

2020年北京房山酿酒葡萄霜霉病发生动态监测

王 慧¹, 张 玮¹, 张秋杰², 吴林娜¹, 宗新颖¹, 李兴红^{1*}

(1. 北方果树病虫害绿色防控北京市重点实验室, 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097;

2. 北京市房山区葡萄种植及葡萄酒产业促进中心, 北京 102488)

摘要 霜霉病是世界范围内葡萄上的一种重要流行性病害。2020年,本研究系统调查了北京市房山区3个酿酒葡萄酒庄中4个不同葡萄品种的霜霉病发生情况,并记录了实时温湿度、降雨数据和用药时间,还分析了葡萄霜霉病的发生与降雨、相对湿度和用药时间的关系以及不同葡萄品种对霜霉病感病性的差异。结果表明:房山3个酿酒葡萄酒庄在2020年5月29日初次观察到霜霉病病叶,6月—8月病叶率增长缓慢,8月份以后,病叶率大幅增加,霜霉病严重。6月—8月期间,有多次降雨和相对湿度大于90%的持续时间达到了病原菌侵入和产孢的条件,但降雨后及时用药减缓了葡萄霜霉病的发展,3个酿酒葡萄酒庄的霜霉病病叶率均低于2.86%。4个品种最终的平均病叶率调查结果表明‘赤霞珠’(病叶率83.19%)和‘梅鹿辄’(63.77%)对霜霉病的感病性要高于‘霞多丽’(40.86%)和‘马瑟兰’(39.71%)。本次调查明确了房山3个酿酒葡萄酒庄的霜霉病发生初始时间和病害发展,分析了4个酿酒葡萄品种在不同气象和用药条件下造成霜霉病病叶率差异的可能原因,为今后葡萄霜霉病的田间防治和管理提供借鉴。

关键词 葡萄; 霜霉病; 病害流行; 感病性; 病叶率

中图分类号: S436.631 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020613

Monitoring on the occurrence of grape downy mildew in Fangshan, Beijing in 2020

WANG Hui¹, ZHANG Wei¹, ZHANG Qiujie², WU Linna¹, ZONG Xinying¹, LI Xinghong^{1*}

(1. *Beijing Key Laboratory of Environment Friendly Management on Fruit Diseases and Pests in North China, Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China*; 2. *Beijing Fangshan Grape Planting and Wine Industry Promotion Center, Beijing 102488, China*)

Abstract Downy mildew is an important epidemic disease on grapes worldwide. Occurrence of downy mildew on four different wine grape varieties were investigated in three wineries in Fangshan district, Beijing in 2020. Meanwhile, air temperature, relative humidity, rainfall and pesticide schedule were recorded, and the relationship between the incidence of grape downy mildew and meteorological and management factors, as well as the difference of susceptibility between four wine grape varieties were analyzed. The results showed that the infected leaves by downy mildew was initially observed in the wineries of Fangshan on May 29th, 2020, and then the percentage of infected leaves increased slowly from June to August. After August, the percentage of infected leaves increased greatly, and downy mildew became serious. From June to August, multiple rainfall and the duration over 90% relative humidity were suitable for pathogen infection and sporulation. However, timely spraying fungicides after rainfall slowed down the disease development. The percentages of infected leaves by grape downy mildew in three places were lower than 2.86% during this period. By comparing the difference of average percentage of infected leaves between four varieties of the wineries, ‘Cabernet Sauvignon’ (83.19% of incidence) and ‘Merlot’ (63.77%) were more susceptible than ‘Chardonnay’ (40.86%) and ‘Marselan’ (39.71%). This survey clarified the occurrence date of downy mildew of different wine grape varieties and their development in Fangshan, Beijing, and the possible reasons that lead to the differences in percentage of infected leaves caused by grape downy mildew between four wine grape varieties under different weather and management

收稿日期: 2020-11-18

修订日期: 2021-01-17

基金项目: 国家葡萄产业技术体系(CARS-29); 国家重点研发计划(2018YFD0201301)

* 通信作者 E-mail: lixinghong1962@163.com

conditions were also analyzed, which provide a reference for field management of grape downy mildew in future.

