



郭艳兰, 张学金, 焦旭东, 牟德生, 金娜, 刘伟, 李栋, 董存元. 甘肃武威地区酿酒葡萄园叶蝉种群动态及其与气象因子的关系研究[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (2): 358–364.

甘肃武威地区酿酒葡萄园叶蝉种群动态及其与气象因子的关系研究

郭艳兰^{1*}, 张学金¹, 焦旭东², 牟德生¹, 金娜¹, 刘伟¹, 李栋¹, 董存元¹

(1. 武威市林业科学研究院, 甘肃武威 733000; 2. 武威市林业综合服务中心, 甘肃武威 733000)

摘要: 为明确甘肃武威地区酿酒葡萄园叶蝉种群发生动态及其与气象因子之间的关系。连续2年应用黄板诱集法对酿酒葡萄园叶蝉种群动态进行定时定点监测; 采用相关分析、回归分析、通径分析、主成分分析、灰色关联度等方法分析其与气象因子的关系。结果表明, 酿酒葡萄园叶蝉一年有4个发生高峰, 分别为5月底6月初、7月中旬、8月上中旬和9月中旬, 5月底6月初种群数量达最高, 为集中为害关键期。相关性分析结果表明, 叶蝉种群动态与平均最低温度、平均最高相对湿度呈显著负相关 ($P=0.0129$; $P=0.0465$), 与平均相对湿度、平均最低相对湿度呈极显著负相关 ($P=0.0031$; $P=0.0041$)。回归分析表明, 平均最低温度、平均相对湿度、平均最高相对湿度和平均最高相对湿度综合影响叶蝉种群变化, 其中平均相对湿度和平均最低相对湿度是主要因素, 对叶蝉种群动态的反向直接作用最大, 平均最低温度和平均最高相对湿度对叶蝉种群动态的影响主要通过平均相对湿度和平均最低相对湿度间接发生。主成分分析表明, 平均相对湿度和平均最低相对湿度是主要成分, 累积方差贡献率达85%。灰色关联度分析结果表明, 平均相对湿度和平均最低相对湿度与叶蝉种群数量变化的关联度最大, 是影响种群动态的关键影响因子。平均相对湿度和平均最低相对湿度是影响酿酒葡萄园叶蝉种群数量变化的主要气象因子。

关键词: 酿酒葡萄; 叶蝉; 种群动态; 平均相对湿度; 平均最低相对湿度; 甘肃

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 02-0358-07

Study on the population dynamics of leafhopper and its relationship with the meteorological factors in wine vineyard in Wuwei of Gansu

GUO Yan-Lan¹, ZHANG Jin-Xue¹, JIAO Xu-Dong², MU De-Sheng¹, JIN Na¹, LIU Wei¹, LI Dong¹, DONG Cun-Yuan¹ (1. Wuwei Academy of Forestry, Wuwei 733000, Gansu Province, China; 2. Forestry Comprehensive Service Center of Wuwei, Wuwei 733000, Gansu Province, China)

Abstract: In order to clarify the relationships between the quantitative dynamics of leafhopper population and climatic factors in wine vineyard orchard of Gansu, the population dynamics of leafhopper were regularly monitored using yellow sticky traps in 2017 to 2018, then their relationship with meteorological factors were analyzed by correlation analysis, regression analysis, path analysis, principal components analysis and grey relational analysis. The results showed that the leafhopper had four quantitative peaks per year in wine vineyard, there were end of May to early June, mid-July, first and second ten days of August and the middle of September. The population number of leafhopper was the highest in the end of May to early June, which as the damage key stage. The correlativity results indicated that the population dynamics

基金项目: 甘肃省林业科技项目 (2015kj021); 甘肃省创新基地与人才计划项目 (18JR2TH001)

