

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

邓维萍, 杨敏, 何霞红, 李沛, 王海宁, 朱书生, 杜飞*

(云南农业大学教育部农业生物多样性与病害控制重点实验室, 昆明 650201)

摘要 系统比较了云南省石林县(‘红地球’)和弥勒县(‘水晶葡萄’)葡萄园采用避雨栽培和露天栽培对葡萄霜霉病 *Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis) Berl. & de Toni. 的防治效果, 监测了田间葡萄园内避雨栽培和露天栽培处理中葡萄霜霉病的发生流行与植株冠层气象因子的变化情况, 并结合适宜葡萄霜霉病病害循环的温度、相对湿度、叶面持露时间及田间葡萄植株冠层微气象因子的变化对避雨栽培有效防治葡萄霜霉病的气象原理进行了分析。结果表明, 避雨处理可有效控制葡萄霜霉病的发生和危害, 石林县和弥勒县两地葡萄园的防治效果分别达到 97.84% 和 66.29%。弥勒县‘水晶葡萄’对霜霉病的抗性较强, 霜霉病发生较轻, 但在避雨栽培条件下霜霉病的病情指数也显著低于对照。植株冠层微气象因子变化分析表明, 避雨栽培可以减少决定霜霉病菌能否成功侵染的叶面水膜持续时间, 创造不适宜霜霉病菌萌发和侵入的条件, 还可以显著减低棚内植株冠层适宜孢子囊产生的相对湿度的持续时间, 减少霜霉病菌的侵染菌量, 从而有效地控制了霜霉病的发生和危害。

关键词 葡萄霜霉病菌; 孢子侵染; 潜育期; 病斑扩展; 孢子囊产生; 叶面持露时间

中图分类号: S 474.9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.03.013

Impacts of rain-shelter cultivation on the development of grape downy mildew and its relation with grape canopy microclimate

Deng Weiping, Yang Min, He Xiaohong, Li Pei, Wang Haining, Zhu Shusheng, Du Fei

(Key Laboratory of Agriculture Biodiversity for Plant Disease Management, Ministry of Education, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract The control effect of grape downy mildew [*Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis) Berl. & de Toni.] under rain-shelter cultivation conditions was compared with open-aired cultivation in vineyards of Shilin (‘Red Globe’) and Mile counties (‘Shuijing Grape’), Yunnan Province during 2014-2015. The temperature, relative humidity and leaf wetness duration in grape canopy were also monitored in both treatments. Then the relationships between downy mildew occurrence and microclimate change were analyzed to depict the principle of disease control. The results showed that rain-shelter treatment was so effectively that its control effect could easily reach to 97.84% and 66.29% in vineyards of Shilin and Mile vineyards, respectively. The duration of relative humidity and leaf wetness, which are the key climate factors for grape downy mildew infection, were significantly less in the grape canopy of rain-shelter treatment than open-aired control. In addition, the decreased relative humidity was also unsuitable for the sporulation of *P. viticola*. Thus, rain-shelter cultivation of grape might change the microclimate of grape canopy and made it unsuitable for downy mildew occurrence and damage.

Key words *Plasmopara viticola*; spores infection; latent period; lesion expansion; sporulation; leaf wetness duration

葡萄霜霉病菌 *Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis) Berl. & de Toni. 造成的葡萄霜霉病在世界各葡萄产区几乎均有分布, 严重影响葡萄产量和品质, 一般导

致减产 30%~50%, 重者达 80%^[1-3]。霜霉病发生的轻重与气候条件关系非常密切^[4], 持续降雨和低温、高湿的天气是导致霜霉病大流行的主导因素^[5-7]。研究表

收稿日期: 2016-05-30

修订日期: 2016-08-09

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203035); 云南省教育厅项目(2014Y194)

* 通信作者 E-mail: du.feifei@163.com

明,当气温为 15~20℃,叶面持露 4 h 以上时孢子囊即可完成侵染^[8-11];温度为 22~24℃时该病菌的潜育期最短^[12];22~27℃下病斑扩展最快^[12];温度为 20~25℃,相对湿度 95%~100%时最适宜孢子囊的产生^[8-11]。

云南是我国重要的早熟鲜食葡萄产区,但云南省主要葡萄产区干湿季节明显,降雨多集中于每年的 6—9 月,这个季节正好与葡萄果实挂果和成熟期相重叠,常导致葡萄霜霉病暴发流行,严重影响葡萄的品质和产量。目前,葡萄病害的防治以杀菌剂为主,但雨季用药不但防治效果低,还引起了严重的农药残留问题,既降低了葡萄的品质,又增加了生产投入。在我国南方夏季雨量多、温度高、湿度大的湿热地区多采用避雨栽培来解决葡萄栽培病害严重发生的问题^[13-21]。近年来,课题组在云南省主要葡萄产区开始探索利用避雨栽培技术控制葡萄病害的方法和效果。实践表明,通过避雨栽培可以显著减少葡萄病害种类和农药施用量,降低葡萄农药残留,提高葡萄品质,节约防病支出。为了明确避雨栽培对霜霉病的防治效果和原理,解决云南葡萄霜霉病大发生而造成的危害,本文系统比较了避雨生态栽培和常规露天栽培处理中葡萄霜霉病的发生情况及其对葡萄植株冠层微气象因子的改变与霜霉病发生危害之间的关系,为利用避雨生态栽培技术进行植物病害控制提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验地点

