

运用电子计算机进行稻瘟病流行趋势预报的研究初报

刘浩官 刘 波 林党恩 李 平 彭文富

(福建省农科院植保所)

提 要

本文利用逐步判别分析方法。对1962年到1987年气象数据和田间调查的稻瘟病数据进行分析，建立了福建省建阳、宁化、上杭、连城四个县的早稻稻瘟病叶瘟和穗瘟的始见期、发病率、病情指数、发病面积，以及穗瘟损失率9个预报量的4套判别方程共36个。结果表明70%的预报方程的回代率在85%以上，30%的在75~80%，生产上可接受的验证准确率达83.33%。

稻瘟病(*Pyricularia oryzae*)是水稻主要病害之一，常年发生引起不同程度的损失。从解放以来大约有四次大流行，相隔不到十年就大发生一次。第一次在1952年到1953年，发生严重稻田面积有5.7万亩。第二次发生在1959年，全省有52个县发生，受害面积达26万亩，占早稻播种面积的3.6%，其中有39个县(市)发生穗颈瘟8万余亩^[1]。七十年代初期和八十年代初期，由于品种抗性衰退和杂交水稻广为栽培、稻瘟病菌生理小种的变异、偏施氮肥，稻瘟病再度流行。两次流行发生，受害水稻面积均上百万亩。损失粮食5000万公斤以上。

掌握稻瘟病的流行及发生程度，在宏观上对其流行及发生程度作出预测预报，从而有效地对其进行综合防治是我们研究的目的。稻瘟病的流行程度是依寄主(水稻)、稻瘟病病源、气候环境的变化而产生差异。为深入了解气候、菌源、水稻品种及生殖期对稻瘟病发生的影响，作者运用电子计算机，开展对稻瘟病流行预测预报的研究。在国外，八十年代初已开始利用区域性气象资料，建立了稻瘟病测报方程^[4]。在国内的浙江省运用电脑测报稻瘟病流行做了大量工作，测报已接近于实用阶段^[2]。动态地建立稻瘟病流行的标准指标，利用逐步判别分析^[3]，建立了预测预报方程，形成稻瘟病电算测报资料微机管理系统，以服务于粮食生产。

* 本课题是省中低产田攻关配套项目。上杭林增华，宁化宋育春、郑宗金，建阳张国梁，连城罗克昌，省农业厅植保处，省气象局参加协作。

材料与方法

一、数据观察与收集

本实验设建阳、上杭、连城、宁化四个测报站作观察点，收集1965~1987年观察记载的早稻播种面积、抗病和感病品种所占的面积比例、施肥水平、种植规格，病害流行面积、程度、损失概况以及当地的气象资料，并进行等级、层次的分解，共有950个因素待用。预报量按《农业植物病理学》上册第40页，分成 y_1 =叶瘟始见期， y_2 =叶瘟发病率， y_3 =叶瘟病情指数， y_4 =叶瘟发病面积， y_5 =穗瘟始见期， y_6 =穗瘟发病率， y_7 =穗瘟病情指数， y_8 =穗瘟发病面积， y_9 =穗瘟损失率。

二、预报量 y_i 动态分级法

预报量 y ($y_i = 1, 2, \dots, 9$) 进行中、长期预报，对其进行分级。分级时注意到

$$P(y = m \pm \sigma) = 0.689 \quad P(y = m \pm 2\sigma) = 0.955$$

并按以下标准，将预报量 y_i 大小进行分级

$$\text{一级: } y \leq m - \sigma; \quad \text{二级: } m - \sigma < y \leq m;$$

$$\text{三级: } m < y \leq m + \sigma; \quad \text{四级: } y > m + \sigma$$

其中 m 为预报量的平均数， σ 为预报量的标准差，各级预报量分别表示其发生状况，若预报量是时间，则一级为早发生，二级中等偏早发生，三级中等偏迟发生，四级为迟发生。若预报量单位是百分率、指数、面积。则一级为发生程度为轻、二级为中、三级为中偏重、四级为重。

