

2018 年—2019 年重庆蚕豆赤斑病发生情况 及预测模型的建立

龙珏臣^{1#}, 杜成章^{1#}, 王 萍¹, 张晓春¹, 刘剑飞¹, 张微微²,
王 强¹, 刘帮银³, 余雪源¹, 陈 红¹, 张继君^{1*}

(1. 重庆市农业科学院, 重庆 400050; 2. 重庆市合川区经济作物发展指导站, 重庆 401520;
3. 重庆市合川区粮油作物发展指导站, 重庆 401520)

摘要 蚕豆赤斑病是世界蚕豆各产区及我国东南沿海和长江流域地区生产中最主要的病害之一。本研究连续 2 年对重庆地区 29 个区县的蚕豆赤斑病发生情况开展了调查。调查结果显示,城口县发病最轻,两年平均病情指数为 40.9,长寿区发病最重,两年平均病情指数为 73.4。4 个自然生态区中,秦巴山地常绿阔—落叶林生态区的发病最轻,两年平均病情指数为 47.3。三峡库区平行岭谷农林复合生态区发病最重,两年平均病情指数为 68.4。相关性分析和通径分析结果表明,1 月相对湿度、1 月平均风速、3 月降水量、3 月相对湿度在蚕豆赤斑病的发生过程中起主导作用。此外,11 月平均风速对病情的发展产生较强的负向效应。在以上研究基础上初步建立了基于重庆地区蚕豆赤斑病发生规律的病害预测模型: $Y=35.01946-3.01618X_7-5.5758X_9+0.5679X_{27}+0.1586X_{29}$,模型表明,11 月平均风速(X_7)、1 月平均风速(X_9)、1 月相对湿度(X_{27})、3 月相对湿度(X_{29})与病情指数(Y)有较强的线性关系。本模型的建立为蚕豆赤斑病的防控提供了技术支撑。

关键词 蚕豆赤斑病; 气象因子; 相关分析; 回归分析; 预测模型

中图分类号: S435.23 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021442

Disease occurrence and establishment of prediction model of faba bean chocolate spot in Chongqing from 2018 to 2019

LONG Juechen^{1#}, DU Chengzhang^{1#}, WANG Ping¹, ZHANG Xiaochun¹, LIU Jianfei¹, ZHANG Weiwei²,
WANG Qiang¹, LIU Bangyin³, YU Xueyuan¹, CHEN hong¹, ZHANG Jijun^{1*}

(1. Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400050, China; 2. Hechuan Economic Crops Development Guidance Station, Chongqing 401520, China; 3. Hechuan Grain Oil Crops Development Guidance Station, Chongqing 401520, China)

Abstract Chocolate spot is one of the most important diseases in faba bean production areas in the world and in the southeast coastal areas and the Yangtze River basin of China. We investigated the occurrence of chocolate spot in 29 districts and counties of Chongqing for 2 years. The results showed that the incidence in Chengkou county was the least severe, with the two-year average disease index of 40.9, while that in Changshou district was the most severe, with the two-year average disease index of 73.4. Among the four natural ecological areas, the incidence of the disease was the least in the evergreen broad-deciduous forest ecological area of Qinba mountain, with an average disease index of 47.3 in two years. In the three Gorges reservoir area, parallel range-valley agroforestry ecological area, the disease was the most serious, and the average disease index in two years was 68.4. The results of correlation analysis and regression analysis showed that the relative humidity in January, the average wind speed in January, the precipitation in March and the relative humidity in March played a leading role in the occurrence of chocolate spot. On the basis of the above research, a disease prediction model based on the occurrence rule of faba bean chocolate spot in Chongqing was established: $Y=35.01946-3.01618X_7-5.5758X_9+0.5679X_{27}+0.1586X_{29}$

收稿日期: 2021-08-13 修订日期: 2021-09-22

基金项目: 重庆市自然科学基金(cstc2021jcyj-msxmX0651);重庆市农业科学院农业发展基金项目(NKY-2021AC015);国家现代农业产业技术体系(CARS-08);重庆市特色杂粮创新示范团队(CQYC201903216)

* 通信作者 E-mail:598161800@qq.com

为并列第一作者

$X_9 + 0.5679 X_{27} + 0.1586 X_{29}$, The model showed that the average wind speed in November (X_7), the average wind speed in January (X_9), the relative humidity in January (X_{27}) and the relative humidity in March (X_{29}) had a strong linear relationship with the disease index (Y). The establishment of this model provides technical support for the prevention and control of faba bean chocolate spot.

