

孙丽华,李瑞盈,杜建双. 基于温湿度的酒葡萄炭疽病预报指标与模型[J]. 江苏农业科学,2020,48(15):151-158.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.027

# 基于温湿度的酒葡萄炭疽病预报指标与模型

孙丽华,李瑞盈,杜建双

(河北省秦皇岛市气象局,河北秦皇岛 066000)

**摘要:**为分析酿酒葡萄炭疽病发生与气象条件之间的关系,建立该病发生前期气象指标及预报模型,以期结合中期天气预报产品对炭疽病的预测预警提供技术支持。使用近 10 年(2007—2016 年)炭疽病发生观测资料及同步气温、相对湿度、降水等气象记录,对病害发生前 15 d 气象条件进行分析,采用逐步回归分析方法建立预测模型。结果表明,高温高湿的气候环境是炭疽病发生和流行的重要条件,气象条件出现以下 3 种情况,则预测 7~10 d 内将有炭疽病发生:(1)连续 3 d 出现相对湿度 85% 及以上,气温 24 ℃ 左右,且有 2~3 次 20 mm 以上明显降水;(2)降水量不足 5 mm,但相对湿度呈增加趋势且连续 2 d 在 85% 及以上,气温呈上升趋势;(3)前期出现明显降水(20 mm 以上),相对湿度连续 3 d 达 85% 及以上,后期气温迅速上升。若根据预报模型计算的  $Y$  值在 0.9~1.1 间则极易发生炭疽病。该气象指标及预报模型对预测炭疽病发生、加强综合防治有积极的指导作用。

**关键词:**酿酒葡萄;炭疽病;气象指标;预报模型

**中图分类号:** S436.631.1<sup>+</sup>5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2020)15-0151-07

炭疽病别称晚腐病,是葡萄近成熟期引起果实腐烂的重要病害之一。炭疽病主要危害成熟果实,也可危害幼果、叶片、叶柄、穗轴和卷须等,从而影响葡萄的品质和产量,一般造成减产 10%~20%,流行年份病穗率达 50% 以上,导致种植户经济损失巨大<sup>[1-4]</sup>。炭疽病在我国各葡萄栽培区均有分布,南方产区该病发生较为普遍,有些年份发病非常严重,北方地区尤其环渤海湾酿酒葡萄产区炭疽病危害比较严重<sup>[5]</sup>。炭疽病属于真菌病害,主要以菌丝体在枝蔓表层组织及病果上越冬,翌春环境条件适宜时产生大量分生孢子,通过风雨或昆虫传播到果穗上,引起初次侵染。然后经过潜育期,病部孢子囊会继续萌发产生更多分生孢子,再次侵染植株果穗或其他部位,引起病害流行。气象条件不仅影响植物的物候生长、果实产量及品质,同时也与病虫害发生有密切关系<sup>[6-10]</sup>。炭疽病的发生、流行取决于病原菌、葡萄苗木和环境条件,其中气象条件起着重要作用。炭疽病的发生、发展与气温、降水、湿度等关系密切,因此分析炭疽病发生前的气象条件

变化,建立炭疽病发生的气象指标及预报模型,对预防控制炭疽病、提高酒葡萄品质、减少经济损失具有重要意义。

目前,国内有关炭疽病的研究主要集中在病原菌形态、病菌分类、毒素、田间侵染和流行规律等方面,对炭疽病与气象条件关系的分析较少。有研究人员探讨了贵州省安顺市、河北省昌黎县、河南省郑州市、陕西省兴平市、安徽省淮北市、辽宁省开原市等地葡萄炭疽病的发病规律、发病原因及防治措施,指出炭疽病的发生和流行与气候条件之间存在一定关系。洪勇指出,多雨高湿、温度适宜是炭疽病流行的主要条件,天气干旱则病害发展缓慢<sup>[11]</sup>。赵大伟认为,通风透光较差、田间湿度大的果园炭疽病发病严重<sup>[12]</sup>。邢彩云等认为,炭疽病越冬病菌要达到一定温湿度条件才能形成分生孢子,分生孢子的传播与萌发都需要一定的水分和降雨<sup>[13]</sup>。费关键等指出,炭疽病病菌产生孢子主要受温度和雨量的影响,温度越低,产生孢子所需的时间越长,雨量丰富有利孢子产生<sup>[14]</sup>。穆玉侠认为,逢闷热雷雨,炭疽病便进入发病盛期,有雨、露、雾的天气有利于发病<sup>[15]</sup>。孙执中认为,天气潮湿闷热利于炭疽病菌的侵染蔓延,降水早则发病早,天气干旱时则发病缓慢<sup>[16]</sup>。以上研究均指出炭疽病发生与气象条件有关,为技术人员开展炭疽病与气象条件关系的深入分析提供参考依据及思路,但这些研究没有

收稿日期:2019-08-29

基金项目:河北省气象局科研项目(编号:15ky30)。

作者简介:孙丽华(1970—),女,河北唐山人,硕士,高级工程师,主要从事农业气象及气候变化研究。E-mail:qhdsllh@163.com。

通信作者:李瑞盈,硕士,工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:rachelry@qq.com。

具体指出适宜炭疽病发生的气象指标,在生产中的操作性及实际指导意义略显不足。因此,基于实地炭疽病调查资料与同步气象资料开展炭疽病与气象条件关系分析、建立炭疽病发生前期气象指标及预报模型,为酒葡萄种植基地提供合理的防治时机,对达到提前预防和控制炭疽病的发生发展、减少病害危害的目的具有重要指导意义。