试验分别在云南省红河州弥勒县新哨镇葡萄园(北纬 24°18′18.63″,东经 103°23′56.31″,海拔 1 634 m),昆明市石林县板桥镇葡萄园(北纬 24°48′31.87″,东经 103°24′1.25″,海拔 1 915 m)内设置两个试验点。石林县试验点供试的葡萄品种为‘红地球’(Red globe),葡萄种植的行株距为 2.2 m×1.0 m。弥勒县试验点的供试葡萄品种为‘水晶葡萄’,行株距为 3 m×2 m。

1.2 处理及小区设置

每个试验点设置常规露天栽培(CK)和避雨栽培 2 个处理,葡萄整个生长季节均不施杀菌剂。每个处理设置 3 个重复小区,每小区面积为 100 m²。各个试验点均按照常规管理方法进行,适时进行葡萄的整形修剪、控枝控芽和水肥管理。石林葡萄园采用篱架式栽培,利用钢架搭建大棚避雨,棚宽

6 m,顶高 3 m,侧高 1.2~1.5 m。每个棚内种植 4 行葡萄,棚外植株两旁挖排水沟,雨水从侧面直接流入排水沟。弥勒葡萄园采用棚架式栽培,以两行葡萄架上的铁丝为依托搭建拱形棚面,顶高 3 m,侧高 1.5 m,宽为 3~4.5 m,雨水从葡萄植株茎基部排入田中,采用“V”形修枝。避雨膜于雨季开始后覆盖,雨季结束后揭膜。试验于 2014 和 2015 年重复两年。

1.3 避雨措施对霜霉病防治效果调查

每年于雨季开始时采取 5 点取样法,定点、定株调查田间葡萄霜霉病发生流行情况。每处理随机固定 24 株葡萄树,每株葡萄树固定 2 个新梢,每梢自上而下调查 10 片叶,每 10 d 调查一次,直到葡萄采收期为止。计算病情指数和防治效果。根据葡萄霜霉病的分级标准分别记载各处理病级,并计算出病情指数^[22]:0 级,叶片无病斑;1 级,病斑面积占整个叶面积的 5%以下;2 级,病斑面积占整个叶面积的 5%~25%;3 级,病斑面积占整个叶面积的 26%~50%;4 级,病斑面积占整个叶面积的 51%~75%;5 级,病斑面积占整个叶面积的 75%以上。利用病害调查结果计算各个处理的病情指数。

1.4 避雨栽培棚中葡萄植株冠层气象因子变化监测

各试验点均进行避雨栽培和常规露天栽培葡萄植株同一冠层高度温度和湿度的监测。采用 H08-004-02 型 HOBO H8 测定温湿度,仪器放置于塑料防雨罩里,位置统一朝向西北方向。采用叶面温湿度监测仪(Spectrum,型号 130)测定棚内和棚外果面持露时间,将该仪器统一固定在葡萄冠层中间且与地面成 45°的斜面。自动仪器每小时测定 1 次,对试验地不同栽培处理中植株冠层的温度、湿度、叶面湿度等微气候因子进行昼夜连续观测。各处理中的气象数据每月下载 1 次,然后将葡萄生长季节每天每小时记录的数据进行平均,建立温度和湿度日变化模型,比较避雨栽培处理和常规栽培处理中温度、湿度变化规律和差异。