Key words faba bean chocolate spot; meteorological factors; correlation analysis; regression analysis; disease prediction model

蚕豆 *Vicia faba* L. 是世界主要的食用豆类之一,具有较高的蛋白含量,籽粒蛋白含量可达 24%~35%,是人类和动物的重要蛋白和营养来源^[1],同时其较强的固氮能力在轮作倒茬、培肥地力等方面发挥着重要作用^[2]。目前大约有 55 个国家种植蚕豆,全球产量在 420 万 t 左右^[3]。中国是蚕豆生产大国,种植面积和总产量分别占世界的 53% 和 61%^[4-5],我国的蚕豆生产区分为秋播区和春播区,秋播区分布于南方各省,而春播区分布于北方各省,具有南方多,北方少,秋播多,春播少,平原多,山地少,水稻产区多,杂粮产区少的特点^[6]。重庆地区属秋播蚕豆区,各区县均有种植,种植面积在 11.3 万 hm² 左右。生产中蚕豆赤斑病的发生严重影响了产业大户的种植积极性,阻碍了蚕豆产业的健康发展。

蚕豆赤斑病是世界各蚕豆产区的主要病害之一^[7-8],在我国蚕豆各主产区中,赤斑病均广泛发生,特别是东南沿海和长江流域各地区^[8]。有研究表明,重茬、荫蔽、低洼潮湿、雨量多、光照时间短等因素均有助于蚕豆赤斑病的发生^[9]。同时,田间的湿度和温度对赤斑病的发生影响很大,一定的空气湿度和寄主组织表面的水膜是导致病菌孢子萌发以及侵染的必要条件,蚕豆在进入开花期后,植株的抗病能力减弱,容易被病菌侵染导致发病^[10]。轮作、推迟播种期以及使用杀菌剂等措施对赤斑病的防控只能起到部分效果^[11],赤斑病进入高发阶段后,防控难度大,且成本高,因此在病害大规模发生前及时采取防控措施是控制赤斑病发生的关键。

目前,针对蚕豆赤斑病发生规律与气象因子的相关性分析未见报道,各蚕豆产区不同的生态类型,导

致病害防控的关键时期不同,此外,蚕豆赤斑病的预测模型尚未建立。本研究于 2018 年和 2019 年调查了重庆地区分布于 4 个自然生态区^[12] 29 个区县的蚕豆赤斑病病情指数,并结合气象因子开展相关研究,旨在明确重庆地区不同自然生态区间蚕豆赤斑病的病情指数差异,同时结合气象因子进行相关性分析和回归分析,初步建立蚕豆赤斑病发生的预测模型,为构建全国范围内的蚕豆赤斑病预测模型提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点和方法

根据重庆地区蚕豆种植现状,在 29 个区县设置固定调查点,每个区县 2 个调查点,连续 2 年调查蚕豆赤斑病发生情况(表 1)。于 2018 年 4 月 20 日至 4 月 25 日和 2019 年 4 月 17 日至 4 月 22 日,在所选区县挑选 2 个乡镇,每个乡镇选取当地农户自留蚕豆品种为调查对象。每个调查点为海拔低于 500 m 且面积不小于 50 m² 的净作蚕豆田块,随机取 30 个单株调查发病叶片数及叶片病斑面积,计算病情指数。

病情指数(DI) = Σ (各级病叶数 × 各级代表值) / (调查总叶数 × 最高级代表值) × 100。

1.2 发病等级记载标准及方法

蚕豆赤斑病发病等级统计方法参照梁训义等的方法^[13](表 2)。

1.3 数据分析

气象数据来自重庆市气象局,以 30 个气象因子为自变量,蚕豆赤斑病病情指数为因变量(表 3),利用 DPS 10.8 对各气象因子和病情指数进行 Pearson 相关性分析、通径分析及回归分析。