Key words grape; downy mildew; epidemiology; susceptibility; disease incidence

葡萄霜霉病(grape downy mildew)是一种世界性流行病害,病原菌是葡萄生单轴霉 *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni,属于卵菌门 Oomycota,卵菌纲 Oomycetes,霜霉目 Peronosporales,单轴霉属 *Plasmopara*,为活体寄生菌;主要危害叶片,也危害嫩梢、花序及果实。该病害最初发现于北美洲,随后传入欧洲,并成为当地的主要病害,随着我国引进欧洲葡萄品种进行栽培,葡萄霜霉病也传入我国^[1-2]。根据 2018 年联合国粮食及农业组织(The Food and Agriculture Organization,FAO, [http:// www.fao.org](http://www.fao.org))官网统计,我国葡萄种植面积达到 797 935 hm²,年产量达到 16 912.2 kg/hm²。在不利的天气条件下,葡萄霜霉病的暴发可使葡萄年产量降低 11.8%~25.9%^[3]。对多个地区的葡萄霜霉病流行病学调查表明,葡萄霜霉病的发生与温度和降雨密切相关^[4-6]。基于葡萄霜霉病发生情况与田间气象数据的关系,已建立了葡萄霜霉病预警模型,用于预测葡萄霜霉病的发生^[7-9]。但葡萄品种和田间管理措施(如施用杀菌剂)对葡萄霜霉病发生和发展的影响鲜有研究。2020 年,我们在北京市房山区系统地监测了 3 个酿酒葡萄酒庄(波龙堡酒庄、紫雾酒庄和仙露堡酒庄)中不同酿酒葡萄品种的霜霉病发生情况、气象条件和田间管理情况,以期为今后葡萄霜霉病的预测预报工作提供数据基础。

1 材料与方法

1.1 监测地点及其基本情况

在北京房山波龙堡酒庄(116.02°N,39.75°E)、紫雾酒庄(116.00°N,39.77°E)和仙露堡酒庄(116.01°N,39.77°E)3 个酿酒葡萄酒庄开展了霜霉病发病初始时间和发生动态的监测。3 个酒庄的葡萄架形均为“厂”字形,自根苗;3 个酿酒葡萄酒庄监测点的基本信息见表 1。

1.2 病害监测方法

从 2020 年 5 月初开始调查葡萄霜霉病的初始发病时间,每 3 d 调查 1 次,每个地块随机调查 200 株,目测有无病叶;观察到初始发病后,采用定点系统调查方法继续调查病害发生动态,每个地块随机选择 4 个调查点,每点选定 15 株,调查当年新梢叶片;每 7 d 调查 1 次,记录每株发病叶片数和总叶片数,计算病叶率,同时记录田间用药时间。

表 1 2020 年房山 3 个酿酒葡萄酒庄葡萄霜霉病监测点信息
Table 1 The information of monitoring points of grape downy mildew at three wineries in Fangshan, 2020

酒庄 Winery name	海拔/m Altitude	品种 Cultivar	树龄/年 Tree age	面积/ hm ² Planting area	酒庄面积/ hm ² Foundation area
波龙堡酒庄 Bolongbao winery	49	赤霞珠	18	1.54	53.82
		马瑟兰	3	4.56	
		梅鹿辄	6	0.68	
紫雾酒庄 Ziwu winery	44	赤霞珠	10	1.60	22.93
		霞多丽	10	1.00	
		梅鹿辄	10	1.01	
仙露堡酒庄 Xianlubao winery	140~150	梅鹿辄	7	1.53	3.38
		马瑟兰	7	0.56	

1.3 气象数据采集方法

将多个传感器集成的小型气象站(TRM-ZS,锦州阳光气象科技有限公司)放置于调查地点,实时监测田间空气温湿度(PTS-3,℃)和降雨量(L3,mm),采集时间间隔为 10 min。3 个酿酒葡萄酒庄各安装一个小型气象站,其中仙露堡酒庄未安装雨量传感器,该酒庄与紫雾酒庄距离为 1 km,降雨数据采用紫雾酒庄采集的降雨数据。

2 结果与分析

2.1 霜霉病初始发病时间

3 个酿酒葡萄酒庄均于 5 月 29 日在葡萄叶片上发现有霜霉病症状,根据 Rossi 等报道葡萄霜霉病初侵染的条件:高湿时段的平均温度×持续高湿小时数>80℃·h^[9]分析,波龙堡酒庄在 5 月 23 日和 25 日发生了超过 6 h 的降雨,且这两日的相对湿度≥90%的持续小时数为 5~6 h,日平均气温分别为 20.56℃和 20.25℃,满足了病原菌初侵染的条件;紫雾和仙露堡酒庄在 25 日的降雨和连续 6 h 相对湿度≥90%的高湿条件也满足病原菌初侵染的条件。此外,葡萄霜霉病的潜育期为 4~9 d^[10-12];因此,5 月 23 日和 25 日的降雨和高湿条件导致病原菌侵入,经 4~6 d 的时间,于 5 月 29 日叶片显症。