* 作者简介: 郭艳兰, 女, 硕士生, 林业工程师, 研究方向为有害生物防治, E-mail: guoyanlan86@163.com

收稿日期 Received: 2020-03-03; 接受日期 Accepted: 2020-05-18

of leafhopper were significantly negatively correlated to mean minimum temperature ($P = 0.0129$), mean highest relative humidity ($P = 0.0465$), and high significantly negatively correlated to mean relative humidity ($P = 0.0031$), mean lowest relative humidity ($P = 0.0041$). The regression analysis results described that the population dynamics of leafhopper were affected comprehensively by mean minimum temperature, mean relative humidity, mean highest relative humidity and mean lowest relative humidity. The average relative humidity and average lowest relative humidity were the key factors that lead to the highest inverse and direct effect on the leafhopper numbers, and the influence of mean minimum temperature and average highest relative humidity both occurred indirectly through average relative humidity and average highest relative humidity. The principal components analysis made it clear that the average relative humidity and mean lowest relative humidity were the main factors which affected 85% population dynamics of leafhopper. The grey relational analysis showed that the key factors were the average relative humidity and the average lowest relative humidity which the degree of relation were maximum. The quantitative dynamics of leafhopper mainly influenced by mean relative humidity and mean lowest relative humidity.

Key words: Wine grape; leafhopper; population dynamics; mean relative humidity; mean lowest relative humidity; Gansu

酿酒葡萄 *Vitis vinifera* 是生产葡萄酒的原料,也是葡萄生产的重要组成部分。葡萄叶蝉隶属于半翅目 Hemiptera 叶蝉科 Cicadellidae 小叶蝉亚科 Typhlocybinae, 是葡萄生产中的重要害虫,主要以成、若虫栖息于葡萄叶背面刺吸为害,造成叶片失绿、脱落,阻碍光合作用和枝条发育,从而影响葡萄产量和品质 (Gnezdilov *et al.*, 2008; 王慧卿等, 2011)。据报道,葡萄叶蝉在很多酿酒葡萄产区已成为害虫优势群体,对酿酒葡萄产业的健康发展造成了严重威胁 (陈玉宝等, 2010; 吕兴等, 2013; 王颖等, 2016; 漆录平, 2018)。

对害虫发生规律的研究是对其进行有效控制的基础,有助于把握最佳防治时机,从而实现有害生物综合治理的目标。影响害虫发生的因子众多,其中,气象因子是重要因素,它可直接影响昆虫的生长发育和繁殖,从而造成害虫发生期、发生量、危害程度等的不同 (方精云, 2000; 常晓娜等, 2008)。因此,研究害虫种群发生动态及其与气象因子间的关系对于防治关键期的掌握、预测预报以及科学有效防控措施的制定等具有重要的指导意义。目前,国内学者对酿酒葡萄园的叶蝉生物学特性、种群消长规律、防治措施、天敌等方面已有相关研究 (沙月霞等, 2011; 余金咏等, 2013; 赵荣华等, 2013; 陈萍等, 2014; 曹文秋等, 2017), 但有关气象因子对酿酒葡萄园叶蝉种群动态的影响还未见相关报道。

本研究连续 2 a 对酿酒葡萄园葡萄叶蝉种群动

态进行了监测,并分析了其与气象因子的相关性,旨在揭示该地区酿酒葡萄叶蝉种群变化规律及影响其变化的主要原因,为该地区酿酒葡萄叶蝉的预测预报及有效防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

试验地点位于武威市林业科学研究院院内。供试酿酒葡萄品种为贵人香,面积 2.3 hm^2 , 篱架栽培,南北向,株行距 $3 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, 8 年生。葡萄园北靠围墙,西、南邻苗圃地。园区管理精细,定期进行灌水、修剪、除草、施肥等。8-9 月园区内每隔 2 周喷洒 1 次波尔多液预防病害发生,全年不使用杀虫剂。

1.2 研究方法

2017-2018 年,自酿酒葡萄出土萌芽至 10 月 1 日,在酿酒葡萄园内根据棋盘式取样法选取 10 个点,在距地面高 1.2 m 处悬挂 $40 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ 的黄色诱虫板,诱虫板两侧均涂有粘虫胶。诱虫板由北京中捷四方生物科技有限公司生产。每 7 d 调查一次 (如遇雨天则顺延),记录诱虫板上葡萄叶蝉成虫数量,并更换诱虫板。

1.3 气象数据采集

气象数据由武威市林业科学研究院院内气象站点采集。根据 2 次调查时间点之间的原始气象数据计算平均温度、平均相对湿度、降雨量等,

得到后一个调查时间点对应的平均最高温度 X_1 ($^{\circ}\text{C}$)、平均最低温度 X_2 ($^{\circ}\text{C}$)、平均温度 X_3 ($^{\circ}\text{C}$)、平均相对湿度 X_4 (%)、降雨量 X_5 (mm)、平均最高相对湿度 X_6 (%) 和平均最低相对湿度 X_7 (%)。