表 1 58 个调查点的位置信息

Table 1 Location information of 58 survey sites

自然生态区 Nature area	地点 Location	经度/°E Longitude	纬度/°N Latitude	海拔/m Altitude
四川盆地农业生态区 Sichuan basin agricultural ecological area	合川大石镇	106.150	30.094	298
	合川龙市镇	106.573	30.274	225
	永川五间镇	105.867	29.164	292
	永川中山街道	105.946	29.365	326
	北碚歇马镇	106.381	29.768	241

续表 1 Table 1(Continued)

自然生态区 Nature area	地点 Location	经度/°E Longitude	纬度/°N Latitude	海拔/m Altitude
四川盆地农业生态区 Sichuan basin agricultural ecological area	北碚静观镇	106.577	29.902	383
	巴南界石镇	106.626	29.356	311
	巴南接龙镇	106.844	29.358	296
	荣昌盘龙镇	105.417	29.576	378
	荣昌古昌镇	105.589	29.475	347
	大足万古镇	105.956	29.702	281
	大足邮亭镇	105.960	29.765	286
	潼南上和镇	105.933	30.282	272
	潼南古溪镇	105.959	30.315	299
	铜梁侣俸镇	105.938	29.876	273
	铜梁石鱼镇	105.972	30.054	237
	江津蔡家镇	106.283	28.960	334
	江津贾嗣镇	106.439	29.122	275
	璧山丁家镇	106.099	29.444	305
	璧山河边镇	106.201	29.650	322
三峡库区平行岭谷农林复合生态区 Parallel range-valley agroforestry ecological zone in three Gorges Reservoir area	綦江安稳镇	106.836	28.646	471
	綦江三江镇	106.693	28.945	335
	长寿晏家镇	107.034	29.862	304
	长寿双龙镇	107.221	29.967	405
	梁平合兴镇	107.823	30.732	434
	梁平云龙镇	107.644	30.498	448
	万州甘宁镇	108.313	30.666	454
	万州白羊镇	108.668	30.822	420
	忠县磨子乡	107.786	30.368	474
	忠县永丰镇	107.850	30.334	426
	开州中和镇	108.151	31.157	450
	开州巫山镇	108.028	31.031	493
	垫江太平镇	107.401	30.184	389
	垫江永安镇	107.519	30.375	386
秦巴山地常绿阔-落叶林生态区 Qinba mountain evergreen broad and deciduous forest ecological area	巫山大溪乡	109.681	31.026	422
	巫山双龙镇	109.812	31.225	482
	巫溪长桂乡	109.375	31.471	453
	巫溪峰灵镇	109.625	31.362	360
	云阳江口镇	108.845	31.183	463
	云阳红狮镇	109.019	30.977	486
	奉节公平镇	109.226	31.140	418
	奉节新民镇	109.449	30.885	316
渝东南湘西及黔鄂山地常绿阔叶林生态区 Ecological region of mountain evergreen broad-leaved forest in southeast Chongqing	南川古花镇	107.377	28.869	453
	南川水江镇	107.248	29.225	478
	涪陵南沱镇	107.513	29.856	285
	涪陵蔺市镇	107.120	29.623	489
	武隆江口镇	107.909	29.279	396
	武隆土坎镇	107.664	29.431	405
	秀山龙池镇	109.105	28.650	462
	秀山妙泉乡	108.988	28.594	383
	酉阳麻旺镇	109.059	28.852	437
	酉阳龙潭镇	108.955	28.636	440
	石柱下路街道	108.070	29.941	486
	石柱王场镇	108.207	30.358	384
	丰都三建乡	107.890	29.780	426
	丰都湛普镇	107.625	29.837	358
	黔江正阳街道	108.785	29.347	488
	黔江水事乡	108.663	29.174	493