1.5 数据分析

应用 SPSS 数据分析软件(SPSS 13.0)对不同处理的试验数据进行统计分析。

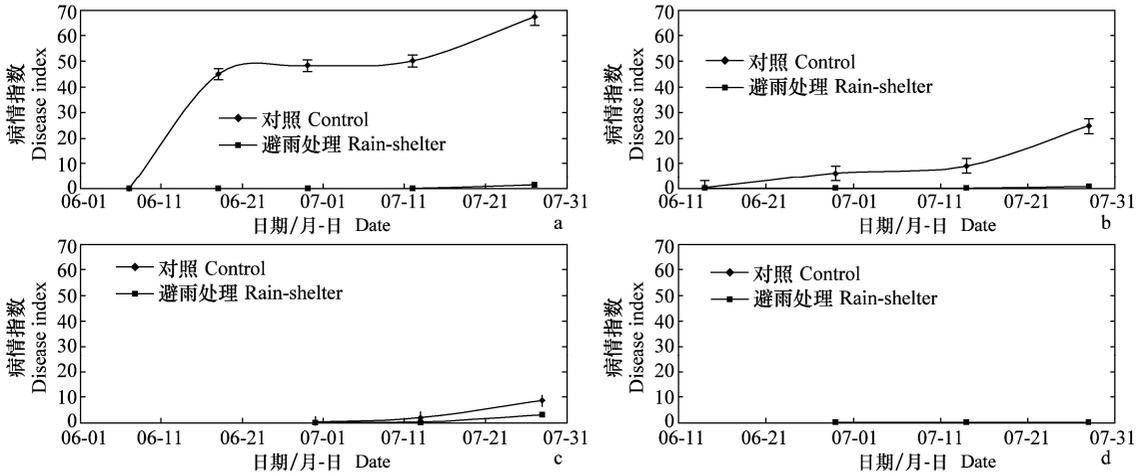
2 结果与分析

2.1 避雨栽培处理中葡萄霜霉病的发生流行规律分析

避雨栽培和露天栽培处理中霜霉病的发生流行

情况监测结果表明(图 1),2014 年石林试验点露天栽培中霜霉病发生极为严重,露天栽培对照的病情指数高达 67.46,相比之下 2015 年的发病情况较轻,露天栽培病情指数为 24.79;两年避雨处理的防治效果分别为 97.84%和 97.20%。弥勒试验点霜霉病的发生较石林试验点低,2014 年,露天栽培的病

情指数仅为 8.75,避雨处理的防治效果为 66.29%;2015 年露天栽培和避雨处理均未发生霜霉病。两个葡萄园避雨栽培处理中霜霉病的病情指数均显著低于露天栽培($P < 0.05$),且露天栽培中霜霉病的病情指数随着时间的推移持续上升,而避雨栽培处理中霜霉病的病情指数变化幅度较小。



a: 2014年石林试验点; b: 2015年石林试验点; c: 2014年弥勒试验点; d: 2015年弥勒试验点
 a: Shilin experimental site in 2014; b: Shilin experimental site in 2015; c: Mile experimental site in 2014; d: Mile experimental site in 2015

图 1 2014 年和 2015 年石林与弥勒试验点葡萄霜霉病病情指数

Fig. 1 Disease indices of grape downy mildew in the vineyards of Shilin and Mile in 2014 and 2015

2.2 避雨措施对葡萄植株冠层微气象因子的影响

2.2.1 降水量与霜霉病发生的相关性分析

试验结果表明,降水量与霜霉病发病情况密切相关,每逢雨后,露天栽培中病情指数均有较大攀升。降水量记录显示(图 2),石林葡萄园 2014 年从 6 月 9 日到 7 月 28 日 50 d 内,降雨天数达 29 d,总降水量为 337.06 mm。在 6 月中旬的连续降雨后,露天栽培处理中葡萄叶片上水膜存在的时间相对较长,适宜孢子囊萌发以及游动孢子侵入,致使 6 月中下旬霜霉病病情指数呈指数增长(图 1a)。避雨处理中的雨水被阻隔,叶面水膜存在时间短,不利于孢子囊萌发及游动孢子侵入,因此其病情指数没有受到影响(图 1a)。由于 2015 年降雨量少于 2014 年,田间小气候较为干燥,露天栽培和避雨处理中的病情指数也均低于 2014 年(图 1b)。从弥勒葡萄园两年的降雨情况来看,2014 年从 6 月 9 日到 7 月 28 日共 50 d 内降雨天数达 23 d,总降雨量为 115.95 mm,降雨主要集中在 6 月中旬及 7 月下旬,田间露天栽培中霜霉病病情指数在频繁降雨后出现两次攀升,而避雨栽培中病情指数受的影响较小(图 1c)。虽然 2015 年 6 月中旬

到 7 月下旬降雨也较为频繁,但是田间没有发现霜霉病发生。

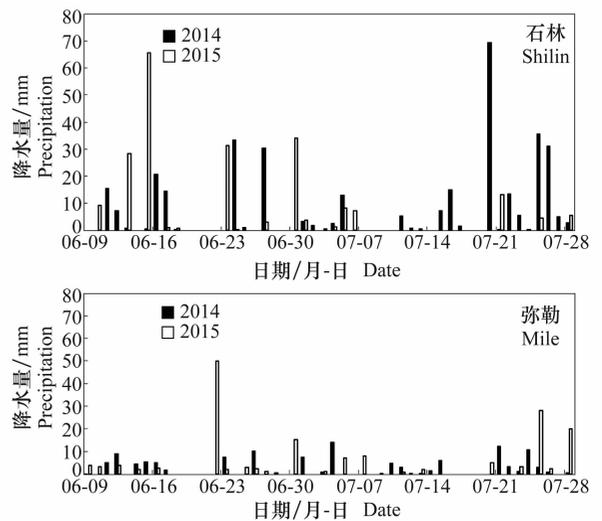


图 2 2014 年和 2015 年石林县和弥勒县降雨量
 Fig. 2 Rainfall in the vineyard of Shilin and Mile in 2014 and 2015