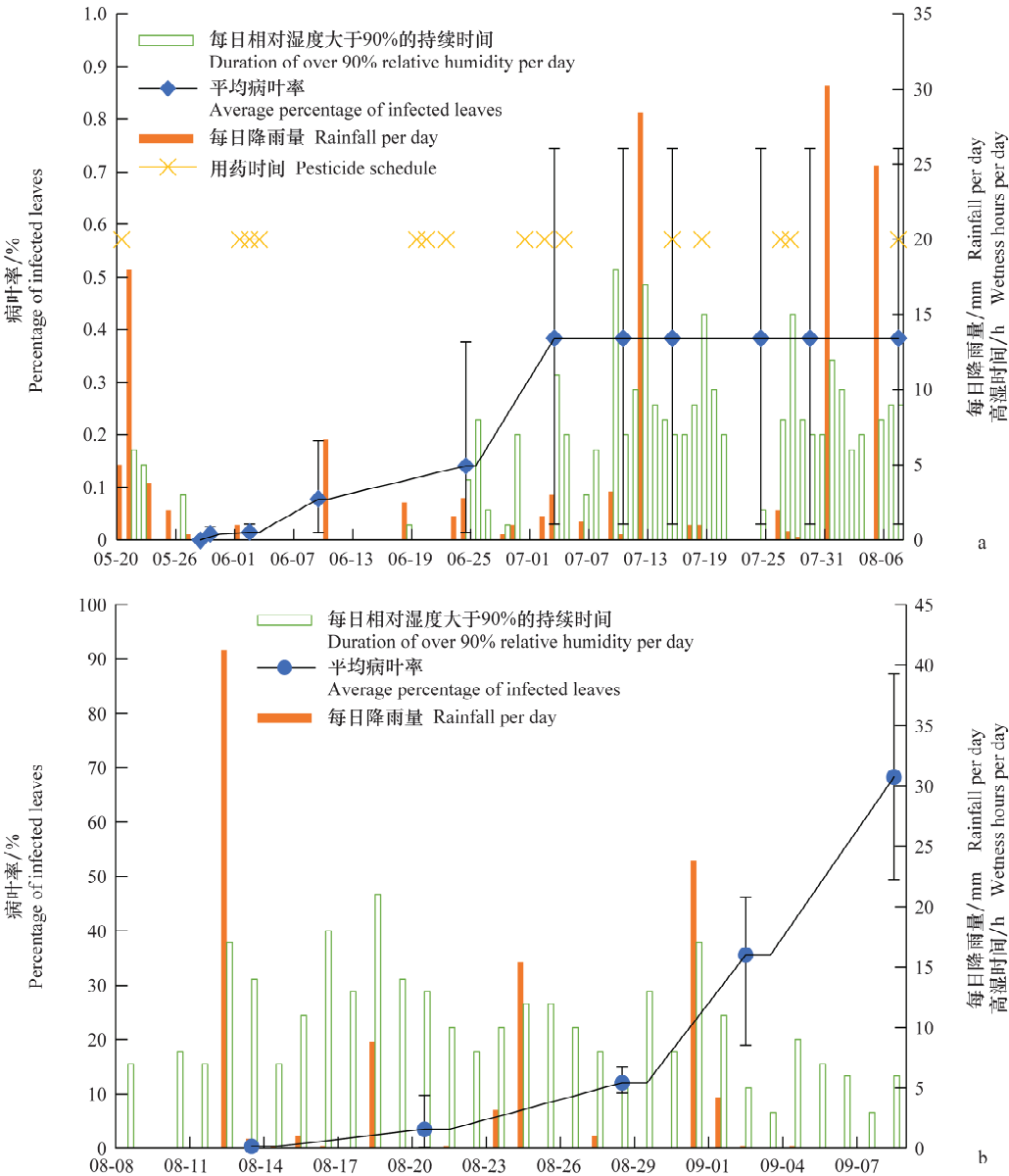
2.2 葡萄霜霉病发病情况与降雨,相对湿度和用药的关系

2.2.1 波龙堡酒庄葡萄霜霉病发病情况

调查发现,在波龙堡酒庄‘赤霞珠’‘梅鹿辄’和‘马瑟兰’3 个品种 5 月 29 日的初始病叶率为

0.025%~0.19%。6月初—8月初平均病叶率增加至0.38%，8月中旬—9月初，霜霉病病叶率迅速增加至68.26%。6月初—8月初，发生过4次日降雨量大于5 mm的降雨，并且出现27 d满足每日相对湿度大于90%连续时间高于6 h的病原菌侵染条件(图1a)。此外，根据数据记录，其中10 d满足Orlandini等^[1]报道的夜间连续7 h高湿的产孢条件，但病叶率仅从0.01%增加至0.38%，且有一段时期病叶率没有变化。根据记录的用药时间，种植

管理者在6月1—3日，6月19—22日，6月30日—7月4日，7月15—18日和7月26—27日分别对3个品种喷施了波尔多液用于控制霜霉病。其中第1次和第2次用药间隔时间较长，并在6月10日出现过一次持续5 h的降雨，可能是霜霉病病叶率增加的原因。但6月30日后连续用药，且均在降雨后及时用药，可能是病叶率没有增加的原因。最后一次用药在8月7日，8月中旬开始，由于霜霉病菌侵染条件的满足和没有用药控制，导致病叶率快速增加(图1b)。