表 2 蚕豆赤斑病发病等级评价标准

Table 2 Evaluation criteria for the incidence grade of faba bean chocolate spot

病情分级 Severity grading		评价标准 Evaluation criterion
0 级	Level 0	无病斑
1 级	Level 1	有少量病斑,病斑覆盖面积占叶片总面积 $A\leq 10\%$
3 级	Level 3	病斑覆盖面积占叶片总面积 $10\% < A \leq 30\%$
5 级	Level 5	病斑覆盖面积占叶片总面积 $30\% < A \leq 50\%$,有少量叶片脱落
7 级	Level 7	病斑覆盖面积占叶片总面积 $50\% < A \leq 75\%$,半数叶片脱落或枯死
9 级	Level 9	病斑覆盖面积占叶片总面积 $75\% < A \leq 100\%$,病叶大量脱落,植株出现病死

表 3 用于与蚕豆赤斑病病情指数相关分析的各气象因子与变量

Table 3 Meteorological factors and variables for correlation analysis of disease index of faba bean chocolate spot

气象因子 Meteorological factor		自变量 Independent variable		气象因子 Meteorological factor		自变量 Independent variable	
平均气温 Average temperature		11 月	X_1	降水天数 Day of precipitation		2 月	X_{16}
		12 月	X_2			3 月	X_{17}
		1 月	X_3			4 月	X_{18}
		2 月	X_4	降水量 Precipitation		11 月	X_{19}
		3 月	X_5			12 月	X_{20}
		4 月	X_6			1 月	X_{21}
平均风速 Average wind speed		11 月	X_7			2 月	X_{22}
		12 月	X_8			3 月	X_{23}
		1 月	X_9			4 月	X_{24}
		2 月	X_{10}	相对湿度 Relative humidity		11 月	X_{25}
		3 月	X_{11}			12 月	X_{26}
		4 月	X_{12}			1 月	X_{27}
降水天数 Day of precipitation		11 月	X_{13}			2 月	X_{28}
		12 月	X_{14}			3 月	X_{29}
		1 月	X_{15}			4 月	X_{30}

2 结果与分析

2.1 重庆各区县蚕豆赤斑病发病情况

调查的 29 个区县均有蚕豆赤斑病发生,2018 年的病情指数为 41.6~74.1,城口县的病情最轻,忠县发病最重。2019 年的病情指数为 40.2~74.6,城口县的病情最轻,长寿区发病最重(表 4)。

统计结果显示,四川盆地农业生态区 2018 年蚕豆赤斑病平均病情指数为 61.74,2019 年该病发生较轻,平均病情指数为 54.1,除璧山区外,其余区县 2019 年发病均较 2018 年轻。2 年中,三峡库区平行岭谷农林复合生态区在 4 个自然生态区中蚕豆赤斑病发病最重,2018 年的平均病情指数为 66.9,2019 年发生较重,平均病情指数为 69.9,除忠县外,其余区县 2019 年蚕豆赤斑病发病均较 2018 年重。秦巴山地常绿阔-落叶林生态区 2 年均 为 4 个自然生态区中发病最轻,2018 年平均病情指数为 50.3,2019 年较轻,为 44.3,除奉节县

外,其余县 2019 年均较 2018 年轻,城口县连续 2 年病情发生均最轻。渝东南湘西及黔鄂山地常绿阔叶林生态区,2018 年平均病情指数为 56.1,2019 年发病较重,为 61.0,除彭水县、丰都县和黔江区外,其余区县 2019 年赤斑病发病均较 2018 年重。

2.2 各气象因子与病情指数的相关性分析

30 个气象因子与病情指数之间的相关性分析结果表明,11 月平均风速(X_7)和 1 月平均风速(X_9)与赤斑病的病情指数呈显著负相关($R=-0.452,-0.731$),1 月相对湿度(X_{27})、11 月相对湿度(X_{25})、2 月相对湿度(X_{28})、12 月相对湿度(X_{26})与病情指数均呈显著正相关($R=0.78、0.77、0.742、0.738$)(图 1)。