1 材料与方法

1.1 资料来源

炭疽病发生日期及病情指数资料来源于昌黎朗格斯酒庄(秦皇岛)有限公司、中粮华夏长城葡萄酒有限公司及耿氏酒庄,均位于秦皇岛市昌黎县境内。供试酒葡萄品种为赤霞珠,种植面积 400 多 hm<sup>2</sup>,栽培形式为人字型架栽培,观测试验区生长季节不进行药剂防治,水肥管理及农事操作正常进行。其中炭疽病病情指数为 2012—2014 年观测,发病日期资料为 2007—2016 年观测,气象资料采用 2007—2016 年昌黎县气象局的气温、相对湿度、降水等观测数据。

1.2 计算方法

采用实地调查法记录酿酒葡萄炭疽病发生情况,因炭疽病主要危害果实,故主要调查酿酒葡萄果穗发病情况,发生标准分为始发期(以病果出现为标志)、盛发期(病穗率达 10% 为盛发期的低限)和持续期 3 个阶段<sup>[17]</sup>。炭疽病发病日期为当年第 1 次病害发现日期,当观测到有染病果穗出现即记录病发。病情指数表征了病害的发病率与严重度,于 2012—2014 年每年 6 月下旬到 9 月下旬之间每隔 7 d 进行 1 次病情指数调查,具体调查方法如下:在园区内随机选取 4 个小区(每个小区域面积控制在 3 m×3 m),每个小区域内随机选择 5 株酿酒葡萄,共计 20 株,记录总穗数、发病穗数。参考前人对昌黎产区葡萄病虫害发生情况的研究<sup>[18]</sup>,采用的果穗病害分级方法如下:

- 0 级:无病斑;
- 1 级:全穗 1/4 以下果粒感病;
- 2 级:全穗 1/4 ~ 1/2 果粒感病;
- 3 级:全穗 > 1/2 ~ 3/4 果粒感病;
- 4 级:全穗 3/4 以上果粒感病。
- 病情指数 =  $\Sigma$  (各级病果穗数 × 相对级数值) / (调查总果穗数 × 最高级别代表值) × 100%。

采用数量统计方法对病发前 15 d 的气象条件

进行逐要素相关性分析,再根据拟合软件进行综合的多元回归分析并建立回归方程<sup>[19]</sup>。

2 研究区概况及当地酿酒葡萄物候期

昌黎县位于河北省东北部,属东部季风区暖温带半湿润大陆性气候,日照充足,四季分明。年均日照时数 2 901.0 h,年平均气温 11.7 ℃,最热月平均气温 25.4 ℃,最冷月平均气温 -4.3 ℃,无霜期 186 d,≥10 ℃ 的有效积温 1 909.8 ℃,年平均降水量 602.9 mm,年平均相对湿度 61%,气候条件非常适宜酿酒葡萄生长<sup>[20-22]</sup>。

昌黎酿酒葡萄的物候期:4 月中旬为萌芽期,5 月中下旬为开花期,5 月下旬末至 7 月中旬为浆果生长期,8 月上旬开始进入转色期,9 月进入成熟期,10 月为采收期<sup>[23-25]</sup>。

3 结果与分析

3.1 酿酒葡萄炭疽病发生情况

分析炭疽病与气象条件关系的前提是收集整理炭疽病发病资料,实地观测及走访 2007—2016 年 10 年间秦皇岛昌黎产区共发生炭疽病个例 17 个(表 1)。最早发生日期 7 月 1 日,最晚为 9 月下旬,平均发生日期 8 月 5 日。由此可以基本确定炭疽病预报服务重点时期在 7—9 月。

表 1 昌黎产区 2007—2016 年酿酒葡萄炭疽病发生情况		
年份	始发日期	地点
2007	8 月 13 日	朗格斯酒庄
2008	8 月 20 日	朗格斯酒庄
2009	7 月 1 日	段家店
2009	8 月 28 日	朗格斯酒庄
2009	9 月中旬	耿氏酒庄
2009	9 月 29 日	段家店
2010	7 月 24 日	朗格斯酒庄
2010	9 月下旬	耿氏酒庄
2011	7 月 26 日	朗格斯酒庄
2012	7 月 17 日	中粮华夏酒庄
2013	7 月 5 日	中粮华夏酒庄
2013	8 月 10 日	朗格斯酒庄
2013	9 月上旬	耿氏酒庄
2014	7 月 24 日	中粮华夏酒庄
2014	8 月 11 日	朗格斯酒庄
2015	7 月 24 日	朗格斯酒庄
2016	8 月 10 日	朗格斯酒庄

### 3.2 酿酒葡萄炭疽病病情指数变化

为进一步验证酿酒葡萄炭疽病在当地的发生时间及规律,2012—2014 年在酿酒葡萄生长季对炭疽病病情指数进行定点监测。图 1 为 3 年病情指数监测结果,可以看出,酿酒葡萄萌芽期到开花期没有观测到炭疽病,3 年观测结果均表明炭疽病从 7 月初开始发生,2012 年 7 月 17 日开始出现,2013 年较早,7 月 3 日就开始出现,2014 年较前 2 年较晚,为 7 月 27 日。但 7 月初至 8 月上旬其发病率较低,病情指数也在 10 以下,发病较轻。直到 8 月中旬起