2.2.2 避雨栽培和常规栽培葡萄叶面持露时间差异分析

田间监测显示,由于降水比较集中且时间长,

导致常规露天栽培葡萄园中植株冠层叶面结露时间显著长于避雨栽培处理(表 1)。石林和弥勒葡萄园中,2014 年平均日降雨持续时间分别为 2.01 和 1.44 h,避雨栽培中叶面结露时间达到 4 h 的天数分别为 4 d 和 8 d,而露天对照的分别达到了 15 d 和 22 d;2015 年日平均降雨持续时间为 1.83 h 和 1.60 h,避雨栽培中达到 4 h 的天数分别为 0 d 和 6 d,而露天对照的分别达到了 12 d 和 26 d。田间避雨栽培和常规露天栽培中葡萄叶面持露时间分析结果表明(图 3),各个试验点避雨栽培内

葡萄叶面持露时间显著低于露天栽培,平均叶面持露时间均低于 1 h,达不到游动孢子侵入葡萄叶片的必要条件,不利于霜霉病的侵染。相比之下,2014 年和 2015 年石林试验点常规露天栽培内平均叶面持露时间分别为 4.32 h 和 4.40 h,2014 年弥勒试验点的也达到 4.67 h,基本在 4 h 及以上(表 1),有利于霜霉病菌的萌发和侵染。因此,叶面持露时间是影响霜霉病病情指数高低的关键因素,避雨栽培通过调控棚内植株叶面持露时间降低了霜霉病的发生。

表 1 避雨栽培和露天常规栽培处理中降水情况和叶面结露差异分析¹⁾

Table 1 Rainfall conditions and foliar condensation variance analysis in cultivation and outdoor shelters from the conventional planting

试验点 Site	栽培种 Cultivar	处理 Treatment	降雨量/mm Precipitation		降雨时长/h Average precipitation hour		叶面结露时间达到 4 h 的天数/d Number of leaf wetness duration for 4 h		平均叶面结露时间/h Average leaf wetness duration	
			2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
			石林 Shilin	红地球 Red Globe	避雨栽培 Rain-shelter 露天对照 Control	0	0	0	0	4
弥勒 Mile	水晶葡萄 Shuijing grape	避雨栽培 Rain-shelter 露天对照 Control	0	0	0	0	8	6	(1.89±2.33)b	(1.20±2.99)b
			337.06	217.9	2.01	1.83	22	26	(4.67±3.07)a	(2.18±3.97)a

1) 表中数据采用 SPSS 13.0 软件进行差异显著性分析,同列不同小写字母表示经邓肯氏多重比较检验差异显著。下同。

Significant differences among the data in the table are analyzed by SPSS 13.0; different lowercase letters in the same column indicate significant difference among the data. The same below.

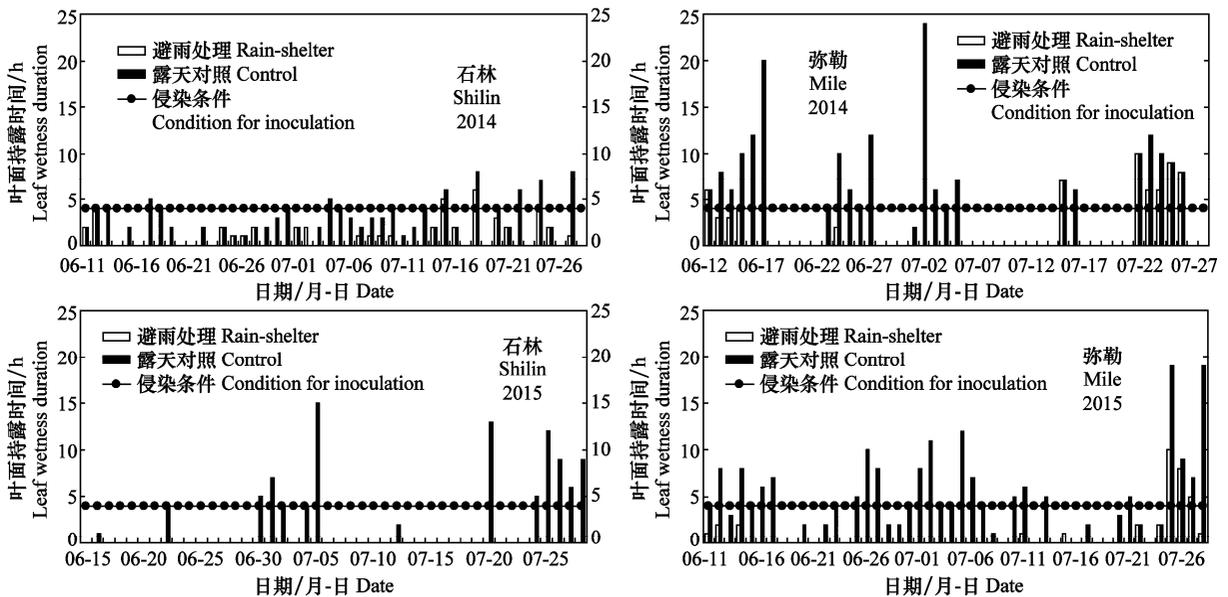


图 3 2014 年和 2015 年弥勒、石林适宜葡萄霜霉孢子侵染的叶面持露时间

Fig. 3 Daily suitable leaf wetness duration for grape downy mildew spore infection in Shilin and Mile in June-July, 2014 and 2015