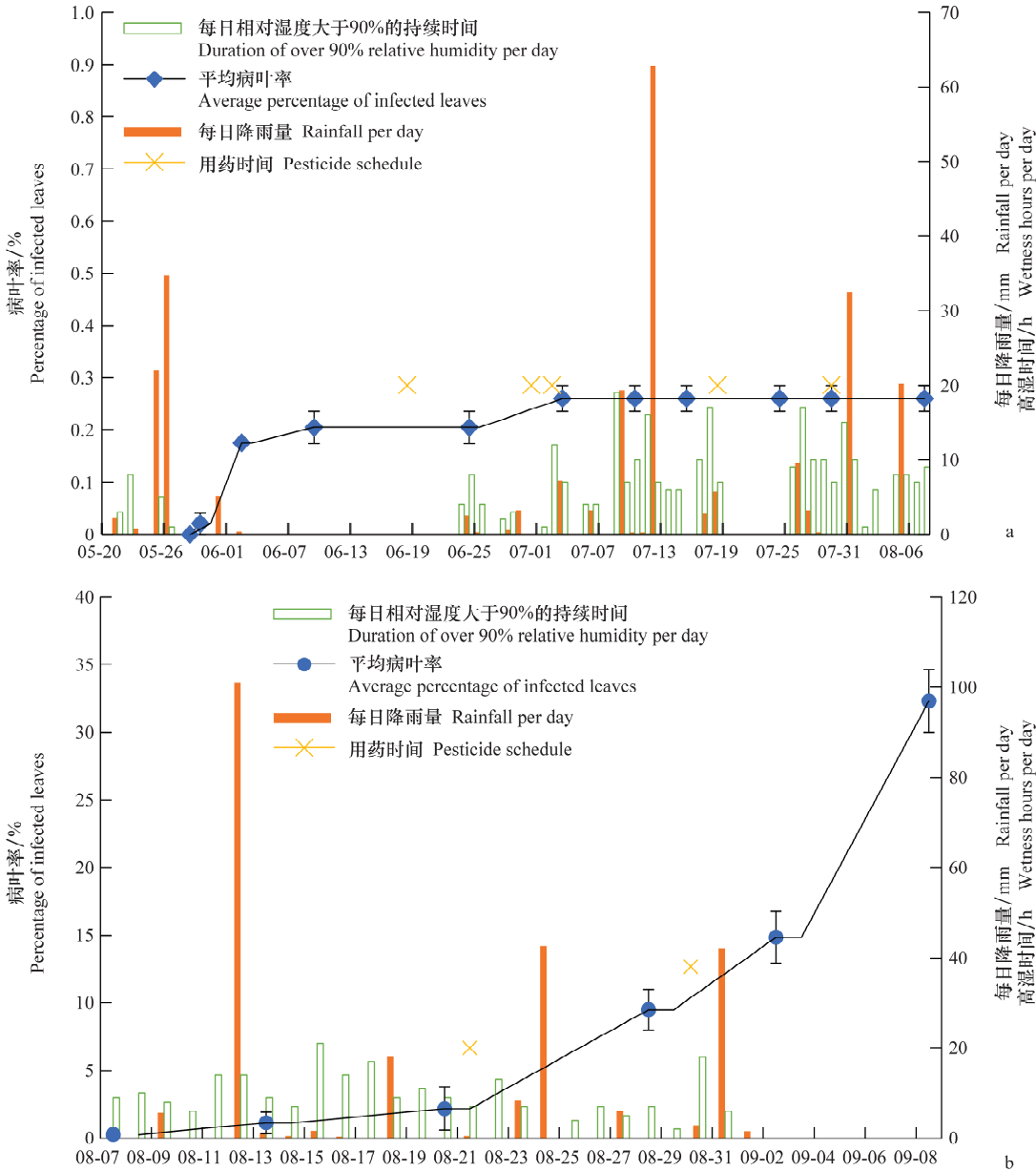
a 为5月20日至8月7日的气象和葡萄霜霉病平均病叶率数据; b 为8月8日至9月8日的数据
a is the data of climate and average percentage of infected leaves of grape downy mildew from 20th May to 7th August; b is the data from 8th August to 8th September

图1 2020年房山波龙堡酒庄的每日降雨量,每日相对湿度大于90%的持续时间和葡萄霜霉病平均病叶率
Fig.1 Daily rainfall, the continuous hours of relative humidity over 90% per day and average percentage of infected leaves of grape downy mildew at Bolongbao winery in Fangshan in 2020

2.2.2 仙露堡酒庄葡萄霜霉病发病情况

仙露堡酒庄‘梅鹿辄’和‘马瑟兰’2 个品种霜霉病的初始平均病叶率为 0.02%(图 2a)。随后,平均病叶率在 6 月初增加至 0.18%,至 8 月初,病叶率一直没有较大的变化;8 月—9 月初,两个品种的平均病叶率逐渐增加至 32.31%。对照记录的用药时间,5 月 29 日发现病叶后,仙露堡酒庄并未及时用药,所以病叶率有所增加,但后期 6 月 18 日至 7 月 29 日的用药起到了控制霜霉病的效果,