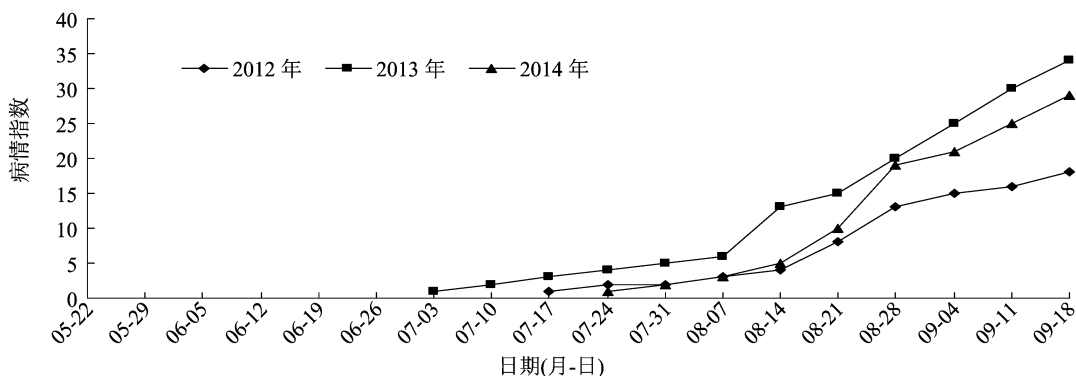


图1 2012—2014 年酿葡萄炭疽病病情指数

### 3.3 酿葡萄炭疽病发生前期气象条件分析

**3.3.1 气温** 研究表明,炭疽病的发生与环境条件密切相关,其孢子的形成与温度有关,形成的温度范围为 10 ~ 35 ℃,最适温度为 25 ~ 28 ℃,12 ℃ 以下或 36 ℃ 以上不形成孢子<sup>[26]</sup>。2007—2016 年炭疽病发生期气象资料显示:该病发生前 15 d 平均气温 21.8 ~ 32.1 ℃,前 7 d 平均气温 21.9 ~ 30.7 ℃,发病前 3 d 平均气温变化范围变小,10 年中有 9 年 3 d 的平均气温在 23.5 ~ 27.0 ℃ 之间,气温变化基本稳

病情指数呈迅速升高趋势,开始进入炭疽病盛发期。如 2013 年 8 月 14 日以后,降水量逐渐增加,空气湿度大,炭疽病的发病率和病情指数逐渐增大,一直持续到调查后期,病情指数为 33.7,为 3 年调查的最高值。因此,昌黎产区可把 6 月底至 7 月初的发病前或发病初期定为酿酒葡萄炭疽病有效防治开始期,采取措施进行防治,降低炭疽病在果实成熟后期的蔓延发展,从而降低该病对葡萄品质及产量的影响。

定在一个小范围区间,温差幅度较小,只有 1 年为 30.3 ℃,但该年 3 d 的温度范围为 27.3 ~ 30.3 ℃,温差幅度 3 ℃。图 2 为 2007—2016 年 10 年炭疽病发病前 15 d 逐日平均气温变化曲线,从图 2 可以看出,炭疽病发病前 15 d 平均气温基本维持在 25.5 ~ 27.5 ℃ 间,前 7 d 在 25.6 ~ 26.6 ℃ 间,一般在发病前 9 ~ 7 d 和 3 d 左右分别有 1 次弱降温过程,然后气温呈上升趋势。

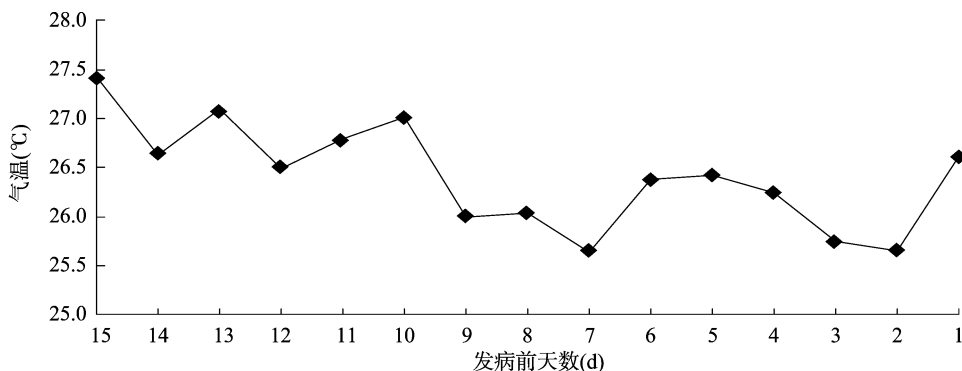


图2 炭疽病发病前 15 d 平均气温趋势

以上分析可以推测,较稳定的温度条件为炭疽病的发生创造了基础条件,23 ~ 27 ℃ 也处于炭疽病发生的最适宜温度范围,发病前 3 d 有升温趋势。总结 2007—2016 年间温度数据,结合前人研究结