2.3 各气象因子与病情指数的通径分析

通径分析结果表明(表 5),1 月相对湿度(X_{27})对蚕豆赤斑病的病情发展影响最大,且为正向效应,直接通径系数达到了 1.146 0,其次 3 月降水量

(X_{23}),直接通径系数为 0.682 5,对蚕豆赤斑病病情发展呈正向效应,再次为 1 月平均风速(X_9)、3 月相对湿度(X_{29})、11 月平均风速(X_7)和 12 月平均气温

(X_2)。直接通径系数分析结果表明,1 月相对湿度、1 月平均风速、3 月降水量、3 月相对湿度对蚕豆赤斑病病情发生程度起到主导作用。

表 4 重庆 29 个区县赤斑病 2018 年和 2019 年蚕豆赤斑病发病情况

Table 4 Faba bean chocolate spot incidence in 29 districts and counties of Chongqing in 2018 and 2019

自然生态区 Nature area	地点 Location	病情指数 DI		自然生态区 Nature area	地点 Location	病情指数 DI	
		2018	2019			2018	2019
四川盆地农业生态区 Sichuan basin agricultural ecological area	合川	66.5	61.8	秦巴山地常绿阔-落叶林生态区 Qinba mountain evergreen broad and deciduous forest ecological area	巫山	55.5	42.2
	永川	64.4	54.2		巫溪	48.5	41.4
	北碚	64.8	50.3		城口	41.6	40.2
	巴南	50.6	45.5		云阳	53.3	42.5
	荣昌	56.9	56.2		奉节	52.7	55.3
	大足	66.4	47.7		平均	50.3	44.3
	潼南	68.5	62.5	渝东南湘西及黔鄂山地常绿阔叶 林生态区 Ecological region of mountain evergreen broad-leaved forest in southeast Chongqing	南川	67.2	71.4
	铜梁	61.5	58.3		涪陵	58.6	62.6
	江津	64.5	46.1		武隆	42.4	49.5
	璧山	53.3	58.2		秀山	48.3	60.3
	平均	61.74	54.1		酉阳	47.6	59.7
					彭水	63.5	62.2
三峡库区平行岭谷农林复合生 态区 Parallel range-valley agroforestry ecological zone in three Gorges Reservoir area	綦江	59	66.9		石柱	53.2	63.5
	长寿	72.2	74.6		丰都	68.3	66.0
	梁平	67.4	72.5		黔江	55.8	53.9
	万州	66.3	70.6		平均	56.1	61.0
	忠县	74.1	68.0				
	开州	61.7	67.9				
	垫江	68	69.4				
	平均	66.9	69.9				

间接通径系数最大的是 $X_{29} \rightarrow X_{27}$, 达到 0.595 4, 这表明 3 月相对湿度通过 1 月相对湿度对病情指数有正向效应。其次是 $X_2 \rightarrow X_{27}$ 的间接通径系数, 达-0.593 6, 这表明 12 月平均气温通过与 1 月相对湿度产生协同效应, 加重了 1 月相对湿度对蚕豆赤斑病病情发展的影响。再次是 $X_{23} \rightarrow X_{27}$ 的间接通径系数, 为-0.573 1, 这表明 3 月降水量通过 1 月相对湿度, 对蚕豆赤斑病的病情发展有负向

效应。 $X_9 \rightarrow X_{27}$ 的间接通径系数为-0.427 5, 这表明 1 月平均风速通过影响 1 月相对湿度对蚕豆赤斑病有负向效应。分析的决定系数 $R^2=0.999\ 9$ 说明以上 6 个气象因子对蚕豆赤斑病病情指数的影响占 99.99%。

