

气象条件对小麦白粉病发生影响的研究^①

居为民^② 高 苹

(江苏省气象科学研究所, 南京 210008)

提 要

根据近 10 多年来江苏省代表站的小麦白粉病始病期、严重率和同期的气象资料,采用滑动相关普查方法,分析了气象条件对白粉病发生的影响作用,发现气象条件对白粉病始病期和严重率有着显著的影响,但影响作用具有阶段性和区域性。在此基础上建立了白粉病的预报模式。

关键词: 小麦白粉病 气象条件 预报模式

引 言

小麦白粉病是我国普遍发生的小麦病害之一,病害严重时引起的减产幅度可达 20% 以上。因此,各地对小麦白粉病的预报、监测和防治十分重视。研究发现,白粉病属于多循环性、气象型病害,品种、肥料、气象条件和地理环境是影响白粉病病情的主要因子,其中气象条件直接影响田间病菌的浸染时间、循环周期与分生孢子繁殖数量,是决定某一特定区域病害流行程度的关键因素,温度与降水尤为重要,对病害始病期、终止期、流行速度与严重度都有着显著的影响^[1],秋播时气温高于 15℃,并有一定的湿度时,病菌浸染秋苗引起发病,并能以菌丝或潜育菌丝形态越冬,在春季适宜的气象条件下开始流行,气温达到 14~15℃时严重率明显上升,但是 23℃以上的高温天气对病害有抑制作用;70%以上的相对湿度和过程性降水是利于病害浸染发生的湿度条件^③。气象条件对白粉病的显著影响作用为进行白粉病的中、长期预测预报提供了基础^[2~4]。通过研究分析,本文确定了江苏省不同地区影响白粉病始病期和发生程度的主要气象因子及关键影响时段,建立了始病期和最终病情的预报模式。

1 资料来源与分析方法

白粉病的发生具有区域性特点,在分析气象条件对白粉病发生的影响时应分地区进行处理,因系统性的定量化白粉病资料比较缺乏,故以吴县的资料代表太湖地区、高邮资料代表里下河地区、盐都资料代表中部沿海地区进行分析计算,白粉病病情资料和气象资料来自这 3 个县(市)的植保站和气象站,年代分别为 1981~1998 年、1982~1998 年和 1986~1998 年。在进行相关分析计算时,为了确定最佳相关形式,对气象变量进行了 5 种形式的变换,即:(A)直线型 $x' = x$; (B)抛物线型 $x' = x^2$; (C)对数型 $x' = \ln(x + 100)$; (D)双曲线型 $x' = 1/(x + 100)$; (E)抛物线型 $x' = \sqrt{(x + 100)}$ 。同时对气象要素因子采用了因子膨化方法,以选取确定对白粉病影响的主要时段。白粉病始病期时间序列以 1 月 1 日为 1 向后推算,如 1989 年 3 月 1 日定为 60,余此类推。

2 统计分析结果

2.1 气象条件对白粉病始病期的影响

对 3 个站的历史资料分析发现,白粉病始病期的年际间变化较大,如 1990 年吴县和高邮两地的发病时间分别为 1 月 5 日和 2 月 2 日,而 1986 年两地的发病时间分别为 3 月 22 日和 4 月 18 日,两个典型年份的始病时

① 中国气象局青年基金课题资助

② 现为南京大学大气科学系在职研究生

③ 江苏省植物保护站,江苏省农作物主要病虫害预测预报办法,内部资料,1995:15~22

间相差2个月以上。始病期的早迟对最终病情有着显著的影响,吴县、高邮两地的始病期与严重率(即叶片病斑面积占叶片总面积的比例)之间的相关系数分别为 -0.798 和 -0.868 ,均通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验;始病期与病叶率之间的相关系数分别为 -0.593 和 -0.791 ,达到了 $\alpha = 0.05$ 和 $\alpha = 0.01$ 的显著水平,说明白粉病始发早拉长了病害发展时间,最终病情将加重;而病情稳定期与病叶率和严重率之间的相关性则较差,都未能通过显著性检验;始病期与严重率之间的相关性要高于始病期与病株率和病叶率之间的相关性,这是因为在白粉病重发年份的病株率和病叶率会高达100%,对影响因子失去了敏感性,所以本文在分析计算时以严重率作为表示白粉病发生程度的指标。