三、预报方程的建立

利用逐步判别分析法^[3]，以预报量级别为 y 值，以感病品种面积比，以旬为单位的平均气温，平均湿度，雨量，雨日，最高温度，最低温度等180个参数为 x 值，利用逐步筛选因子的法则，从 x 参数中选出对建立预报方程贡献大的因子，建立判别方程。判别方程的原理与方法见参考文献^[3]，程序用BASIC语言编制，在IBMPC/XJ286上运行计算。

结果与分析

一、各县稻瘟病预报量动态分级标准

分级结果见表1。由于各地的地理气候条件的差异，稻瘟病各预报量的分级标准呈动态变化。同一个县的稻瘟病的不同预报量分级标准不同，同一个稻瘟病的预报量在不同地区的分级标准不同，这主要是根据概率统计的原理，稻瘟病预报量是个随机变量，随机变量平均数的概率分布呈正态分布，对于稻瘟病预报量的分级标准是根据其概率分布特性确定的。注意到 $P(y = m \pm \sigma) = 0.689$ ，则这一特性分解： $P(y > m + \sigma) = 0.1553$ ， $P(m < y < m + \sigma) = 0.3445$ ， $P(m - \sigma < y < m) = 0.3445$ ， $P(y < m - \sigma) = 0.1553$ ，分别作为一、二、三、四分级标准的界线，一、四级出现的概率比二、三级来的小，它们所占的比例也

稻瘟病预报量分级标准

级别	县名	叶瘟始见期	叶瘟发病率(%)	叶瘟发病指数	叶瘟发病面积(万亩)	穗瘟始见期	穗瘟发病率(%)	穗瘟病指	穗发病面积(万亩)	穗发病损失率(%)
一	连城	4月5日以前	12.33以下	6.9以下	2.047以下	6月5日以前	10.33以下	4.078以下	1.828以下	5.83以下
	上杭	3月17日以前	14.265以下	5.46以下	2.226以下	6月6日以前	10.427以下	4.04以下	1.747以下	1.747以下
	建阳	3月23日以前	23.0以下	7.36以下	1.12以下	6月27日以前	23.50以下	8.62以下	0.84以下	4.49以下
	宁化	5月3日以前	1以下	1以下	1以下	6月6日以前	1以下	1以下	1.1以下	0.1以下
二	连城	4月5日~4月21日	12.2~19.0	6.9~11.45	2.04~4.38	6月5~21日	10.33~16.99	4.078~6.53	1.828~3.28	5.83~9.22
	上杭	3月17日~26日	14.265~21.89	5.49~8.96	2.229~5.04	6月6~10日	10.427~18.03	4.04~8.31	1.747~4.76	1.747~4.75
	建阳	3月23日~4月4日	23.02~38.86	7.36~18.15	1.12~1.96	6月27~7月1日	23.5~36.64	8.62~18.34	0.84~1.96	4.49~12.71
	宁化	5月3日~11日	1~10	1~5	1.1~2.2	6月6~16日	1~8	1~5	1.1~2.2	0.1~5.0
三	连城	4月21~26日	19~25.80	11.45~15.94	4.38~6.723	6月21~7月7日	16.99~23.65	6.53~8.98	3.28~4.74	9.22~12.61
	上杭	3月26~4月5日	21.18~28.08	8.96~12.43	5.04~7.75	6月10~13日	18.03~25.64	8.31~12.5764	7.6~7.56	4.75~7.78
	建阳	4月4日~7日	38.86~54.70	18.15~28.94	1.96~5.60	7月1~6日	36.64~49.78	18.34~28.061	9.6~2.80	12.71~20.93
	宁化	5月11~20日	10~18	5~10	2.2~4.40	6月16~25日	8~10	5~10	2.2~4.40	5~10
四	连城	4月26日以后	25.80以上	15.94以上	6.723以上	7月7日以后	23.65以上	8.98以上	4.74以上	12.61以上
	上杭	4月5日以后	28.08以上	12.43以上	7.75以上	6月13日以后	25.64以上	12.576以上	7.756以上	7.78以上
	建阳	4月7日以后	54.70以上	28.94以上	5.60以上	7月6日以后	49.78以上	28.06以上	2.8以上	20.93以上
	宁化	5月20日以后	18以上	10以上	4.40以上	6月26日以后	10以上	10以上	4.40以上	10以上