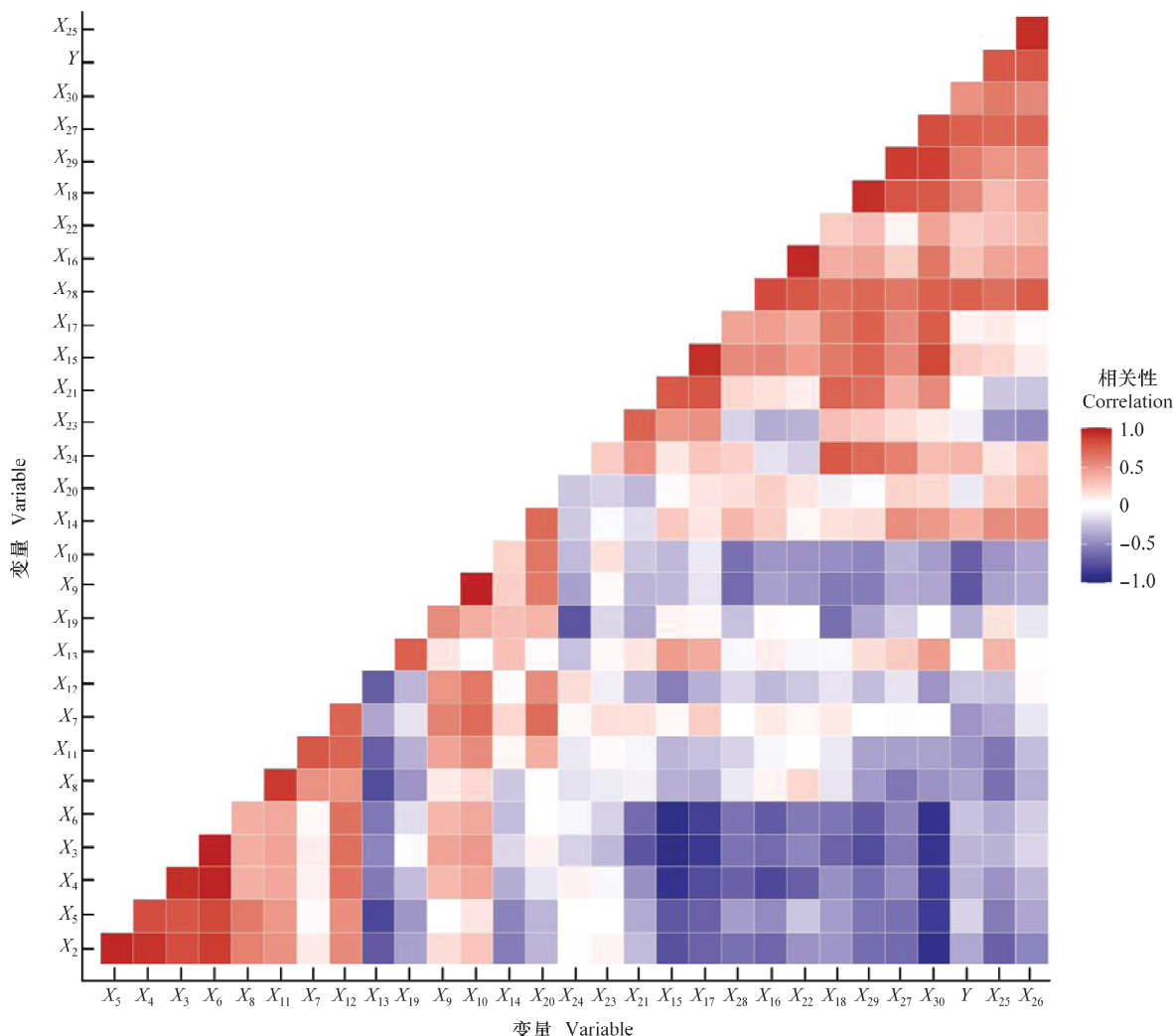
间接通径系数结果表明, 平均气温、平均风速、降雨量等因子均通过 1 月相对湿度, 对赤斑病病情发展产生着较大的间接效应。

表 5 各气象因子间对蚕豆赤斑病病情指数的直接和间接作用¹⁾

Table 5 Direct and indirect effects of various meteorological factors on disease index of faba bean chocolate spot