1.4 数据统计及分析

葡萄叶蝉种群数量为当日所有调查点数量的总合, 酿酒葡萄叶蝉种群动态变化图采用 Excel 进行制作。

不同年度间叶蝉种群差异应用 LSD 法进行方差分析; 采用 SPSS 25.0 统计分析软件以调查日葡萄叶蝉种群数量为因变量, 以平均最高温度 X_1 ($^{\circ}\text{C}$)、平均最低温度 X_2 ($^{\circ}\text{C}$)、平均温度 X_3 ($^{\circ}\text{C}$)、平均相对湿度 X_4 (%)、降雨量 X_5 (mm)、平均最高相对湿度 X_6 (%) 和平均最低相对湿度 X_7 (%) 为自变量进行相关分析; 以调查日葡萄叶蝉种群数量为因变量, 平均最低温度 X_2 ($^{\circ}\text{C}$)、平均相对湿度 X_4 (%)、平均最高相对湿度 X_6 (%) 和平均最低相对湿度 X_7 (%) 为自变量进行回归分析、通径分析及主成分分析。应

用 Excel 分析葡萄叶蝉种群数量与平均最高温度 X_1 ($^{\circ}\text{C}$)、平均最低温度 X_2 ($^{\circ}\text{C}$)、平均温度 X_3 ($^{\circ}\text{C}$)、平均相对湿度 X_4 (%)、降雨量 X_5 (mm)、平均最高相对湿度 X_6 (%) 和平均最低相对湿度 X_7 (%) 的灰色关联系数。

2 结果与分析

2.1 酿酒葡萄园叶蝉种群消长规律

2017–2018 年酿酒葡萄园叶蝉种群发生趋势基本一致, 在整个酿酒葡萄生长期共有 4 个高峰期 (图 1)。第 1 个发生高峰期在 5 月底至 6 月初, 此时葡萄叶蝉的种群数量最高, 且明显高于其他 3 个高峰期, 2017 和 2018 年第 1 个发生高峰期叶蝉种群数量分别达 269、480 头; 第 2、3、4 个种群发生高峰期分别在 7 月中旬、8 月上中旬、9 月中旬, 种群数量均在 100 头以下; 2018 年虫口密度大于 2017 年, 但并无显著差异 ($F = 2.8317$, $P = 0.1002 > 0.05$)。