小,这样分级既符合统计学原理,又与实践相近。由于各地稻瘟病预报量平均数变化较大,它们的正态分布特性有所差异,因而其分级标准也有所不同。这种动态分级标准反映了各地稻瘟病预报量历史发生趋势,它克服了统一标准下对不同地区稻瘟病流行趋势分析预报的困难。

二、各县稻瘟病预报量分级判别方程

对4个县稻瘟病的9个预报量建立了36套判别方程,回代结果表明70%方程回代率在85%以上,30%预报方程回代率在75~85%之间。表明所建的方程具有较强的判别能力。方程中每个因子的排列顺序是逐步筛选因子的顺序,表明各因子对方程的贡献大小。以上杭县早稻稻瘟病预测方程为例,列表于表2。

表2 上杭县早稻稻瘟病预测方程

预报对象	判别方程	回代率(%)	所用因子
叶瘟始见期	$y(1) = -283.17 - 2.52X(9) + 7.20X(12) + 8.31X(24)$ $y(2) = -312.93 - 9.84X(9) + 9.20X(12) + 11.87X(24)$ $y(3) = -369.26 - 15.91X(9) + 10.87X(12) + 16.88X(24)$ $y(4) = -374.13 - 16.99X(9) + 11.20X(12) + 16.37X(24)$	100	$x(9) = 3$ 月下旬温度 $x(12) = 1$ 月下旬湿度 $x(24) = 2$ 月下旬雨量
叶瘟发病率	$y(1) = -237.50 - 10.77X(3) - 7.33X(4) + 11.27X(14) + 18.70X(20) - 264.90X(28)$ $y(2) = -401.20 - 15.17X(3) - 9.87X(4) + 15.02X(14) + 25.88X(20) - 371.21X(28)$ $y(3) = -22.30 - 8.23X(3) - 6.08X(4) + 10.01X(14) + 15.72X(20) - 207.75X(28)$ $y(4) = -306.38 - 12.24X(3) - 8.79X(4) + 12.85X(14) + 21.79X(20) - 300.92X(28)$	100	$x(3) = 1$ 月下旬温度 $x(4) = 2$ 月上旬温度 $x(14) = 2$ 月中旬湿度 $x(20) = \text{抗感面积比}$
叶瘟病指数	$y(1) = -99.43 + 3.03X(14) - 17.64X(28) - 0.03X(30)$ $y(2) = -146.55 + 3.48X(14) - 33.64X(28) + 1.44X(30)$ $y(3) = -140.91 + 3.08X(14) - 16.05X(28) + 2.20X(30)$ $y(4) = -156.19 + 2.79X(14) - 26.41X(28) + 3.90X(30)$	100	$x(14) = 2$ 月中旬湿度 $x(28) = \text{抗感面积比}$ $x(28) = \text{叶瘟发病率}$
叶瘟发病面积	$y(1) = -175.82 + 7.01X(7) + 3.64X(11) - 4.50X(30)$ $y(2) = -115.81 + 5.29X(7) + 2.96X(11) - 3.31X(30)$ $y(3) = -100.33 + 3.44X(7) + 2.89X(11) - 2.54X(30)$ $y(4) = -84.44 + 3.98X(7) + 2.37X(11) - 2.02X(30)$	100	$x(7) = 3$ 月上旬温度 $x(11) = 1$ 月中旬湿度 $x(30) = \text{叶瘟发病率}$

(续表2)

