6): 563-565.
- HOU M L, WANG F L, WAN F H. Influence of farming measures on population size of *Myzus persicae* and *Aphidius gifuensis* in the early growth season in tobacco field [J]. Entomological Knowledge, 2004, 41(6): 563-565.
- [28] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- DING Y Q. Insect mathematical ecology [M]. Beijing: Science Press, 1994.
- [29] 唐启义. DPS 数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2010: 489-491.
- TANG Q Y. DPS data processing system [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2010: 489-491.
- [30] TAYLOR L R. Aggregation, variance and the mean [J]. Nature, 1961, 189: 732-735.
- [31] TAYLOR L R, TAYLOR R A. Aggregation, migration and population mechanics [J]. Nature, 1977, 265: 415-421.
- [32] IWAO S. Application of the method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size [J]. Population Ecology, 1972, 14(1): 97-128.
- [33] 刘永华, 曹存宏, 袁小琴, 等. 樟子松红斑病空间分布及抽样技术研究[J]. 山西农业科学, 2020, 48(8): 1313-1315.
- LIU Y H, CAO C H, YUAN X Q, et al. Study on spatial distribution pattern and sampling technique of *Dothistroma pini hulbaryi* [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2020, 48(8): 1313-1315.
- [34] 陈方. 在昆虫学研究中正确应用 Iwao 的理论抽样数公式[J]. 西南林学院学报, 1992, 12(1): 105-107.
- CHEN F. Using iwao's formula of theoretic sample size correctly in entomologic research [J]. Journal of Southwest Forestry College, 1992, 12(1): 105-107.
- [35] IWAO S. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations [J]. Population Ecology, 1968, 10(1): 1-20.
- [36] 刘艳红, 张权义, 贾栋. 桃蚜种群消长规律预测模型的建立与应用[J]. 山西农业科学, 2019, 47(7): 1246-1249.
- LIU Y H, ZHANG Q Y, JIA D. Establishment and application of prediction model of *Myzus persicae* population fluctuation [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(7): 1246-1249.
- [37] 牟吉元. 普通昆虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 352-365.
- MOU J Y. General entomology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 352-365.
- [38] 崔旭红, 郑丹, 蒲桂林, 等. 温度对 B 型、Q 型烟粉虱生长发育、存活和繁殖的影响[J]. 植物保护学报, 2009, 36(6): 571-572.
- CUI X H, ZHENG D, PU G L, et al. Effects of temperature on development, survival and fecundity of B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Journal of Plant Protection, 2009, 36(6): 571-572.
- [39] 邓建华, 李天飞, 吴兴富, 等. 烟蚜在烟株上的垂直分布及其分布型[J]. 动物学研究, 1998, 19(6): 446-452.
- DENG J H, LI T F, WU X F, et al. Vertical distribution and distribution pattern of *Myzus persicae* on tobacco plants [J]. Zoological Research, 1998, 19(6): 446-452.
- [40] 尹河龙, 刘贤谦, 马瑞燕, 等. 桃小食心虫种群空间分布型及抽样技术研究[J]. 山西农业科学, 2010, 38(6): 43-45.
- YIN H L, LIU X Q, MA R Y, et al. Study on the spatial pattern and sampling technique of *Carposina niponensis* population [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2010, 38(6): 43-45.
- [41] 蔡贤如, 高聿清. Logistic 方程参数优化估计方法研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1995, 26(1): 64-67.
- CAI X R, GAO Y Q. On the parameter optimization estimation of logistic equation [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1995, 26(1): 64-67.