果,22 ~ 31 ℃ 是当地炭疽病发生的适宜温度,其中最适宜温度范围为 23 ~ 27 ℃。

**3.3.2 相对湿度** 炭疽病的发生与环境条件密切相关,多雨高湿、温度适宜是该病流行的主要条件,

特别是高湿环境通常会提高该病害发生的概率。表 2 为 2007—2016 年炭疽病发生前 15 d 逐日相对湿度变化,可以看出,10 年中,炭疽病发生前 15 d 均出现连续 3 d 平均相对湿度达 85% 及以上情况,其中有 4 年连续 3 d 的相对湿度在 90% 及以上,分别为 2009 年、2010 年、2011 年和 2012 年。而 2010 年持续 9 d 相对湿度达 89% 及以上,2012 年发病前 11

d 有 9 d 的相对湿度在 86% 及以上,2015 年发病前 12 d 有 9 d 相对湿度在 85% 及以上。另外统计还表明,当连续 3 d 以上平均相对湿度 $\geq 85\%$ 时,最快 2 d 后炭疽病发生(2009 年),最迟 10 d 炭疽病发生(2013 年),一般在 3~7 d 后发生。由此可以推测,较高的相对湿度为炭疽病的萌发和侵染提供了较为有利的条件,高湿环境与炭疽病的发生呈正相关。

表 2 昌黎产区 2007—2016 年炭疽病发生前 15 d 平均相对湿度

发病前天数 (d)	相对湿度(%)									
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
15	84	67	74	88	75	81	68	63	89	84
14	82	80	91	92	77	100	72	84	87	82
13	90	81	84	76	80	74	87	87	79	90
12	74	87	84	84	97	81	91	77	85	74
11	54	80	86	67	89	86	91	43	88	54
10	60	86	83	79	85	92	85	47	89	60
9	66	89	87	97	93	100	73	66	87	66
8	76	85	90	89	100	95	77	79	85	76
7	85	77	91	99	99	89	82	65	84	86
6	90	72	81	100	80	86	73	76	85	90
5	86	52	90	98	77	70	70	80	85	85
4	79	62	94	89	80	96	65	92	85	79
3	69	79	91	94	76	91	70	87	94	69
2	78	74	80	97	66	88	84	93	81	78
1	78	74	78	97	77	77	78	86	80	78

相关调查也表明,雨后葡萄园内连续湿润 8~12 h,炭疽病菌能在果穗或果粒上完成侵入,园内相对湿度达到 82% 以上,病菌孢子的数量在 4~5 d 后出现高峰。因此,可以认为炭疽病滋生的适宜湿度范围 $\geq 85\%$ ,当连续 3 d 平均相对湿度在 85% 及以上时,10 d 内发生炭疽病概率非常大。

3.3.3 降水 炭疽病的发生是气温、湿度和降水等气候条件之间协同作用的结果。酿酒葡萄带菌枝蔓经雨水淋湿后形成大量孢子,环境温度适宜时,病斑上新形成的分生孢子可借风雨或昆虫再次传播,进行多次侵染,尤其随着雨水飞溅,传播到新梢、叶片、叶柄、卷须、果柄、果实上,因此分生孢子的萌发与传播均需要一定的水分或降雨,且雨、露、雾条件有利于孢子形成。分析得知,炭疽病田间发病与降雨关系密切,降雨后数天易发病,天旱时病情扩展不明显。2007—2016 年,有 9 年在炭疽病发病前 3 d 出现降水,唯一没有出现降水的 2012 年在发病前 8~7 d 连续 2 d 有降水,且过程降水量达 47.3 mm。有 6 年发病前 5 d 降水总量达 17.4~

172.6 mm。图 3 为 2007—2016 年炭疽病发病前 7 d 累积降水量变化,10 年中有 8 年累积降水量在 20 mm 以上,2 年在 5~10 mm 间。可见炭疽病发病前总体降水量偏多,充足的降水为炭疽病的发生创造了良好的水汽条件。

3.3.4 日照时数 综上所述,高湿环境是该病发生流行的主要条件之一,而日照时数与高湿环境呈负相关关系<sup>[27]</sup>。7—8 月昌黎地区为潮湿闷热天气,当日照时数较低时,大多数时候当天的相对湿度较高,具体参考表 2 和表 3。表 3 为昌黎产区 2007—2016 年炭疽病发生前 15 d 的日照时数。在炭疽病发生前 15 d 内,至少有 4 d 的日照时数低于 7.5 h。同时炭疽病发生前 3 d 内,必然有 1 d 的日照时数小于 7.5 h,这一天的相对湿度也大于 70%。由此可以说相对较低的日照时数是诱发炭疽病的间接气象因素。

3.3.5 干燥度 昌黎产区 2007—2016 年及炭疽病易发期的干燥度如表 4 所示。干燥度的计算公式为修正的谢良尼诺夫公式:

$$K=0.16 \times (\sum \geq 10^{\circ}\text{C})/R。$$

式中: $K$  为干燥度; $\sum \geq 10^{\circ}\text{C}$  表示当年 1 月 1 日到发现炭疽病发生期间 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温; $R$  表示同时期降水量。积温和降水量的累积时间段为该年 1 月 1

日到病发日。从表 4 可以看出,2007—2016 年昌黎产区的年干燥度均在 1 以下,根据既定标准,昌黎产区为湿润地区,即表示该地区全年的雨水较多且湿度较大,有利于炭疽病的发生。