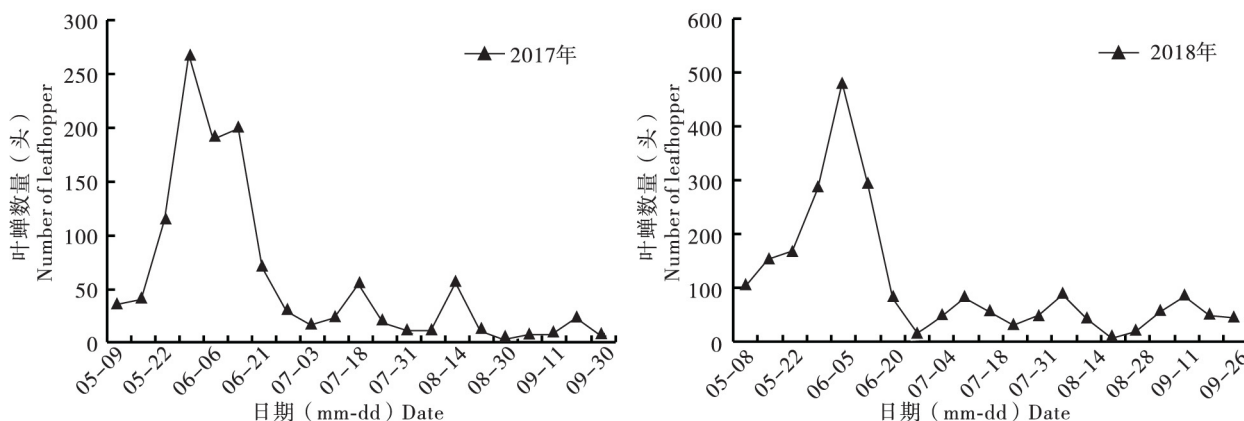


图 1 2017–2018 年酿酒葡萄园叶蝉种群动态

Fig. 1 Occurrence dynamics of leafhopper in wine vineyard in 2017 and 2018

2.2 气象因素对葡萄叶蝉种群动态的相关性分析

平均最高温度 (X_1)、平均最低温度 (X_2)、平均温度 (X_3)、平均相对湿度 (X_4)、降雨量 (X_5)、平均最高相对湿度 (X_6)、平均最低相对湿度 (X_7) 与叶蝉的发生均呈负相关 (表 1)。其中, 叶蝉种群动态与平均相对湿度 (X_4) 和平均最低相对湿度 (X_7) 的相关性达极显著水平 ($P < 0.01$), 与平均最低温度 (X_2) 和平均最高相对

湿度 (X_6) 达显著水平 ($P < 0.05$), 与平均最高温度 (X_1)、平均温度 (X_3) 和降雨量 (X_5) 的相关性均不显著 ($P > 0.05$)。由此表明, 平均最低温度 (X_2)、平均相对湿度 (X_4)、平均最高相对湿度 (X_6) 和平均最低相对湿度 (X_7) 对酿酒葡萄园叶蝉种群数量的变化有较大影响, 而平均最高温度 (X_1)、平均温度 (X_3) 和降雨量 (X_5) 对叶蝉种群变化影响较小。

表 1 酿酒葡萄园叶蝉种群动态与气象因子的相关性分析

Table 1 Correlation analysis of the population dynamics of leafhopper and meteorological factors in wine vineyard

因子 Factors	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	Y
X ₁		0.5949**	0.9345**	-.0203	-0.1363	0.3579*	0.2299	-0.0626
X ₂			0.8150**	0.6056**	0.3362*	0.3637*	0.4520**	-0.3807*
X ₃				0.2038	0.0334	0.3626*	0.3035	-0.1729
X ₄					0.5082**	0.1310	0.354*	-0.4458**
X ₅						0.0647	0.1873	-0.2632
X ₆							0.7626**	-0.3090*
X ₇								-0.4334**

注: * 表示相关性差异显著 ($P < 0.05$), ** 表示相关性差异极显著 ($P < 0.01$)。Note: * meant the difference was significant at 0.05 level , ** meant the difference was significant at 0.01 level.

2.3 气象因素对葡萄叶蝉种群动态的回归分析

根据相关性分析结果,以葡萄叶蝉诱捕量 (Y) 为因变量,以平均最低温度 (X₂)、平均相对湿度 (X₄)、平均最高相对湿度 (X₆)、平均最低相对湿度 (X₇) 为自变量进行回归分析,建立种群数量与气象因子的回归方程。

$$Y = 331.0207 - 1.3675 X_2 - 2.4469 X_4 - 0.2919 X_6 - 1.7668 X_7$$

上述回归方程中, F 值为 3.7554, 显著性概率 (P) 为 0.0116 < 0.05, 表明回归模型显著, 可以用于叶蝉种群发生的预测预报。且分析结果表明, 平均最低温度 (X₂)、平均相对湿度 (X₄)、平均最高相对湿度 (X₆) 和平均最高相对湿度 (X₇) 4 因素综合影响着葡萄叶蝉种群的发生。

2.4 气象因素对葡萄叶蝉种群动态的通经分析

依据回归分析结果, 将综合影响叶蝉种群动

态的平均最低温度 (X₂)、平均相对湿度 (X₄)、平均最高相对湿度 (X₆) 和平均最低相对湿度 (X₇) 4 个因素根据相关系数的组成效应, 把各气象因子 (X_i) 与种群数量 (Y) 的相关系数剖分为直接作用和通过其他因子 (X_j) 的间接影响两部分进行通径分析 (何东进等, 2000)。结果表明 (表 2), 平均相对湿度 (X₄) 的反向直接作用最大, 其次是平均最低相对湿度 (X₇), 且两个因子的反向直接作用均大于反向间接作用; 平均最低温度 (X₂) 和平均最高相对湿度 (X₆) 的反向间接作用大于反向直接作用, 平均最低温度 (X₂) 的反向间接作用主要通过平均相对湿度 (X₄) 发生, 而平均最高相对湿度 (X₆) 的反向间接作用主要通过平均最低相对湿度 (X₇) 发生。综上所述, 平均相对湿度 (X₄) 和平均最低相对湿度 (X₇) 是影响酿酒葡萄园葡萄叶蝉种群变化最重要的气象因子。