通径系数因子 Path coefficient factor	直接通径系数 Direct path coefficient	其他间接作用 Indirect effect through other factors					
		$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_7$	$\rightarrow X_9$	$\rightarrow X_{23}$	$\rightarrow X_{27}$	$\rightarrow X_{29}$
X_2	-0.029 6		-0.013 2	-0.097 2	0.053 1	-0.593 6	0.310 4
X_7	-0.121 3	-0.003 2		-0.316 6	0.118 0	-0.140 3	0.011 5
X_9	-0.541 5	-0.005 3	-0.070 9		0.036 3	-0.427 5	0.278 2
X_{23}	0.682 5	-0.002 3	-0.021 0	-0.028 8		-0.573 1	-0.134 2
X_{27}	1.146 0	0.015 3	0.014 8	0.202 0	-0.341 3		-0.257 1
X_{29}	-0.494 8	0.018 6	0.002 8	0.304 5	0.185 2	0.595 4	

1) 决定系数 $R^2=0.999\ 9$; 剩余通径系数=0.000 03。
Decision coefficient $R^2=0.999\ 9$; residual diameter coefficient=0.000 03.



X_1 ~ X_{30} 代表的含义同表3
The meanings of X_1 ~ X_{30} are same as table 3

图 1 30 个气象因子间及与病情指数间相关性热力图

Fig. 1 Correlation heatmap between 30 meteorological factors and disease index

2.4 预测模型的建立

基于对各个 X (气象因子)和 Y (病情指数)分别进行回归分析的结果,通过对决定系数 R^2 和 F 统计量这两个指标进行筛选,选择自变量 X_7 、 X_9 、 X_{27} 、 X_{29} 为关键预测因子。将筛选出的因子作为最优自变量,建立预测模型,获得方程:

$$Y = 35.019\ 46 - 3.016\ 18\ X_7 - 5.575\ 8\ X_9 + 0.567\ 9\ X_{27} + 0.158\ 6\ X_{29}.$$

此回归模型中,相关系数 $R = 0.921\ 3$, 决定系数 $R^2 = 0.848\ 9$, 调整决定系数为 $0.804\ 6$ 。表明病情指数与 11 月平均风速(X_7)、1 月平均风速(X_9)、1 月相对湿度(X_{27})、3 月相对湿度(X_{29})之间具有较强线性关系,可以用于重庆地区蚕豆赤斑

病的预测。

3 结论与讨论

俞大绂等的研究表明,秋播区蚕豆赤斑病在早春即开始发病,每年 11 月—12 月就能在植株较低部位的叶片上发现极少量病斑,每年自 2 月下旬病害逐渐明显^[8]。蚕豆赤斑病菌主要以菌核在土壤中越冬和越夏,菌核在适宜条件下萌发长出分生孢子梗,并产生大量分生孢子,借风雨传播,从无伤表皮侵入,进行初侵染,完成初侵染后将在病叶上产生分生孢子,进行再侵染^[14],同时寄主组织表面的水膜是导致病菌孢子萌发以及侵染的必要条件^[10]。以上研究表明,秋播区蚕豆赤斑病在 11 月至 12 月间

完成初侵染,并形成极少数病斑,再侵染过程持续至 2 月下旬,逐渐形成明显病害。而重庆地区秋冬季田间常产生大量露点,天然地为赤斑病孢子的萌发和侵染提供了有利条件。

本研究相关性分析结果表明,11 月至 2 月的相对湿度与病情指数呈显著正相关,而 1 月平均风速与病情指数呈显著负相关。有研究表明相对湿度与露点蒸发速率呈负相关关系,而风速与露点蒸发速率呈正相关关系^[15]。因此,重庆地区 11 月至 2 月的相对湿度与 1 月平均风速通过影响植株组织表面水膜的蒸发速率,对赤斑病分生孢子的初侵染及再侵染产生显著影响。