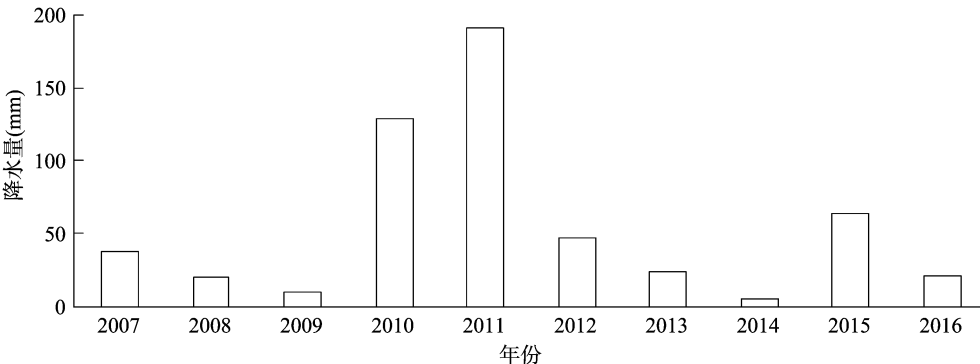


图3 2007—2016 年炭疽病发生前 7 d 累积降水量

表 3 昌黎产区 2007—2016 年炭疽病发生前 15 d 日照时数

发病前天数 (d)	日照时数(h)									
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
15	10.6	12.4	13.6	11.4	9.8	12.5	11.8	11.9	13.6	9.7
14	11.9	11.7	13.1	0	1.1	13.2	0	11.5	8.8	9.2
13	0	11	12.7	5.4	13.2	12.4	12.8	10.8	0	8.3
12	10.8	7.4	7.8	2.7	7.6	0	12.1	0	4.5	3.7
11	12.9	11	3.1	8.1	11.9	11.8	12.2	12.7	13.5	0
10	12.7	8	13	12.5	8.1	0	6.2	12.2	11.8	5.1
9	11.4	1.1	0	8.4	4.3	9.2	0	10.8	0	6.6
8	9.1	6.4	12.4	3	10.5	0	9.9	7.3	0	10.8
7	6.4	11.5	11.3	7.7	0	2.9	4.1	0	7.7	12.2
6	0	6	11.6	7.9	0	11	10.6	9.5	8.2	12
5	11.7	11.1	12.4	0	0	12	13.2	9.7	3.5	9.3
4	10.6	12.8	6.3	0	0	13.5	0	11.8	0	10.3
3	6.4	0	0	7.2	0	13.1	5.4	12.1	2.7	5.5
2	9.3	11.6	0	13.2	0	0	9.4	11.9	0	12.3
1	9.7	8.7	12.3	11.5	0	12.1	12	7.4	8.5	7.7

表 4 昌黎产区 2007—2016 年炭疽病发生前的干燥度

年份	干燥度
2007	0.533 38
2008	0.530 74
2009	0.608 31
2010	0.469 94
2011	0.454 38
2012	0.499 05
2013	0.646 90
2014	0.757 68
2015	0.552 98
2016	0.447 19

3.3.6 综合分析及气象指标 温度、湿度、感病作物是病害流行的三要素,而适宜的温度、湿度是发病的基本条件。对炭疽病而言,多雨、空气湿度大、高温是该病害流行的主要条件。对 2007—2016 年炭疽病发生的 10 年病例进行温度、湿度和降水量综合分析(图 4),可以看出,平均气温和相对湿度之间的变化呈现一定规律,通常情况下,平均温度与相对湿度二者的变化趋势呈反相关,特别是相对湿度出现较为剧烈的变化时,但温度的变化幅度较相对湿度变化幅度小,一直处于有利于炭疽病菌侵染的适宜范围内。结合降水次数及降水量,炭疽病发生基本可以分为以下 3 种情况:(1)连续 3 d 出现相

对湿度 85% 及以上,气温 24 ℃ 左右,且有 2~3 次 20 mm 以上明显降水(代表年份 2011 年 7 月 26 日)。2011 年连续 7 d 相对湿度 $\geq 85\%$ ,发病前 4 d 气温均在 24 ℃ 以上,发病前 7 d 出现 5 次降水,且有 3 次 20 mm 以上明显降水。(2)相对湿度呈增加趋势且连续 2 天在 85% 及以上,气温也同步上升趋势时,即使降水量不足 5 mm(代表年份 2009 年 8 月 28 日)。(3)前期出现明显降水(20 mm 以上),相对湿度连续 3 d 达 85% 及以上,后期气温上升迅速(代表年份 2010 年 7 月 24 日)。以上 3 种情况出现或即将出现时,均可以预测已经具备炭疽病发生的适宜气象条件,如病源存在,则预测 7 d 内将有炭疽病发生。