2.2.3 适宜霜霉病发生的温度持续时间差异

霜霉病菌孢子侵染、潜育期、病斑扩展和孢子囊产生的最适宜温度为 15~20℃、22~24℃、22~27℃

和 20~25℃。两个试验点监测的结果显示,避雨和露天栽培两个处理中(表 2),植株冠层内每天适宜霜霉病菌孢子囊侵染的温度的小时数变化规律显

示,石林葡萄园晴天和雨天避雨处理中最适宜霜霉菌孢子囊侵染的温度时间段稍低于露天栽培,而弥勒则是避雨处理高于露天栽培。植株冠层内每天适宜霜霉菌的潜育期、病斑扩展和孢子囊产生的温度的小时数变化规律均与孢子侵染的情况相似。但统计分析结果表明,石林和弥勒两地葡萄园中晴天和雨天露天栽培和避雨处理中最适宜霜霉菌孢子

囊侵染、潜育期、病斑扩展和孢子囊产生的时间段均没有显著性差异($P>0.05$)。田间霜霉菌的发生情况监测表明,避雨栽培中霜霉菌的病情指数显著低于露天栽培,虽然温度是霜霉菌发生的关键因素,但避雨和露天栽培中适宜孢子囊侵染、潜育期、病斑扩展和孢子囊产生的温度时间段均无显著差异,因此,温度不是造成常规栽培中霜霉菌严重的关键因素。

表 2 2014 年和 2015 年适宜霜霉菌孢子侵染、潜育期、病斑扩展和孢子囊产生的平均温度持续时间

Table 2 Suitable temperature durations for grape downy mildew spore infection, latent period, lesion expansion and sporulation in Mile and Shilin in June-July, 2014 and 2015

试验点 Site	年份 Year	天气 Weather	处理 Treatment	适宜温度持续时间/h · d ⁻¹ Suitable temperature duration			
				孢子侵染 Spore infection (15—20℃)	潜育期 Latent period (22—24℃)	病斑扩展 Lesion expansion (22—27℃)	孢子囊产生 Sporulation (20—25℃)
石林 Shilin	2014	晴天 Sunny	避雨 Rain-shelter	(9.47±2.65)a	(1.16±2.03)a	(4.11±3.62)a	(5.26±2.77)a
			对照 Control	(10.63±2.83)a	(0.42±1.43)a	(1.89±2.79)a	(3.37±2.75)a
	雨天 Rainy	避雨 Rain-shelter	(14.26±4.09)a	(1.61±1.58)a	(4.06±2.39)a	(4.90±2.82)a	
		对照 Control	(14.26±3.13)a	(1.29±1.83)a	(3.55±2.57)a	(4.32±2.31)a	
	2015	晴天 Sunny	避雨 Rain-shelter	(8.14±2.43)a	(1.85±1.13)a	(4.04±1.56)a	(6.52±3.16)a
			对照 Control	(8.86±2.81)a	(1.78±1.34)a	(4.44±1.99)a	(6.41±3.38)a
弥勒 Mile	2014	雨天 Rainy	避雨 Rain-shelter	(12.36±3.77)a	(1.89±1.63)a	(3.95±2.01)a	(5.79±2.67)a
			对照 Control	(12.64±3.48)a	(2.11±1.70)a	(4.47±2.44)a	(6.29±2.64)a
	晴天 Sunny	避雨 Rain-shelter	(10.17±4.90)a	(2.26±2.20)a	(4.09±2.66)a	(6.08±3.61)a	
		对照 Control	(9.33±5.98)a	(2.61±1.41)a	(5.83±3.13)a	(7.67±4.28)a	
	2015	雨天 Rainy	避雨 Rain-shelter	(11.33±3.85)a	(2.00±1.84)a	(4.44±2.56)a	(6.77±4.20)a
			对照 Control	(10.82±4.32)a	(3.11±2.17)a	(5.41±3.37)a	(7.95±4.09)a
	晴天 Sunny	避雨 Rain-shelter	(6.55±5.26)a	(3.21±1.97)a	(5.82±1.96)a	(11.36±4.97)a	
		对照 Control	(8.36±5.13)a	(3.59±1.78)a	(6.14±2.07)a	(10.50±4.94)a	
		雨天 Rainy	避雨 Rain-shelter	(6.50±4.01)a	(3.11±1.88)a	(7.28±4.78)a	(9.46±3.35)a
			对照 Control	(7.14±4.54)a	(3.30±2.45)a	(7.05±5.05)a	(8.86±3.27)a