通径分析及回归分析结果表明,1 月相对湿度、1 月平均风速、3 月降水量、3 月相对湿度在蚕豆赤斑病的发生过程中起主导作用。而 12 月平均气温通过与 1 月相对湿度产生协同效应,加重了赤斑病的病情发展,这表明重庆地区蚕豆赤斑病菌菌核萌发并产生分生孢子的时间在 12 月,且发生初侵染的时间应在 1 月,因此,重庆地区的菌核萌发及初侵染时间较俞大绥等的研究结果晚。进入 3 月后,植株叶片表面产生大量病斑,因此 3 月相对湿度主要影响病斑的扩展,从而影响病情指数的发展。此外,3 月降水量通过 1 月相对湿度对病情发展产生着负向效应,然而直接通径系数显示 3 月降水量对病情发展产生着正向效应。由此推断,在实际发病过程中,3 月降水量对病情发展产生的效应,受其他非气象因子的干扰较重。

在预测模型中的最优自变量主要为平均风速和相对湿度这两种类型的指标,这表明准确监测平均风速和相对湿度是做好蚕豆赤斑病病情预测的重点。同时,今后对预测模型不断完善的过程中,平均风速和相对湿度均应成为重点检测的指标。

本研究中调查的蚕豆品种均为农户自留种,未将商品种纳入调查,尽最大可能降低品种间抗性差异给结果带来的影响,且两年均对调查品种做了比对,保证 2019 年各调查点的品种与 2018 年保持一致。为排除其他因素对田间发病率的影响,田间调

查田块选择海拔在 500 m 以下,平地、净作、未施用药剂且面积不小于 50 m²。然而,田间管理水平的高低,与田间病情指数同样存在密切联系^[16],在后期建立蚕豆赤斑病预警模型的工作中,应统一各调查点的管理水平,且在品种、地形、耕作方式等因素的控制上保持一致。

参考文献

- [1] MAALOUF F, HU J G, O'SULLIVAN D M, et al. Breeding and genomics status in faba bean (*Vicia faba*) [J]. Plant Breed, 2019, 138(4): 465–473.
- [2] 叶茵. 中国蚕豆学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 466–467.
- [3] FAOSTAT. World statistics on faba bean [EB/OL]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://Faostat.Fao.Org/>, 2017.
- [4] 田晓红, 谭洪卓, 谭斌, 等. 我国主产区蚕豆的理化性质分析[J]. 粮油食品科技, 2009, 17(2): 7–12.
- [5] 王海飞, 关建平, 马钰, 等. 中国蚕豆种质资源 ISSR 标记遗传多样性分析[J]. 作物学报, 2011, 37(4): 595–602.
- [6] 李华英, 黄文涛, 杨成灿, 等. 中国蚕豆(*Vicia faba* L.)种植地区分布及其生产区划[J]. 青海农林科技, 1990, 4(2): 1–6.
- [7] HEBBLETHWAITE P D. The faba bean (*Vicia faba* L.) [M]. Cambridge: University Press, 1983: 464–473.
- [8] 俞大绥. 蚕豆病害[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [9] 李龙, 张芸, 郭延平, 等. 8 种杀菌剂对春蚕豆赤斑病的防治效果[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 245–248.
- [10] 黄燕. 蚕豆赤斑病病原菌的鉴定及抗性资源筛选[D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2012.
- [11] 赵晓武, 严瑞飞, 张永辉, 等. 赤斑病、褐斑病对蚕豆的为害分析和经济阈值的探讨[J]. 植物保护学报, 1992, 19(3): 270.
- [12] 罗怀良, 朱波, 刘德绍, 等. 重庆市生态功能区的划分[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3145–3151.
- [13] 梁训义, 周惠静, 王政逸. 蚕豆种质资源对赤斑病的抗性鉴定与筛选[J]. 浙江农业大学学报, 1992(3): 40–45.
- [14] 张磊, 柴霞, 钟红艳, 等. 蚕豆赤斑病的发生特点及防治建议[J]. 南方农业, 2014, 8(19): 17–19.
- [15] 王浩, 贾志峰, 王智. 陕北黄土丘陵区露水量及影响因子[J]. 应用生态学报, 2017, 28(11): 3703–3710.
- [16] 池再香, 卢瑶, 胡秋龄, 等. 贵州西部气象因子对马铃薯晚疫病发生流行的影响研究及对策[J]. 西南农业学报, 2009, 22(6): 1599–1604.

(责任编辑: 田 喆)