白粉病始病期对最终病情发生程度有着显著的指示作用,因此分析白粉病始病期随

气象条件的变化有着重要意义。表1给出了与白粉病始病期相关信度高于 $\alpha = 0.05$ 的气象因子出现时段及对应的相关系数和相关形式,显示气象条件显著地影响白粉病始病期,影响的时段为冬前苗期、越冬期和返青期。在12月中旬以前和3月份气温偏高有利于白粉病早发,而始病期对1月、2月份的温度条件不敏感;降水和湿度条件对始病期的主要影响时段出现在播种~出苗期(10月份)和越冬期,播种出苗期(10月份)雨日少、越冬期(12月下旬~2月下旬)寡照多阴雨是病害提早始发的条件之一,而3月以后光照足、升温快将促进病害的早发,此时的降水对始病期无显著影响,这可能是因为3月份以后降水增多,相对湿度一般都在70%以上,能满足病菌浸染的要求,温度条件成为发病的主要控制因子。

表1 气象条件与小麦白粉病始发期之间相关分析结果

要素	吴县(1981~1998年 n=18)			盐都县(1982~1998年 n=17)			高邮(1986~1998年 n=13)		
	序号、时段	相关系数	形式	序号、时段	相关系数	形式	序号、时段	相关系数	形式
平均气温	(1)3月下旬	-0.601^*	B				(1)3月中旬	-0.732^{**}	C
平均	(2)10月下旬	-0.593^*	B				(2)10月下旬	-0.651^*	B
最高气温	(3)12月中旬	-0.617^{**}	B	(1)12月上旬	-0.617^{**}	B	(3)3月中旬	-0.674^*	B
平均最低气温	(4)3月下旬	-0.723^{**}	B	(2)3月下旬	-0.511^*	B	(4)3月下旬	-0.670^*	B
平均	(5)11下~12中	-0.556^*	B	(3)12月上旬	-0.650^{**}	B	(5)12下~2上	-0.748^{**}	D
气温日较差									
降水量	(6)10月份	-0.693^{**}	D	(4)12月上中旬	-0.482^*	D	(6)11月	-0.642^*	B
	(7)月上旬	-0.810^{***}	B	(5)1下~2下	-0.500^*	B	(7)2月上旬	-0.759^{**}	B
	(8)10月上中旬	-0.621^{**}	D						
雨日	(9)2月中下旬	-0.753^{***}	B	(6)1下~2下	-0.493^*	B	(8)1下~2下	-0.794^{**}	B
平均	(10)10月份	-0.559^*	D				(9)11月中旬	-0.646^*	B
降水强度	(11)2月上旬	-0.717^{**}	B	(7)12上中旬	-0.513^*	D	(10)2月下旬	-0.650^*	B
	(12)1上~2上	-0.699^{**}	D	(8)11下~12上	-0.539^*	B	(11)12月下旬	-0.739^{**}	D
	(13)2月下旬	-0.613^{**}	D				(12)1月下旬	-0.831^{***}	D
日照时数	(14)3月中旬	-0.619^{**}	B	(9)3月上中旬	-0.503^*	B	(13)3月中旬	-0.630^*	B

注:***表示通过 $\alpha = 0.001$ 的信度检验,**表示通过 $\alpha = 0.01$ 的信度检验,*表示通过 $\alpha = 0.05$ 的信度检验

2.2 气象条件与白粉病情之间关系

对某一地区而言,地理环境、作物品种和施肥措施的年际变化相对较小,因此气象条件成为病害年际间波动的主要控制因子。计算得到的气象要素对白粉病严重率影响的主要时段、相关系数及相关形式(相关信度高于 $\alpha = 0.05$)结果列于表2,气象条件对病情程度有着十分显著的影响,但是影响的关键因

子和关键时段有区域性特点。如3个地区12月中旬以前的温度对下一年白粉严重率的影响作用基本是一致的,温度偏高利于病菌浸染,来年白粉病有重发的可能性;但是其后的温度对白粉病的影响存在着比较大的地区性差异,盐都的白粉病对1月份温度反应敏感,而吴县和高邮两地的白粉病明显受到3月份温度的影响,升温快,缩短了病害的潜育期,