病叶率没有持续增加。8 月初以后,发生过 8 次(8 月 5 日,9 日,12 日,18 日,23—24 日,27 日和 31 日)日降雨量超过 5 mm 的降雨,且 8 月 11—20 日的夜间连续每日相对湿度大于 90%的持续时间均超过 7 h,使得病叶率开始增加。虽然在 8 月 22 日和 30 日 2 次施用药剂控制霜霉病,但在 8 月 23—24 日和 8 月 31—9 月 1 日雨后未及时用药,使得霜霉病病叶率升高至 30%(‘马瑟兰’)和 34.6%(‘梅鹿辄’)。



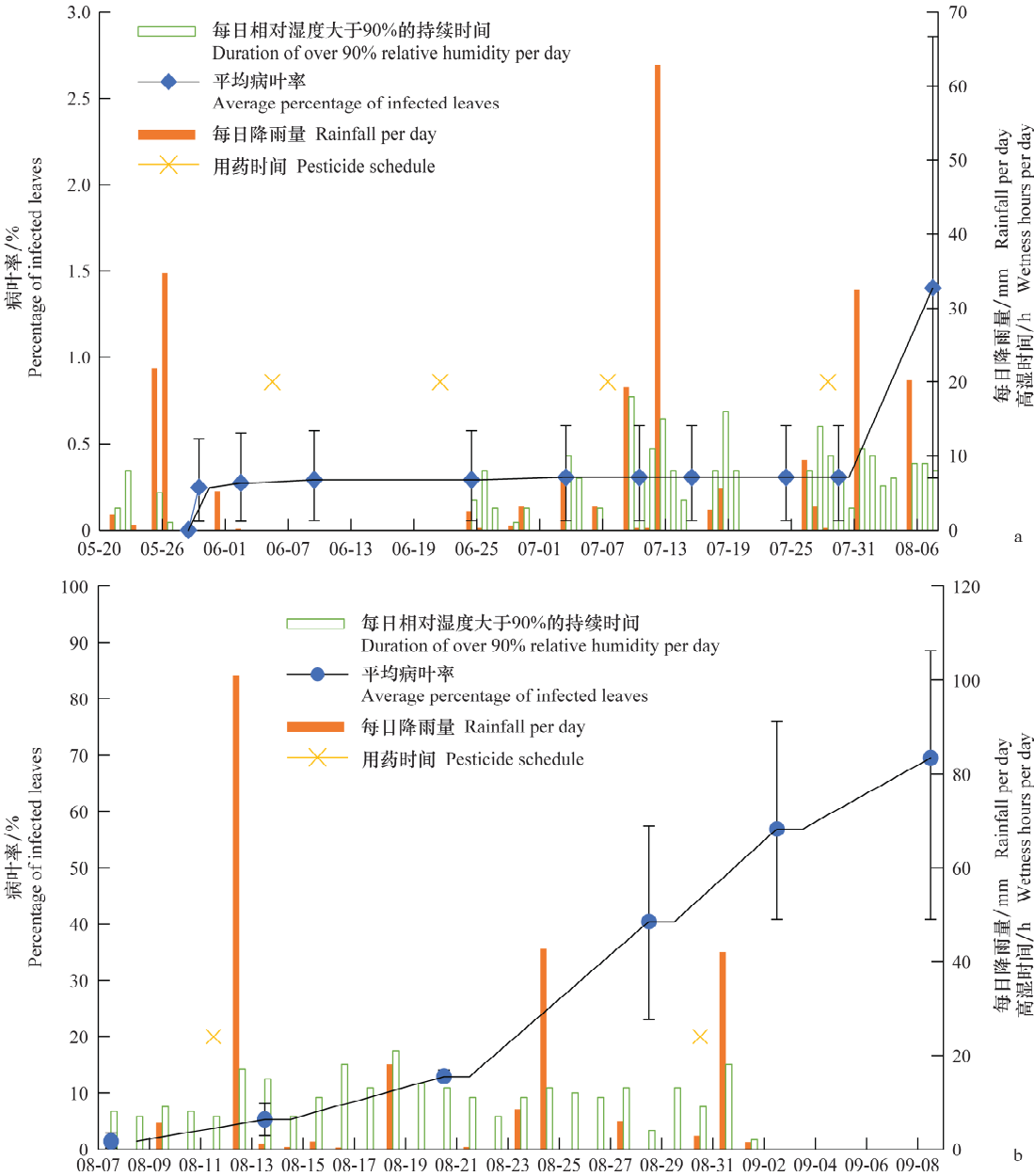
a 为5月20日至8月7日的气象和葡萄霜霉病病叶率数据; b为8月8日至9月8日的数据
a is the data of climate and average percentage of infected leaves of grape downy mildew from 20th May to 7th August; b is the data from 8th August to 8th September