表 2 酿酒葡萄园叶蝉种群动态与气象因子的通径分析

Table 2 Path analysis between leafhopper population dynamics and meteorological factors

气象因素 Meteorological factors	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct path coefficient	间接作用总和 Total of indirect path coefficient	间接作用 Indirect path coefficient			
				X ₂	X ₄	X ₆	X ₇
X ₂	-0.3807	-0.0553	-0.3255	-0.1902	-0.0184		-0.1169
X ₄	-0.4458	-0.3141	-0.1317	-0.0335		-0.0066	-0.0916
X ₆	-0.4334	-0.0505	-0.2585	-0.0201	-0.0411		-0.1972
X ₇	-0.3090	-0.2586	-0.1748	-0.0250	-0.1113	-0.0385	

2.5 气象因素对葡萄叶蝉种群动态的主成分分析

以葡萄叶蝉种群数量为因变量, 平均最低温度 (X_2)、平均相对湿度 (X_4)、平均最高相对湿度 (X_6) 和平均最低相对湿度 (X_7) 4 个因子为自变量, 对影响酿酒葡萄园叶蝉种群发生数量气象因素进行主成分分析。结果表明 (表 3), 第一主成分至第二主成分的方差贡献率分别为 58.80%、26.66%, 累积方差贡献率达 85.46%, 表明前 2 个主成分已反映出影响酿酒葡萄园叶蝉种群变化气象因子 85% 的信息, 因此可以作为气象因子选择的综合指标来进行分析。

各气象因子的主成分荷载结果显示 (表 4), 第一主成分中平均最低相对湿度 (X_7) 的荷载最大, 为 0.8604, 其次为平均最低温度 (X_2), 主成分荷载为 0.7830, 说明第一主成分中平均最低相对湿度 (X_7) 和平均最低温度 (X_2) 是主要影响因素; 第二主成分中平均最低温度 (X_2) 和平均相对湿度 (X_4) 的荷载分别为 0.4076、0.6603, 表明第二主成分主要由平均相对湿度 (X_4) 决定, 平均最高相对湿度 (X_6) 的主成分荷载为 -0.5796, 表明其为限制种群增长的主要因素。

2.6 气象因素对葡萄叶蝉种群动态的灰色关联度分析

2017 年, 平均最高温度 (X_1)、平均最低温度 (X_2)、平均温度 (X_3)、平均相对湿度 (X_4)、降雨量 (X_5)、平均最高相对湿度 (X_6) 和平均最低相对湿度 (X_7) 的关联度分别为 0.8204、0.8183、0.8340、0.9481、0.8689、0.8264、0.9629, 关联度大小排序为 $X_7 > X_4 > X_5 > X_3 > X_6 > X_1 > X_2$, 2018 年各气象因子关联度大小排序为

$X_4 > X_7 > X_5 > X_3 > X_1 > X_6 > X_2$, 2017 和 2018 年综合关联度顺序为 $X_4 > X_7 > X_5 > X_3 > X_6 > X_1 > X_2$ 。由此说明, 对酿酒葡萄园葡萄叶蝉种群动态影响最大的因子是平均最低相对湿度和平均相对湿度, 其次为降雨量, 影响最小的为平均最低温度 (表 5)。

综合以上分析与比较说明, 平均相对湿度和平均最低相对湿度是影响酿酒葡萄园叶蝉种群数量变化的主要气象因子。

表 3 酿酒葡萄园叶蝉种群动态与气象因子的主成分分析

Table 3 Principal components analysis of population dynamics of leafhopper and meteorological factors

主成分 Prin	特征值 Eigenvalue	贡献率 (%) Proportion	累积贡献率 Proportion cumulative
1	2.3518	58.7960	58.7960
2	1.0665	26.6618	85.4578
3	0.3848	9.6208	95.0786
4	0.1969	4.9214	100.0000