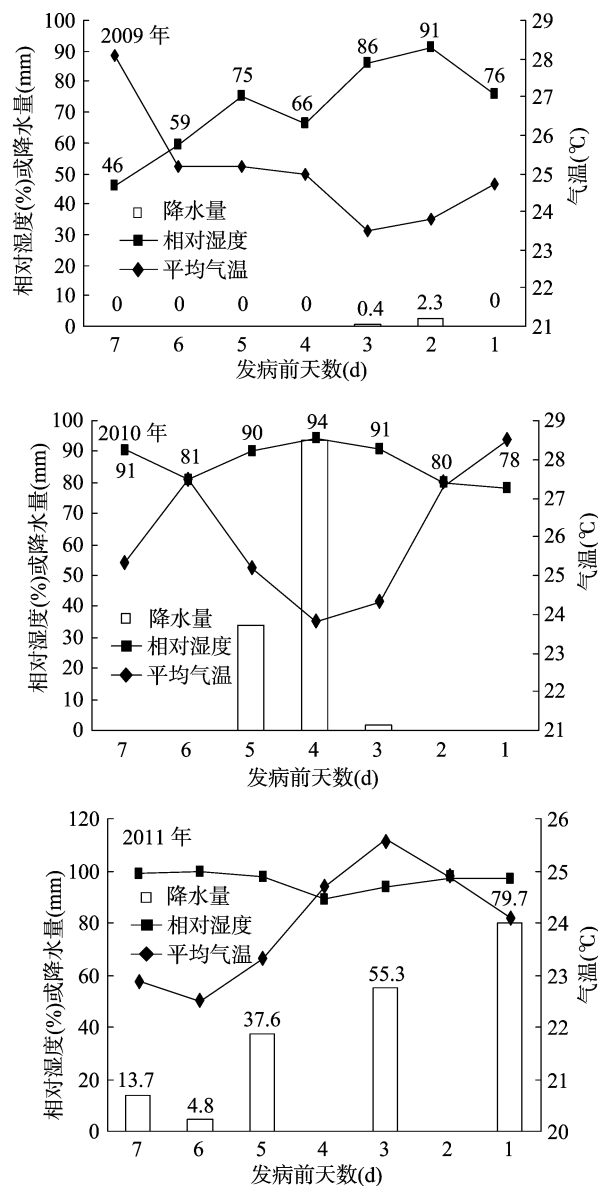


图4 炭疽病发生前 7 d 温度、相对湿度及降水匹配个例

综合分析可以得出炭疽病发生的农业气象指标:气温 23 ℃~27 ℃,平均相对湿度 $\geq 85\%$ 且持续 3 d 以上,只要有降水出现,7~10 d 具备炭疽病发生的基础。此时可结合病原菌调查及未来 7 d 中期天气预报,为种植基地提供酿酒葡萄炭疽病发生气象条件预报,提醒技术人员提前采取防治措施。

### 3.4 炭疽病发生潜势预报模型

对炭疽病发生情况及气象因子进行处理,以炭疽病发生情况为因变量,相关气象影响因子为自变量,进行逐步回归分析,从中筛选最佳回归方程,组建葡萄炭疽病流行预测模型,为炭疽病提前预防提供参考。设炭疽病发生为数值 1,以温度、相对湿度、降水为影响因素,获得回归方程:

$$Y = 0.05 + 0.00261 \times X_1 + 0.01202 \times X_2 - 0.0076 \times X_3 \quad (1)$$

式中: $X_1$  表示病发前 7 d 的日平均气温; $X_2$  表示病发前 7 d 的日平均相对湿度; $X_3$  表示病发前 7 d 的平均降水量。方程总体检验为显著水平( $R^2 = 0.9973, P < 0.01$ ),因而可以用于昌黎地区酿酒葡萄炭疽病流行的预测,该方程表明相对湿度和降水是影响炭疽病发生的主要因素,降水未与病害的发生呈现正相关关系。当计算出  $Y$  值在 0.9~1.1 之间时,发生炭疽病的可能性较大,且  $Y$  值越接近 1 发病的可能性越大。结合发病个例炭疽病发生程度,这里设定  $0.95 \leq Y \leq 1.05$  为高危区,  $0.9 \leq Y \leq 0.95$  或  $1.05 \leq Y \leq 1.1$  为中危区,  $Y < 0.9$  或  $Y > 1.1$  为低危区。

结合 2017 年、2018 年的气象数据,利用方程(1)可以对炭疽病的发生进行预判。之前数据中炭疽病的发生最早出现在 7 月 17 日,且每年发病时间都在 7 月、8 月。方程(1)需要 7 d 的平均气温、相对湿度和降水量,因此从 7 月 15 日开始,利用方程(1)开始计算  $Y$  值,所获得计算结果如图 5 所示。

由图 5 可知,2017 年 7 月 15—20 日、25—28 日 2 个时段的  $Y$  值处于 0.9~1.1 之间,符合炭疽病发生气象预警条件,且为 0.95~1.05 区间的高危区。但 7 月 15—20 日炭疽病并未发生,经过调研分析,这可能与观测园区炭疽病病情指数低及该段时间未出现降雨有关。随着时间推进,7 月 21—24 日  $Y$  值升高,处在中低危区间,但从 7 月 25 日开始, $Y$  值逐渐减小,直至缩减到 7 月 28 日的 1.016,达到高危预警范围,而就在 7 月 29 日发现了炭疽病。由此可以表明,该预报模型对炭疽病还是具有可预报性