图 2 2020 年房山仙露堡酒庄的每日降雨量,每日相对湿度大于 90%的持续时间和葡萄霜霉病平均病叶率
Fig. 2 Daily rainfall, the continuous hours of relative humidity over 90% per day and average percentage of infected leaves of grape downy mildew at Xianlubao winery in Fangshan in 2020

2.2.3 紫雾酒庄葡萄霜霉病发病情况

紫雾酒庄‘赤霞珠’‘梅鹿辄’和‘霞多丽’3个品种的初始病叶率在 0.049% (‘赤霞珠’)~0.53% (‘梅鹿辄’)之间。6月初至7月底,病叶率没有发生明显的变化,8月初至9月份,病叶率出现大幅增加,3个品种平均病叶率增加至 69.53%。查看用药记录,紫雾酒庄在 6月5日,6月21日和7月

7日进行了3次用药,使得7月31日前,3个品种的平均病叶率保持在 0.3%以内。但7月31日和8月5日两日降雨大于 20 mm,以及连续 4 d 超过 6 h 的高湿时间,使得平均病叶率上升至 1.40%,之后随着降雨次数的增多和用药次数的减少甚至停止用药导致霜霉病病叶率大幅增加,平均病叶率达到 69.53%。



a 为5月20日至8月7日的气象和葡萄霜霉病病叶率数据; b为8月8日至9月8日的数据
a is the data of climate and average percentage of infected leaves of grape downy mildew from 20th May to 7th August; b is the data from 8th August to 8th September

图3 2020年房山紫雾酒庄的每日降雨量,每日相对湿度大于90%的持续时间和葡萄霜霉病平均病叶率
Fig.3 Daily rainfall, the continuous hours of relative humidity over 90% per day and average percentage of infected leaves of grape downy mildew at Ziwu winery in Fangshan in 2020

2.3 不同葡萄品种霜霉病的发生情况

通过比较最后一次田间调查的 3 个酿酒葡萄酒庄不同品种的霜霉病发病情况可以发现,不同品种对霜霉病的感病性存在差异(表 2)。

表 2 2020 年房山区不同葡萄品种霜霉病的发病情况¹⁾
Table 2 Occurence of downy mildew on different grape varieties in Fangshan 2020

酒庄 Winery	病叶率/% Percentage of infected leaves			
	马瑟兰 Marselan	霞多丽 Chardonnay	梅鹿辄 Merlot	赤霞珠 Cabernet Sauvignon
波龙堡酒庄 Bolongbao winery	49.41	—	68.11	87.27
仙露堡酒庄 Xianlubao winery	30.00	—	34.62	—
紫雾酒庄 Ziwu winery	—	40.86	88.62	79.12
平均值 Average	39.71	40.86	63.78	83.20

1) 表中数据为最后一次田间调查(9 月 8 日)的霜霉病病叶率。— 表示没有这个品种。
Data in the table indicate the percentage of infected leaves of grape downy mildew in the last field survey (September 8th). — indicates the variety is absent.

在波龙堡和紫雾酒庄调查的‘赤霞珠’品种霜霉病病叶率分别为 87.27%和 79.12%,平均病叶率为 83.20%。紫雾酒庄‘霞多丽’品种的病叶率为 40.86%。‘马瑟兰’和‘梅鹿辄’品种霜霉病平均病叶率分别为 39.71%和 63.78%。比较平均病叶率发现,‘梅鹿辄’和‘赤霞珠’品种的病叶率高于‘霞多丽’和‘马瑟兰’,说明‘梅鹿辄’和‘赤霞珠’的对霜霉病的感病性较高。

3 结论与讨论

2020 年对房山 3 个酿酒葡萄酒庄葡萄霜霉病的初始发病时间、病害发生动态及环境因子的调查与监测结果表明,葡萄霜霉病的初始发生时间是 5 月 29 日,6 月初—8 月上旬病害发展缓慢,8 月中旬以后,霜霉病发生进入高峰期。霜霉病的发生与降雨、相对湿度和用药时间密切相关。在 2020 年 6 月—7 月间多次出现了满足霜霉病侵染和产孢条件的天气条件,但及时的用药使得病叶率没有明显增加,霜霉病得到了有效控制,刘莉颖等^[13]对波尔多液控制葡萄霜霉病的药效试验也表明,在 6 月—7 月田间用药对霜霉病的发展起到了有效的控制