表 4 气象因子的主成分荷载

Table 4 Weight values of climate factor

因子 Element	成分 Factor	
	1	2
X_2	0.7830	0.4076
X_4	0.6499	0.6603
X_6	0.7590	-0.5796
X_7	0.8604	-0.3584

表 5 酿酒葡萄园叶蝉种群数量动态与气象因子的灰色关联度分析

Table 5 Grey relational analysis of the population dynamics of leafhopper and meteorological factors in wine vineyard

年份 Year	关联度 Relation degree						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
2017	0.8204	0.8183	0.8340	0.9481	0.8689	0.8264	0.9629
2018	0.8333	0.8159	0.8349	0.9821	0.9096	0.8290	0.9622
平均 Average	0.8269	0.8171	0.8344	0.9651	0.8892	0.8277	0.9626

3 结论与讨论

酿酒葡萄园叶蝉种群动态监测结果表明, 不同年度间其种群消长动态基本一致, 在酿酒葡萄

生长期共有 4 个发生高峰, 5 月底至 6 月初为第 1 个发生高峰期, 此时正值酿酒葡萄花期, 大量越冬代成虫进入葡萄园进行为害, 种群发生数量较高, 此后葡萄叶蝉世代重叠, 7 月中旬、8 月上中旬、9 月中旬分别为葡萄叶蝉第 2、3、4 个发生高

峰。这与漆录平(2018)报道甘肃河西走廊葡萄叶蝉6月初第1代成虫发生,8-10月为第2代、第3代成虫发生盛期,王少山等(2011)报道葡萄斑叶蝉 *Ezythroneura apicahs* Nawa 在石河子地区5月底开始迁移至葡萄上为害,7月底为种群始盛期,8月底达最高峰,陈玉宝等(2010)报道葡萄二星叶蝉在新疆昌吉6月上旬出现第1代若虫,中下旬发生第1代成虫,7月中旬发生第2代若虫,8月出现第2代成虫,王慧卿等(2010)报道葡萄斑叶蝉在吐鲁番地区每年4月中旬开始迁入葡萄园,8月达到高峰均存在一定差异,且已有的报道中,葡萄叶蝉的发生期与高峰期也存在着差异,主要原因是不同报道中的研究区域、寄主植物不同。另外,也可能与栽培管理措施等外界干扰因素有关。为有效预防病害发生,本试验区域果园在管理过程中,7-9月每间隔15 d 喷施一次杀菌剂,化学药剂的喷施可能对葡萄叶蝉种群数量增长具有一定的干扰。但关于葡萄叶蝉后期种群的变化是否受药剂影响及药剂影响作用如何等还需进一步深入研究。

温度、湿度等气象因素影响叶蝉的发生与繁殖,且因叶蝉种类不同其影响不同(李慧玲和林乃铨,2012; 雒珺瑜等,2015; 周天跃,2015)。毛迎新等报道,气温是影响假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* 种群变动的最主要因子,其次是降雨和湿度,在一定温度范围内,最高温度的升高不利于种群增长,最低温度的提高有利于假眼小绿叶蝉种群增长(毛迎新等,2014); 雒珺瑜等研究认为,影响棉叶蝉 *Empoasca biguttula* 的关键气象因子是1-4月的降雨量,其次是1-8月的相对湿度,而平均气温与其相关性很低(雒珺瑜等,2015)。

本文的相关性分析表明,酿酒葡萄园叶蝉种群动态与平均最低温度(X_2)和平均最高相对湿度(X_6)呈显著负相关,与平均相对湿度(X_4)和平均最低相对湿度(X_7)呈极显著负相关;回归分析、通径分析、主成分分析及灰色关联度分析表明,叶蝉种群的变化受这4个因素的综合影响,其中以平均相对湿度(X_4)和平均最低相对湿度(X_7)的影响最大。说明湿度是影响酿酒葡萄园叶蝉种群变化的最主要气象因子,其次是温度。这主要与武威地区特殊的气候条件有关。22~28℃为葡萄斑叶蝉较适宜的生长发育温度,以28℃为最佳(马德英等,2004)。武威地区干旱