始病期早,后期的病害重;4月下旬的高温天气对高邮的白粉病有抑制作用。造成这种现象的可能原因主要有两个方面,一是除气象因子以外,地理环境、作物品种和生态条件也是影响白粉病发生程度的重要因素,而这些条件具有较大的地区性变化;二是在不同的季节,江苏省的温度分布形式也不一样,冬季

温度为纬向分布,而春季的温度分布为经向型,西高东低,从而使得温度对白粉病严重率影响的关键时段在不同地区存在着差异。越冬期的日照偏少、多雨水是病害发生的有利条件;但在3月中旬以后,降水偏多对病情的发展有抑制作用。

表2 气象条件对白粉病最终严重率影响程度分析

要素	吴县(1981~1998年 n=18)			盐都县(1982~1998年 n=17)			高邮(1986~1998年 n=13)		
	序号、时段	相关系数	形式	序号、时段	相关系数	形式	序号、时段	相关系数	形式
平均气温	(1)3月份	0.684**	B	(1)11月中旬	0.506*	B	(1)3月中旬	0.554*	C
				(2)1月中下旬	0.723**	B	(2)4月下旬	-0.720**	C
平均最高气温	(2)12月中旬	0.636**	B	(3)11月中旬	0.671**	B	(3)12上~2上	0.596*	B
				(4)1月中旬	0.521*	B	(4)12上~12中	0.658*	B
平均最低气温	(3)3月份	0.809***	B	(5)1月中旬	0.609*	B	(5)4月下旬	-0.703**	C
							(6)12月中下旬	-0.554*	D
平均日较差	(4)12月中旬	0.671**	B				(7)3月中旬	0.603*	C
							(8)12中~1上	0.572*	D
降水量	(5)2月上旬	0.650**	B	(6)1月下旬	0.703**	B	(9)1月下旬	-0.572*	B
				(7)2下~3上	0.864***	B	(10)3中~4中	0.582*	D
雨日	(6)1上~2下	0.714**	B	(8)4下~5中	0.502*	D			
日照时数	(7)1中~2上	0.761***	D				(11)12月中下旬	-0.670**	D
	(8)2月下旬	0.560*	D						

注:***表示通过 $\alpha=0.001$ 的信度检验,**表示通过 $\alpha=0.01$ 的信度检验,*表示通过 $\alpha=0.05$ 的信度检验。

2.3 白粉病预报方程的建立

2.3.1 白粉病始病期和严重率的预报方程

通过以上分析可以发现,前期的气象条件对白粉病始发期和严重率都有着显著的影响,这为进行白粉病的预报提供了物理依据,是非常有意义的。对表1和表2中所列的与

白粉病期及严重率相关显著的气象因子进行独立性检验,筛选出相互独立的预报因子;在此基础上,采用逐步回归方法建立白粉病始病期和严重率的预报方程,1998年资料用作独立样本检验。

白粉病始病期预报方程:

$$\text{吴县: } y = -0.1376x_1^2 - 0.016x_2^2 - \frac{16397.2031}{(x_3 + 100.0)} - \frac{3672.6379}{(x_4 + 100.0)} + 266.5797$$

$$F = 31.044, S = 6.331, R = 0.955, Q = 480.951, V = 0.018, n = 17$$

其中 x_1 为12月中旬平均最高气温, x_2 为2月上旬降水量, x_3 为10月上中旬雨日数, x_4 为2月下旬日照时数。

$$\text{高邮: } y = -0.5553x_1^2 - \frac{16837.2266}{(x_2 + 100.0)} + 216.6996$$

$$F = 31.919, S = 7.953, R = 0.936, Q = 569.241, V = 0.189, n = 12$$

其中 x_1 为3月下旬的平均最低气温, x_2 为1月下旬的日照时数。

$$\text{盐都: } y = -0.1423x_1^2 - 0.3747x_2^2 - \frac{20339.6836}{(x_3 + 100.0)} + 308.4633$$

$$F = 12.576, S = 7.350, R = 0.871, Q = 648.134, V = 0.158, n = 16$$

其中 x_1 为12月上旬平均最高气温, x_2 为3月中旬日照时数, x_3 为12月上旬降水强度。

白粉病严重率预报方程:

$$\text{吴县: } y = 0.0442x_1^2 + 0.0079x_2^2 + 0.1710x_3^2 - 16.5524$$

$$F = 33.142, S = 4.802, R = 0.940, Q = 299.729, V = 0.32, n = 17$$

其中 x_1 为 3 月份平均最低气温, x_2 为 12 月中旬日较差, x_3 为 2 月上旬降水量。

$$\text{高邮: } y = 0.0251x_1^2 + 316.1804\ln(x_2 + 100) + \frac{4222.2803}{(x_3 + 100)} - 1478.997$$

$$F = 23.138, S = 3.665, R = 0.907, Q = 124.345, V = 0.030, n = 12$$

其中 x_1 为 3 月中旬平均最低气温, x_2 为 12 月上旬的平均日较差, x_3 为 2 月上旬的降水量。

$$\text{盐都: } y = 0.0105x_1^2 + 0.0565x_2^2 + 0.0009x_3^2 + 0.9373$$

$$F = 18.576, S = 2.463, R = 0.907, Q = 72.789, V = 0.003, n = 16$$

其中 x_1 为 11 月中旬平均气温, x_2 为 1 月中下旬平均气温, x_3 为 2 月下旬~3 月上旬的降水量。

2.3.2 预报方程的拟合效果和试报情况

利用以上所建方程进行历史样本的回代检验,效果较好,所有方程都通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。用 1998 年资料作为独立样本进行试报检验,预报吴县、高邮和盐都的白粉病始病期分别为 3 月 5 日、4 月 8 日、5 月 2 日,实况为 3 月 5 日、4 月 9 日和 4 月 20 日;以上 3 个代表点的白粉病严重率的预报值分别为 10.38%、10.43%和 5.95%,而实际值为 2.3%、16.8%和 1.0%。除了盐都的始病期报迟了 12 天、误差较大外,其余的预报值基本与实况相符。

在上述所有方程中都含有温度因子,秋冬季和早春的气温偏高利于白粉病的早发和重发,与大的气候背景相似,90 年代以来江苏各麦区呈暖冬态势。以吴县为例,10 年连续暖冬(12 月~2 月),有 7 年 3 月份的温度偏高,10 年中有 5 年的白粉病中等偏重发

生,概率为 50%,而 80 年代中等偏重发生的概率为 30%,如果这种暖冬趋势持续下去,势必会成为白粉病大范围流行的有利条件,在防治工作中应引起重视。

3 结论

气象条件对各地的白粉病始病期和最终病情都具有显著的影响作用,这为开展白粉病预报服务和分析气候变化引起的白粉病发生趋势变化提供了条件,但是应注意这种影响作用具有较强的区域性和阶段性特点;在持续暖冬的背景下应特别注意白粉病大发生的可能性。

参考文献

- 1 农牧渔业部农作物病虫害测报站主编. 农作物病虫害预测预报资料表册. 北京:农业出版社,1981:165~168.
- 2 乔清建. 小麦白粉病发生流行预测研究. 病虫测报, 1992,12(4):37~38.
- 3 郭家丰等. 应用模糊图的最大树聚类法预测小麦白粉病的流行程度. 病虫测报,1992 年增刊:74~75.
- 4 华新,钱永康等. 小麦白粉病流行动态预测模型的建立和应用研究. 稻麦主要病虫害微机预测及防治决策. 北京:气象出版社,1992:69~73.

The Study of Influence of Meteorological Condition on Winter Wheat Powdery Mildew

Ju Weimin Gao Ping

(Jiangsu Research Institute of Meteorological Science, Nanjing 210008)

Abstract

Based on the data of beginning time and final severity ration of winter wheat powdery mildew, synchronous meteorological factors of representative stations in Jiangsu province in recent affect 10 years, the characteristic of influence of meteorological condition on winter wheat powdery mildew was studied in terms of sliding correlation analysis. It was found that meteorological conditions affect notably the beginning time and final situation of winter wheat powdery mildew, but the influence varies in different phase and region. Based on the conclusion given above, the prediction model of winter wheat powdery mildew was developed.

Key Words: winter wheat powdery mildew meteorological condition prediction model