2.2.4 适宜霜霉菌发生的相对湿度持续时间差异

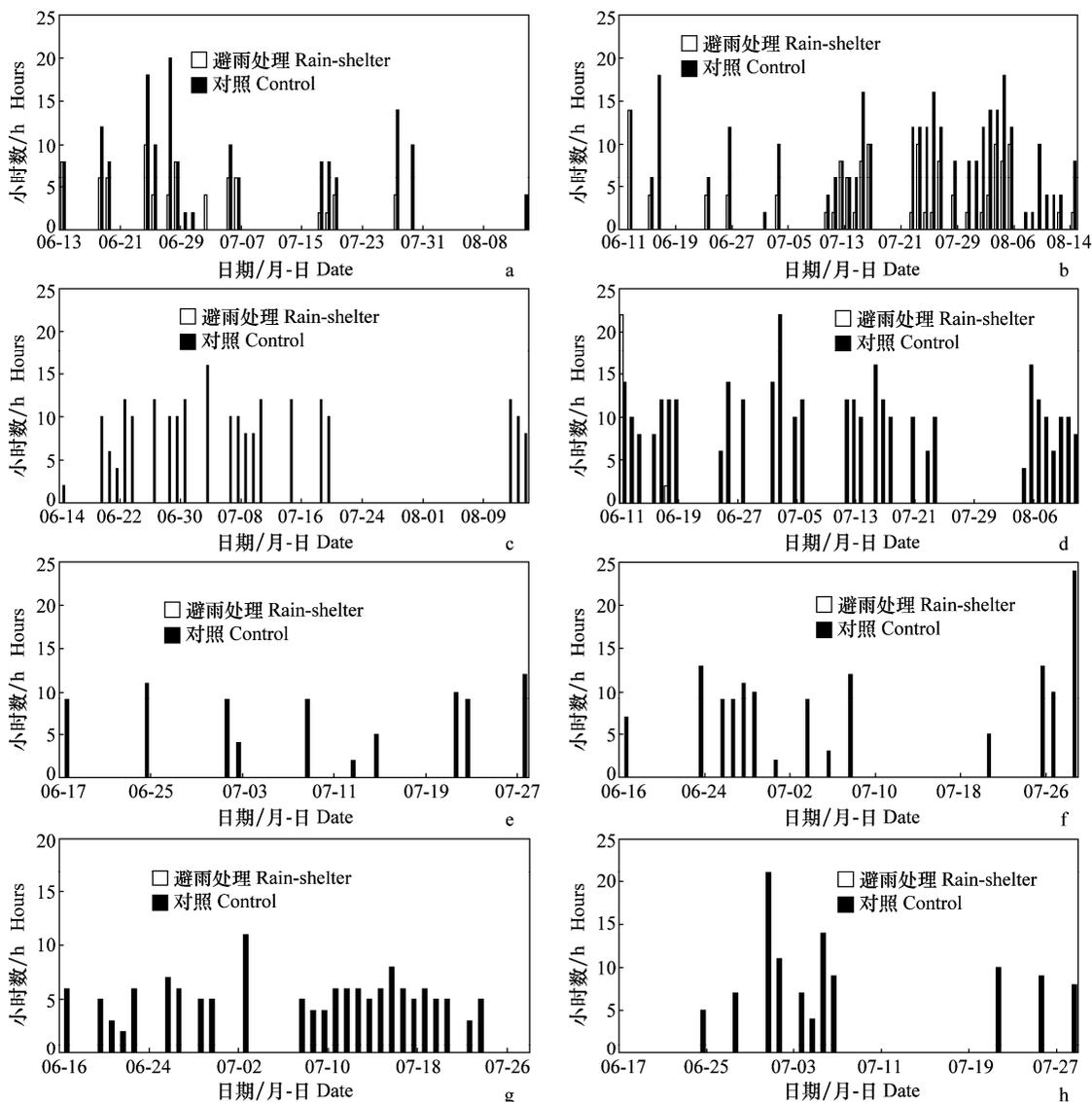
田间监测显示(图 4),2014 年和 2015 年,石林试验点晴天棚内、外适宜孢子囊产生的相对湿度持续时间分别平均为 0.8.64 h(2014 年)和 0.1.90 h(2015 年),雨天棚内、外分别为 0.61、8.51 h(2014 年)和 0.7.5 h(2015 年)。弥勒试验点晴天棚内、外适宜孢子囊产生的相对湿度持续时间分别平均为 3.17、6.41 h 和 0.3.20 h,雨天棚内、外分别为 3.79、6.54 h(2014 年)和 0.056、8.10 h(2015 年)。统计分析结果表明,各个试验点常规栽培植株冠层适宜孢子囊产生的湿度时间段显著低于露天栽培,同时,田间霜霉菌的发生情况表明,避雨栽培中霜霉菌的病情指数显著低于露天栽培。因此,相对湿度是造成常规栽培中霜霉菌严重的关键因素之一。