少雨、昼夜温差大,5-9月月平均最高气温在22.8℃以上,处于叶蝉生长发育所需的温度范围,而5-9月月平均最低气温最低达7.18℃,对叶蝉的生长发育非常不利。由此可知,较大的温差对叶蝉种群的影响较大。此外,该地区7-8月降雨量较多,为全年最高,月平均相对湿度最高达81.37%,而平均最低相对湿度仅为22.6%,说明平均相对湿度的增大和平均最低相对湿度的减小均不利于叶蝉的发生。

气象因素对昆虫的影响是多方面的。本文在分析气象因素的影响时,仅选择了温度、湿度、降雨及与这3种因素密切相关的气象指标对酿酒葡萄园叶蝉种群动态的影响进行了分析,关于其它气象因子,比如日照时数、风速、气压等对叶蝉种群的变化是否有影响还有待进一步研究,且本文虽建立了预测预报多元回归方程,但方程的准确性及稳定性还有待进一步研究及验证。此外,除气象因素外,葡萄叶蝉的发育及繁殖还受自身繁殖能力、天敌、寄主等因素的影响,因此,酿酒葡萄园叶蝉种群数量变化过程中,各因素对其影响如何,也还需要进一步深入系统的研究。

参考文献 (References)

- Cao WQ, Lin SY, Wang YQ, *et al.* A survey of population dynamics of leafhopper, *Arboridia kakogawana* (Matsumura) and parasitoids of vineyard in Turpan [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (2): 396-404. [曹文秋, 林思雨, 王雨晴, 等. 吐鲁番葡萄园葡萄阿小叶蝉发生规律及寄生蜂资源调查 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (2): 396-404]
- Chang XN, Gao HJ, Chen FJ, *et al.* Effect of enviromental moisture and precipitation on insects: A review [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27 (4): 619-625. [常晓娜, 高慧璟, 陈法军, 等. 环境湿度和降雨对昆虫的影响 [J]. 生态学杂志, 2008, 27 (4): 619-625]
- Chen P, Hu ZD. Population dynamics and integrated control technology of grape leafhopper [J]. *Northwest Horticulture*, 2014, 4: 31-32. [陈萍, 胡作栋. 葡萄叶蝉发生规律与综合防治技术 [J]. 西北园艺, 2014, 4: 31-32]
- Chen YB, Yang T, Wang RL. Occurrence regularity and control techniques of two-star leafhopper on wine grape in Changji of Xinjiang [J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2010, 1: 59-59. [陈玉宝, 杨涛, 王染霖. 新疆昌吉酿酒葡萄二星叶蝉发生规律及防治技术 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010, 1: 59-59]
- Fang JY. Global Ecology: Climate Change and Ecological Response [M]. Beijing: High Education Press, 2000: 71-82. [方精云. 全球生态学: 气候变化与生态响应 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 71-82]