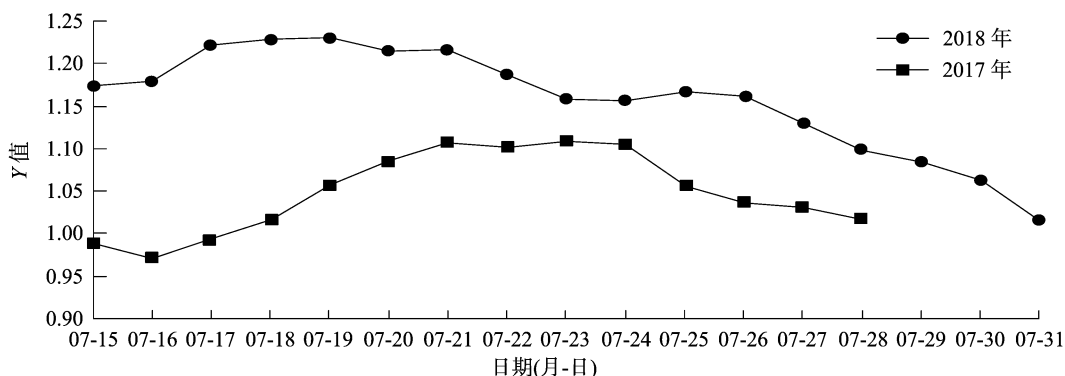


图5 根据方程(1)计算的 2017 年、2018 年 7 月 15—31 日的 Y 值

的。2018 年的情况也十分类似,2018 年 7 月 20 日起, Y 值开始呈下降趋势, 7 月 31 日时 Y 值降至 1.014, 也达到 0.95 ~ 1.05 的高危预警范围, 而 2018 年 8 月 1 日则观察到了炭疽病。根据上面 2 年预判分析, 可以确定方程(1)用于炭疽病发生的预报, 能够起到预警作用, 为农田酿酒葡萄炭疽病防治提供指导。具体而言, 从 7 月 15 日开始计算 Y 值, 观察 Y 值的变化, 当 Y 值进入高危区间, 立刻对炭疽病发生进行预警, 特别是 Y 值持续降低, 进入高危区间时, 预警级别进入最高等级。

2017 年、2018 连续 2 年进行了气象条件监测, 应用本模型滚动计算 Y 值, 针对炭疽病的发生向用户(昌黎朗格斯酒庄、华夏酒庄、金仕酒庄及耿氏酒庄)发出预报预警, 提前 2 ~ 3 d 采取措施进行炭疽病防治, 有效控制了病情的发展, 提高了园区当年酿酒葡萄的产量和品质。

#### 4 结论与讨论

高湿度是炭疽病发生、流行的重要条件, 相对较高的温度为炭疽病真菌萌发及生长提供了较为有利的温度环境, 降雨提高了相对湿度, 利于病菌的生长、传播及入侵。根据干燥度统计可知昌黎产区为湿润地区, 进入 7 月以后, 气温、湿度升高, 降水增加, 为炭疽病的发生提供了较为适宜的环境条件。

根据炭疽病发生的气象指标, 结合中期天气预报可对炭疽病的发生提出预测预警。当预报未来 7 ~ 10 d 气温在 23 ~ 27 °C、相对湿度持续 3 d 达 85% 及以上且将有降水出现, 根据预测模型(1)进行计算得到的 Y 值在 0.9 ~ 1.1 之间, 则炭疽病极有可能发生。结合 Y 值所在区间可分级发布病害预警, 提醒种植户加强注意和做好药剂准备。

果园环境是炭疽病发生的重要影响因素, 通风透光不良、果园排水不畅、田间湿度大、病残体清除

不彻底等有利于发病。创造良好的通风透光条件, 降低小气候的空气湿度, 是减轻病害发生的关键措施。

根据 2017 年和 2018 年 2 年的实际应用可以发现, 通过方程(1)并结合气象条件进行综合分析, 还是能够预判炭疽病的发生。不过由于炭疽病资料时间序列较短, 对炭疽病的观察较为粗糙, 没有深入统计发病率等重要指标, 加之分析手段的局限性, 使得本研究还要进一步深化, 力求将该问题解决得更好。

#### 参考文献:

- [1] 薛金国, 尤 杨, 黄广远, 等. 园林植物病害诊断与防治[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009.
- [2] 李振卿, 陈建业, 李红伟, 等. 彩叶树种栽培与应用[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011.
- [3] 范永占, 吴柏娇, 陈荣茂. 葡萄炭疽病的发生与防治[J]. 福建农业科技, 1994(1): 19 ~ 20.
- [4] 杨书涛, 朱晓宇, 丁慧君, 等. 葡萄炭疽病发生与防治[J]. 果树花卉, 2012(9): 55 ~ 56.
- [5] 李兴红, 燕继晔. 图说葡萄病虫害防治关键技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [6] 刘 思, 王志磊, 张军翔. 葡萄行内覆盖对园区微域生态环境及果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2019, 47(6): 73 ~ 78.
- [7] 王博妮, 景元书. 农作物病虫害气象条件预报方法研究进展[J]. 江苏农业科学, 2009(4): 25 ~ 27.
- [8] 张剑侠. 葡萄种质资源对晚霜冻害的抗性表现[J]. 果树学报, 2019, 36(2): 137 ~ 142.
- [9] 徐 云, 高 苹, 缪 燕, 等. 江苏省小麦赤霉病气象条件适宜度判别指标[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 188 ~ 192.
- [10] 徐 敏, 高 苹, 刘文菁, 等. 水稻稻曲病气象等级预报模型及集成方法[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(17): 95 ~ 98.
- [11] 洪 勇. 安顺市葡萄炭疽病的发病原因及防治方法[J]. 现代农业科技, 2017(3): 114 ~ 115.
- [12] 赵大伟. 昌黎产区葡萄炭疽病发生规律及无公害防治措施[J]. 河北果树, 2011(4): 47.