作用。所以,在发病初期及时用药防治葡萄霜霉病非常关键。

另外,根据房山区 3 个酿酒葡萄酒庄 4 个品种的葡萄霜霉病平均病叶率的比较,‘马瑟兰’和‘霞多丽’对霜霉病的感病性要低于‘赤霞珠’和‘梅鹿辄’。沙月霞等^[14]利用叶盘法测定了 16 个葡萄品种对霜霉病的抗病性,并利用最长距离聚类分析法对 16 个品种霜霉病抗病性进行了等级分类,其中‘霞多丽’和‘赤霞珠’均为感病品种,‘霞多丽’的感病性要低于‘赤霞珠’;马莉涛^[15]在新疆调查也得到了类似结果。我们的结果与文献报道的品种感病性^[16-20]是一致的。‘梅鹿辄’在仙露堡酒庄的病叶率要低于波龙堡酒庄和紫雾酒庄,推测原因是由于仙露堡酒庄地势较高,地面开阔,通风较好,不利于霜霉病的发生,而波龙堡和紫雾地势较低,通风差,有利于霜霉病的发生。

此次调查工作采用病叶率作为评估葡萄霜霉病发生轻重的指标,相比病情指数和严重度这 2 个评价指标,病叶率的调查工作相对省时省力,且能反映病害发生动态的变化,适用于病害普查。病情指数和严重度评价指标是反映了病斑所占叶片面积比值,其值可更准确地评价病害对叶片的损害程度,但工作量较大且存在一定的人为差异。

此外,在调查病情发展时,除了气象条件和用药情况外,孢子囊密度也是影响因素之一。于舒怡等^[21]利用孢子捕捉仪监测了沈阳地区空气中孢子囊的密度(个/cm²),在 6 月初至 8 月底监测到孢子囊密度范围是 0~9.5 个/cm²,并且证明孢子囊密度与前 5~7 d 的葡萄霜霉病流行速率之间呈显著正相关。吉丽丽等^[22]监测孢子囊出现的高峰期在 7 月下旬至 9 月上旬,随着孢子囊密度的增加,病情也会明显增加。但孢子囊密度的监测是一个费时费力的工作,在一些研究中^[23-24]为了简化病害发病率/严重度模型,会忽略田间孢子囊密度对病害发生和发展的影响,假设田间孢子囊密度可以满足病害的发生;也有研究中提出利用适宜天气条件建立曲线方程来模拟玉米赤霉病菌子囊孢子密度^[25],但基于环境条件的葡萄霜霉病菌孢子囊密度的模型还未见报道。本次调查中忽略了田间葡萄霜霉病菌孢子囊对病害发生和发展的影响,在今后的工作中考虑开展利用相关气象因子构建相关模型。

综上,2020 年房山区 3 个酿酒葡萄酒庄葡萄霜霉病初始发生和发展动态的调查工作表明,该地区 5 月下旬为葡萄霜霉病的初始发生时间。在发病初

期和降雨后及时用药可以有效控制霜霉病的发展,应该采取早发现,早防治的措施。为防止用药对葡萄品质产生影响,通常葡萄园在采收前一个月停止用药。因此,防治葡萄霜霉病应重视初侵染的预测及高效控制,推迟初侵染的时间及压低田间菌量,及时去除多余副梢,改善植株生长条件,增强寄主抗病性。