- Gnezdilov VM, Sugonyaev ES, Artokhin KS. *Arboridaia kakogawana*: A new pest of grapevine in southern Russia [J]. *Bulletin of Insectology*, 2008, 61 (1): 203–204.
- He DJ, Hong W, Cui CY, et al. A path analysis for the top blight of *Phyllostachys heterocycle* [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2000, 20 (3): 203–206. [何东进, 洪伟, 崔春英, 等. 通径分析在毛竹枯梢病研究中的应用 [J]. 福建林学院学报, 2000, 20 (3): 203–206]
- Li HL, Lin NQ. The influence of temperature and humidity on the population dynamics of small green leafhopper at tea garden [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 27 (1): 55–59. [李慧玲, 林乃铨. 温、湿度对假眼小绿叶蝉种群数量及梢内着卵量的影响 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (1): 55–59]
- Luo JY, Zhang S, Wang CY, et al. Correlation between meteorological factors and abundance of non-target pests in cotton fields in Anyang, Henan Province, China [J]. *Journal of Biosafety*, 2015, 24 (3): 232–237. [雒珺瑜, 张帅, 王春义, 等. 棉田非靶标害虫发生丰度与气象因子的关联性分析 [J]. 生物安全学报, 2015, 24 (3): 232–237]
- Lv X, Wang S, Li J, et al. Investigation on main diseases and insect pests of organic wine vineyards in Beijing area [J]. *China Fruits*, 2013, 4: 82–84. [吕兴, 王松, 李进, 等. 北京地区有机酿酒葡萄园主要病虫害发生调查 [J]. 中国果树, 2013, 4: 82–84]
- Ma DY, Xu KT, Wang HQ, et al. Threshold temperature and effective temperature of grape variegated leafhopper, *Zygina apicalis* nymphs in Xinjiang [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2004, 41 (5): 431–433. [马德英, 许克田, 王惠卿, 等. 新疆葡萄斑叶蝉若虫的发育起点温度和有效积温 [J]. 昆虫知识, 2004, 41 (5): 431–433]
- Mao YX, Tan RR, Gong ZM, et al. Relationships between population dynamics of *Empoasca vitis* and meteorological factors in tea plantation [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2014, 53 (24): 6022–6025. [毛迎新, 谭荣荣, 龚自明, 等. 假眼小绿叶蝉种群时序动态及与气象因子的耦合关系 [J]. 湖北农业科学, 2014, 53 (24): 6022–6025]
- Qi LP. Occurrence regularity and control measures of grape leafhopper in Hexi corridor of Gansu Province [J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2018, 2: 40–42. [漆录平. 甘肃河西走廊葡萄叶蝉发生规律与防治措施 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2018, 2: 40–42]
- Sha YX, Fan ZQ, Wang GZ, et al. Population dynamics of *Erythroneura apicalis* in vineyards and evaluation of insecticides [J]. *Plant Protection*, 2011, 3: 152–156. [沙月霞, 樊仲庆, 王国珍, 等. 葡萄斑叶蝉种群消长动态及防治药剂的筛选 [J]. 植物保护, 2011, 3: 152–156]
- Wang Y, Zhang Y, Wang GZ, et al. Research status and control strategy of grape diseases and insect pests in Ningxia [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2016, 57 (8): 22–23. [王颖, 张怡, 王国珍, 等. 宁夏葡萄病虫害研究现状及防治对策 [J]. 宁夏农林科技, 2016, 57 (8): 22–23]
- Wang HJ, Li J, Luan FG, et al. Primary study on main natural enemy resources and control effects of *Erythroneura apicalis* Nawa in Turpan [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (2): 296–300. [王慧卿, 李晶, 栾丰刚, 等. 吐鲁番地区葡萄斑叶蝉天敌资源调查及主要天敌控害作用初步研究 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48 (2): 296–300]
- Wang HJ, Wang DY, Zhang MZ. Life history and occurrence rule of grape leafhopper, *Ezythroneura apicals* (Nawa) in Turpan [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2010, 47 (2): 325–327. [王惠卿, 王登元, 张明智. 吐鲁番葡萄斑叶蝉生活史及发生消长规律研究 [J]. 新疆农业科学, 2010, 47 (2): 325–327]
- Wang SS, Zeng ZB, Xiong JX, et al. Study on grapevine pests in Shihezi region of Xinjiang [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48 (8): 1494–1498. [王少山, 曾治帮, 熊健喜, 等. 石河子垦区葡萄害虫种类及主要害虫田间消长规律研究 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48 (8): 1494–1498]
- Yu JY, Zhao CM, Zhou JH. Trapping effect of ten kinds of colour plates on three major pests in the wine grape fields [J]. *China Plant Protection*, 2013, 33 (4): 24–27. [余金咏, 赵春明, 周金花. 10 种色板对酿酒葡萄 3 种主要害虫的诱捕效果 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33 (4): 24–27]
- Zhao RH, Chen G, Cai JS, et al. Control effects of three botanical insecticides against *Erythroneura apicalis* Nawa [J]. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2013, 41 (19): 8446–8448. [赵荣华, 陈光, 蔡军社, 等. 3 种植物源杀虫剂对葡萄叶蝉的防治效果 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41 (19): 8446–8448]
- Zhou TY. A New Pest in Grape – the Study on Biological Characteristics and Occurrence Regularity *Batracomorphus pandarus* Knight [D]. Shihezi: Shihezi University Master Thesis, 2015: 6–7. [周天跃. 葡萄新害虫—绿长突叶蝉生物学特性及发生规律研究 [D]. 石河子: 石河子大学硕士论文, 2015: 6–7]