陶 瑶,黄京平,余焰文,等. 江西省茶叶春霜冻发生的时空演变规律[J]. 江苏农业科学,2020,48(15):158-164.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.028

# 江西省茶叶春霜冻发生的时空演变规律

陶 瑶<sup>1</sup>,黄京平<sup>1</sup>,余焰文<sup>2</sup>,刘 丹<sup>3</sup>,蔡 哲<sup>3</sup>

(1. 江西省上饶市气象局,江西上饶 334000; 2. 江西省抚州市气象局,江西抚州 344000; 3. 江西省农业气象中心,江西南昌 330096)

**摘要:**基于江西省茶叶主产区 1961—2019 年早春日最低气温观测资料,运用气候倾向率、Mann-Kendall 突变检验等气候统计诊断方法,分析了近 59 年春霜冻发生的时空演变规律。结果表明,近 59 年江西省茶区平均终霜期南部早于北部,平均春霜日数赣西北出现最多,赣中南出现最少;3 月份发生春霜冻的可能性最高,且以轻度霜冻为主;特晚终霜期均出现在 1997 年之前,偏晚终霜期均出现在 2011 年之前;茶叶春霜冻的长期变化趋势表现为终霜期明显提早,春霜日数显著减少,且变化速率赣东北大于赣西北,赣西北大于赣中南;平均终霜期赣东北、赣西北、赣中南发生突变的年份分布在 1988 年、1996 年、1980 年,平均春霜日数赣东北、赣西北发生突变的年份分别是 1997 年和 2016 年,而赣中南在 95% 的显著性水平下未发生突变。

**关键词:**茶叶;春霜冻;时空演变;江西省

**中图分类号:** S425 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)15-0158-07

江西省是我国传统的茶叶大省,2017 年全省茶园面积达 9.87 万  $\text{hm}^2$ ,茶叶总产量为 6.1 万 t。2017 年 12 月,江西省人民政府发布了《关于加快农业结构调整的行动计划》<sup>[1]</sup>,文件中指出,至 2020 年,全省茶园面积达到 17.33 万  $\text{hm}^2$ ,总产量达到 12 万 t。近年来,随着茶叶产业结构的调整,江西茶叶

生产逐渐转向经济产出较高的名优春茶生产为主。春霜冻(3—4 月)是影响茶叶生长的主要气象灾害之一,对茶叶生产有严重影响<sup>[2-3]</sup>。2010 年 3 月发生的持续霜冻导致江西省茶园受灾面积达 3.86 万  $\text{hm}^2$ ,春茶产量损失 0.6 万 t 左右,茶产业直接经济损失高达 3.7 亿元以上<sup>[4]</sup>,部分地区几近无收。2018 年 4 月上旬春霜冻导致江西省浮梁县春茶减产减收幅度超过 40%<sup>[5]</sup>,婺源县 50% 以上茶园遭遇不同程度霜冻灾害,直接经济损失约 1.2 亿元<sup>[6]</sup>。随着气候变化,春霜冻灾害对江西省茶产业的健康发展产生了威胁,因此,了解和掌握春茶霜冻的发生规律,对保障茶叶安全生产具有十分重要

收稿日期:2020-03-28

基金项目:上饶市气象局科研项目“茶叶气候品质评价技术研究”。

作者简介:陶 瑶(1992—),女,江西萍乡人,硕士,助理工程师,主要从事农业气象服务与研究。E-mail:1240447330@qq.com。

通信作者:蔡 哲,硕士,高级工程师,主要从事气象灾害监测与评价研究。E-mail:caizheread@163.com。

[13]邢彩云,王 震,马 东,等. 河南郑州葡萄炭疽病的发生及防治措施[J]. 果树,2017(6):313-314.

[14]费关键,王西会,贾春雷,等. 葡萄炭疽病的发生规律及综合防治技术[J]. 陕西农业科学,2007(3):176-177.

[15]穆玉侠. 葡萄炭疽病的发生与防治[J]. 安徽农学通报,2005,11(4):106.

[16]孙执中. 葡萄炭疽病及其防治[J]. 河北果树,2007(5):49-50.

[17]高迎娟,刘玉忠,陈启发. 山葡萄霜霉病发生规律及其抗病性的进一步探讨[J]. 中国农学通报,2010,26(20):279-282.

[18]庞 建. 昌黎产区赤霞珠葡萄病虫害发生情况的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.

[19]乔宝营,黄海帆,刘崇怀,等. 几种理化因素与葡萄霜霉病抗性的关系[J]. 果树学报,2014,31(5):901-905.

[20]位志浩. 昌黎县葡萄酒产业现状调查与分析[D]. 秦皇岛:河北科技师范学院,2014.

[21]张小转. 河北昌黎产区葡萄与葡萄酒质量的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.

[22]吉沐祥,毛妮妮,彭燕琼,等. 鲜食葡萄绿色发展目标与“双减”增效关键技术[J]. 江苏农业科学,2018,46(4):143-147.

[23]孙丽华,张天云,戴 伟. 昌黎酿酒葡萄全生育期气象指标与预报模型[C]//2011 年第二十八届中国气象学会年会论文集. 厦门:中国气象学会,2011:6.

[24]颜 雨. 河北省酿酒葡萄气候区划与品种区划研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.

[25]孙丽华,张宝贵,陈连友. 酿酒葡萄白腐病的发生与气象条件的关系[J]. 安徽农业科学,2010,38(32):18179-18181.

[26]周华江. 灌南县葡萄常见病害的症状与防治对策[J]. 现代农业科技,2015(23):150-151.

[27]周晓宇,张新宜,崔 妍,等. 1961—2009 年东北地区日照时数变化特征[J]. 气象与环境学报,2013,29(5):112-120.