3 结论与讨论

3.1 避雨栽培可以有效降低葡萄霜霉菌的发生和危害

云南省干湿季节明显,雨季与葡萄生长成熟期

重叠,易导致葡萄霜霉菌暴发流行。本试验利用避雨栽培生态调控技术有效地控制葡萄霜霉菌的发生与危害,在不使用农药的情况下防治效果均在 80% 以上。目前避雨栽培在南方葡萄栽培中应用较为广泛^[13-21]。2006 年孙其宝等^[21]报道,在安徽采用避雨栽培技术可改善葡萄园生态环境,提高通风透光度,增强树体抗病能力,尤其可以大大减轻黑痘病和霜霉菌危害。2007 年戴稳兵等^[23]报道,在江苏采用避雨栽培可防治葡萄主要病害如炭疽病、白腐病、黑痘病和霜霉菌。2007 年广东的王金姣^[24]报道,采用 T 形架式栽培‘美国红提’,其上覆盖避雨棚,可对黑痘病、白腐病、霜霉菌、炭疽病、锈病等病害起到提前预防的效果,并且提高浆果品质,有效地减轻了这些病害的发生和危害,提高了坐果率,且果粒增大,果穗整齐,裂果减轻。因此,在多雨地区利用避雨栽培可以有效地控制葡萄主要病害的发生与危害。



a: 弥勒葡萄园, 晴天, 2014年; b: 弥勒葡萄园, 雨天, 2014年; c: 石林葡萄园, 晴天, 2014年; d: 石林葡萄园, 雨天, 2014年; e: 弥勒葡萄园, 晴天, 2015年; f: 弥勒葡萄园, 雨天, 2015年; g: 石林葡萄园, 晴天, 2015年; h: 石林葡萄园, 雨天, 2015年

a: Sunny day in Mile County experimental site in 2014; b: Rainy day in Mile County experimental site in 2014; c: Sunny day in Shilin County experimental site in 2014; d: Rainy day in Shilin County experimental site in 2014; e: Sunny day in Mile County experimental site in 2015; f: Rainy day in Mile County experimental site in 2015; g: Sunny day in Shilin County experimental site in 2015; h: Rainy day in Shilin County experimental site in 2015

图 4 2014 年和 2015 年 6-7 月石林和弥勒葡萄园葡萄植株冠层适宜霜霉菌孢子囊产生的相对湿度小时数

Fig. 4 Suitable relative humidity durations for sporulation in Shilin and Mile in June-July, 2014, 2015

3.2 避雨栽培可有效改善葡萄植株冠层微气象因子, 不利于霜霉病侵染和流行

葡萄霜霉菌的侵染危害主要受气象因子调控。适宜霜霉病侵染的条件表明, 叶面持露时间对霜霉病的发生具有显著影响, 当叶面持露时间达到 4 h 及以上时, 在适宜温度下游动孢子即可从气孔等孔口侵入葡萄叶片。叶面持露时间达不到 4 h, 游动孢子不能成功侵染^[8-11]。露天栽培中葡萄霜霉病的病情指数高于避雨栽培的原因之一可能与葡萄叶片表面的结露时间有关系。露天栽培处理中叶面持露

时间远远高于避雨处理, 6-7 月间弥勒和石林葡萄园中叶面持露时间高于 4 h 的天数分别在 22 d 和 12 d 以上(表 1), 在这种条件下, 霜霉病菌可以完成多次再侵染, 导致病害暴发流行。而避雨处理中叶面结露的时间很少, 霜霉病菌孢子很难完成侵染。

田间气象监测表明, 在霜霉病病害循环的各个阶段, 无论晴天还是雨天, 避雨处理和露天栽培适宜病害发生的温度的时间没有显著差异, 这表明采用避雨栽培后, 田间温度的变化不是其有效控制霜霉病的主要因素。

霜霉病的侵染循环中,空气湿度对孢子囊的形成影响最为显著,而对游动孢子侵染、潜育期和病斑扩展的影响不大。研究表明,葡萄园中霜霉病孢子囊在空气湿度 95%~100% 的条件下容易产生,当空气湿度 < 95%,孢子囊产率急剧降低,尤其在相对湿度 < 93% 时孢子囊不能产生^[8-11]。避雨栽培中葡萄植株冠层适宜孢子囊产生的湿度持续时间显著低于常规栽培植株,将湿度控制在孢子囊形成所必须的条件之下,这表明避雨栽培和常规栽培植株冠层湿度差异是降低田间霜霉病发生的原因之一。