参考文献

- [1] 刘会宁. 葡萄霜霉病及其综合防治[J]. 北方园艺, 1999(24): 42-43.
- [2] CHEN Weijen, DELMOTTE F, CERVERA S R, et al. At least two origins of fungicide resistance in grapevine downy mildew populations [J]. Applied and Environment Microbiology, 2007, 73(6):5162-5172.
- [3] 李晓红, 宋润刚, 杨义明, 等. 山葡萄霜霉病的研究现状及防治对策[J]. 北方园艺, 2010, 34(13):197-200.
- [4] 雷百战, 李国英, 姚丽花. 葡萄霜霉病发病情况的调查和研究[J]. 新疆农业科学, 2004, 41(5):381-384.
- [5] 胡盼, 李兴红, 张夏兰, 等. 葡萄霜霉病田间调查及防治效果试验[J]. 中国农学通报, 2013, 29(16):181-185.
- [6] MARTA A D, MAGAREY R D, ORLANDINI S. Modelling leaf wetness duration downy mildew simulation on grapevine in Italy [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2005, 132(1/2):84-95.
- [7] 王国珍, 樊仲庆, 麻冬梅, 等. 贺兰山东麓酿酒葡萄霜霉病流行规律及测报技术[J]. 植物保护, 2004, 30(4):54-56.
- [8] 邓维萍, 杨敏, 何霞红, 等. 避雨栽培对葡萄霜霉病发生的影响与葡萄冠层微气象因子的关系[J]. 植物保护, 2017, 43(3):76-82.
- [9] ROSSI V, CAFFI T, GIOSUÈ S, et al. A mechanistic model simulating primary infections of downy mildew in grapevine [J]. Ecological Modelling, 2008, 212(3-4):480-491.
- [10] 唐艳. 湖南省葡萄霜霉病的发病规律及药剂筛选[D]. 长沙:湖南农业大学, 2014.
- [11] ORLANDINI S, MASSETTI L, MARTA A D. An agrometeorological approach for the simulation of *Plasmopara viticola* [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 64:149-161.
- [12] GOBBIN D, JERMINI M, LOSKILL B, et al. Importance of secondary inoculum of *Plasmopara viticola* to epidemics of grapevine downy mildew [J]. Plant Pathology, 2005, 54(4): 522-534.
- [13] 刘莉颖, 董尊, 孙彦平, 等. 波尔多液对葡萄霜霉病和白腐病药效动态变化[J]. 农学学报, 2020, 112(6):32-36.
- [14] 沙月霞, 王国珍, 樊仲庆. 不同酿酒葡萄品种对霜霉病的抗性分类[J]. 西北农业学报, 2006, 15(5):114-117.
- [15] 马莉涛. 玛纳斯河流域酿酒葡萄赤霞珠和梅鹿辄的适应性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [16] 齐慧霞, 吴学仁, 齐永顺, 等. 不同酒葡萄品种对霜霉病的抗性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(4):258-261.
- [17] NE small fruit management guide [EB/OL]. [2020-11-18]. <https://ag.umass.edu/fruit/ne-small-fruit-management-guide/grapes/diseases/table-55-relative-disease-susceptibility-chemical-sensitivity-for-selected>.
- [18] DE BEM, B P, BRIGHENTI E, BONIN B F, et al. Downy mildew intensity in tolerant grapes varieties in highlands of southern Brazil [C]// 39th World Vine and Wine Congress, Brazil: Bio Web of Conferences, 2016, 7, 01015.
- [19] DE BEM B P, BOGO A, EVERHART S E, et al. Effect of four training systems on the temporal dynamics of downy mildew in two grapevine cultivars in southern Brazil [J]. Tropical Plant Pathology, 2006, 41(6): 370-379.
- [20] Marselan [EB/OL]. [2020-11-18]. <https://vineandwine.vin/en/wine/wine-varieties/marselan>.
- [21] 于舒怡, 傅俊范, 刘长远, 等. 沈阳地区葡萄霜霉病流行时间动态及其气象影响因子分析[J]. 植物病理学报, 2016, 46(4): 529-535.
- [22] 吉丽丽, 李海强, 任毓忠, 等. 葡萄霜霉菌孢子囊扩散动态及与田间病情的相关性[J]. 果树学报, 2012, 29(1):100-104.
- [23] PARK E W, SEEM R C, GADOORY D M, et al. DMCAST: A prediction model for grape downy mildew development [J]. Viticulture Ecology Science, 1997, 52(3):182-189.
- [24] KIM K R, SEEM R C, PARK E W. Simulation of grape downy mildew development across geographic areas based on mesoscale weather data using supercomputer [J]. Plant Pathology Journal, 2005, 21(2):111-118.
- [25] DEL PONTELE E M, FERNANDES J M C, PIEROBOM C R. Factors affecting density of airborne *Gibberella zeae* inoculum [J]. Fitopatologia Brasileira, 2005, 30(1):55-60.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 257 页)

- [13] 陈福寿, 王燕, 张红梅, 等. 寄主和温度对半闭弯尾姬蜂饲养的影响[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1):53-59.
- [14] 陈福寿, 王燕, 李志敏, 等. 温度对半闭弯尾姬蜂发育和性比的影响[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(2):257-260.
- [15] 洪珊珊, 贾变桃, 张雨超, 等. 12 种杀虫剂对小菜蛾及半闭弯尾姬蜂的选择毒力[J]. 山西农业大学学报, 2015, 35(5):490-494.
- [16] 安颖敏, 贾变桃, 李志伟, 等. 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂的急性毒性及安全性评价[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(4):242-248.
- [17] 赵雪晴, 尹艳琼, 谌爱东, 等. 滇中菜区小菜蛾种群消长动态及其影响因子[J]. 应用昆虫学报, 2019, 53(2):298-304.
- [18] 赵雪晴, 马永翠, 尹艳琼, 等. 滇东北菜区小菜蛾种群发生特征及其关键影响因子[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(6):1353-1359.
- [19] 尹艳琼, 杨明文, 彭桂清, 等. 滇西南菜区小菜蛾发生规律及抗药性现状[J]. 植物保护, 2019, 45(6):288-291.
- [20] 唐柳青, 李欣, 孙淑君. 郑州郊区小菜蛾寄生蜂种类、田间消长动态及防治效果调查[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(2):167-170.
- [21] 周淑香, 鲁新, 李丽娟, 等. 吉林省二代区玉米螟落卵与赤眼蜂寄生动态关系研究[J]. 玉米科学, 2020, 28(1):165-171.

(责任编辑: 田 喆)