此外,田间调查结果显示,弥勒试验点的病情指数显著低于石林试验点,这可能与两个试验点葡萄品种对霜霉病的抗性差异有关。石林试验点种植的是感病的‘红地球’葡萄,而弥勒试验点种植的是抗病的‘水晶葡萄’。‘水晶葡萄’叶背面密生大量微绒毛,这些微绒毛不但阻碍了游动孢子的侵入,而且不易湿润,从而减轻了发病情况^[24]。相比之下石林试验点种植的品种为‘红地球’,这个品种叶片背面光滑,大量气孔直接暴露在叶背面,便于游动孢子侵入,因而病情指数居高不下。2015 年弥勒降雨之后即出现高温天气,其温度高于霜霉病流行的最适温度,因此没有检测到霜霉病的发生。但总的来说,虽然‘水晶葡萄’对霜霉病的抗性较强,其在露天栽培中霜霉病的病情指数仍然显著高于避雨栽培。目前云南地区果农搭建的葡萄避雨棚,依据材质和棚架模式的不同,价格从 5 000~20 000 元/667 m² 不等,但避雨棚一经搭建,即可多年使用,加之在避雨栽培模式下果农可在雨天继续进行操作,不受天气影响,从长远来说采用避雨栽培控制葡萄霜霉病更为经济实惠。

综上所述,避雨生态调控不但能有效降低植株冠层的湿度,减少了孢子囊产生的数量,减少了葡萄园霜霉病菌的侵染源,还有效地减少了决定霜霉病菌能否成功侵染的叶面水膜持续时间,切断了整个病害循环,创造了不适宜霜霉病菌萌发和侵入的微气象环境,从而能有效控制葡萄霜霉病的发生和危害。

参考文献

- [1] 吕秀兰, 苟琳, 龚荣高, 等. 葡萄品种对霜霉病抗性鉴定的生化指标研究[J]. 植物病理学报, 2004, 34(6): 512-517.
- [2] 徐红霞, 朱建兰, 常永义. 葡萄品种对霜霉病抗性研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2004(2): 30-31.
- [3] 刘天明, 李华, 张振文. 鲜食葡萄品种对霜霉病的抗性抗病机理研究[J]. 植物保护学报, 2001, 28(2): 118-122.
- [4] 刘会宁, 朱建强. 我国南方地区葡萄设施栽培现状及发展趋势[J]. 湖北农业科学, 2001(4): 70-72.
- [5] 黄婕. 2001 年兴安县葡萄霜霉病严重发生原因分析[J]. 广西植保, 2002, 15(1): 26-27.
- [6] 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.
- [7] 阮仕立, 李记明. 野生葡萄种质资源德抗性及其利用研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(4): 30-33.
- [8] Lalancette N, Madden L V, Ellis M A. A quantitative model for describing the sporulation of *Plasmopara viticola* on grape leaves [J]. Phytopathology, 1988, 78(10): 1316-1321.
- [9] Vercesi A, Sirtori C, Vavassori A, et al. Estimating germinability of *Plasmopara viticola* oospores by means of neural networks [J]. Medical and Biological Engineering and Computing, 2000, 38(1): 109-112.
- [10] Gregory C T. Studies on *Plasmopara viticola* [J]. Phytopathology, 1914, 4(6): 399.
- [11] Kable P F. Practical management of crop diseases [M]. Winston Churchill Memorial Trust Report, Department of Agriculture, New South Wales, Australia, 1977: 142.
- [12] 徐海林. 葡萄霜霉病的发生及防治[J]. 现代农业科技, 2007(15): 71-72.
- [13] 李向东, 金浩, 陈善德, 等. 欧亚种葡萄避雨栽培引种试验初报[J]. 葡萄栽培与酿酒, 1995(1): 10-13.
- [14] 叶明儿, 陈志银, 盛位能, 等. 大棚覆盖对京优葡萄座果和果实品质的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(6): 613-616.
- [15] 吴力军, 赖圣聪. 南方巨峰葡萄避雨栽培研究[J]. 中国南方果树, 1997, 26(1): 44.
- [16] 杜建厂, 马凯, 王兴娜. 避雨栽培对藤藜葡萄果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2001(3): 36-37.
- [17] 陈履荣, 贾伟华, 贾晓滨, 等. 欧亚种鲜食葡萄品种避雨栽培初报[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(1): 33-35.
- [18] 杨天仪, 陈履荣, 黄寿波, 等. 上海地区绯红葡萄促成与避雨栽培的研究[J]. 果树科学, 2000, 17(2): 83-88.
- [19] 刘会宁, 朱建强. 我国南方地区葡萄设施栽培现状及发展趋势[J]. 湖北农业科学, 2001(4): 70-72.
- [20] 王其松. 欧亚种葡萄大棚栽培试验[J]. 浙江农业科学, 2000(2): 92-93.
- [21] 陈爱军. 南方葡萄简易避雨栽培技术[J]. 广西农业科学, 2004, 35(3): 200.
- [22] 王国英, 贺普超. 葡萄霜霉病抗病性鉴定方法的研究[J]. 果树科学, 1988(2): 49-55.
- [23] 戴稳兵, 朱春文. 无公害葡萄避雨栽培技术[J]. 上海农业科技, 2007(4): 74-75.
- [24] 王金姣. 美国红提葡萄简易避雨栽培技术[J]. 广西园艺, 2007, 18(4): 35-36.

(责任编辑: 田 喆)