预报对象	判别方程	回代率%	所用因子
穗瘟始见期	$y(1) = -594.97 + 32.81X(1) + 25.71X(3) - 16.30X(24)$	100	$x(1) = 4$ 月上旬温度
	$y(2) = -466.13 + 28.55X(1) + 23.07X(3) - 14.00X(24)$		$x(3) = 4$ 月下旬温度
	$y(3) = -352.56 + 24.18X(1) + 20.380X(3) - 11.69X(24)$		$x(24) = 5$ 月下旬雨量
	$y(4) = -393.52 + 25.69X(1) + 21.35X(3) - 12.22X(24)$		
穗瘟发病率	$y(1) = -4655.62 - 139.99X(4) + 598.10X(7) + 37.37X(16) - 72.53X(17) + 37.24X(25)$	93.75	$x(4) = 5$ 月上旬温度
	$y(2) = -4713.32 - 143.46X(4) + 695.38X(7) + 37.33X(16) - 73.11X(17) + 37.95X(25)$		$x(7) = 6$ 上旬温度
	$y(3) = -4410.43 - 138.56X(4) + 584.35X(7) + 36.34X(16) - 70.61X(17) + 36.48X(25)$		$x(16) = 6$ 月上旬湿度
	$y(4) = -5649.30 - 164.74X(4) + 677.63X(7) + 41.65X(16) - 83.55X(17) + 42.23X(25)$		$x(17) = 6$ 月中旬湿度
穗瘟病指	$y(1) = -243.35 - 3.00X(1) + 21.08X(8) - 2.98X(34)$	93.75	$x(1) = 4$ 月上旬温度
	$y(2) = -220.03 - 1.98X(1) + 19.12X(8) - 2.05X(34)$		$x(8) = 6$ 月中旬温度
	$y(3) = -201.37 - 0.70X(1) + 16.91X(8) - 1.15X(34)$		$x(34) = 穗发病率$
	$y(4) = -210.00 + 2.50X(1) + 13.63X(8) + 0.11X(34)$		
穗瘟发病面积	$y(1) = -9.95 + 1.90X(24) - 53.92X(32) - 1.03X(33) + 0.86X(34)$	100	$x(24) = 5$ 月下旬雨量
	$y(2) = -18.54 - 1.93X(24) + 66.04X(32) + 3.99X(33) - 0.18X(34)$		$x(32) = 叶发病面积$
	$y(3) = -16.84 - 0.66X(24) + 116.00X(32) + 0.99X(33) - 0.30X(34)$		$x(33) = 穗瘟始见期$
	$y(4) = -37.02 + 0.41X(24) + 158.34X(32) - 0.86X(33) + 0.91X(34)$		$x(34) = 穗发病率$
穗发病损失率	$y(1) = -1437.08 + 25.79X(2) - 31.25X(6) + 6.09X(12) + 14.58X(17) - 26.39X(35)$	100	$x(2) = 4$ 月中旬温度
	$y(2) = -1539.45 + 36.47X(2) + 24.18X(6) + 9.60X(12) + 11.81X(17) - 19.10X(35)$		$x(6) = 5$ 月下旬温度
	$y(3) = -1461.68 + 38.82X(2) + 20.79X(6) + 10.56X(12) + 10.07X(17) - 14.73X(35)$		$x(12) = 4$ 月下旬湿度
	$y(4) = -1379.55 + 5.50X(2) + 9.03X(6) + 14.87X(12) + 3.57X(17) - 0.09X(35)$		$x(17) = 6$ 月中旬湿度
			$x(35) = 穗发病指数$

三、实测验证结果

实测验证结果列于表(3)。结果表明,各县预报量的预报完全准确的达47.22%,预报相差一个等级的达36.11%,预报相差二个以上等级的达16.67%。在稻瘟病的中长期测报中,预报量相差一个等级,如发病率轻和中偏轻、中偏重和重,在生产实践上是可以接受的,预报准确性相差一个等级以下的百分比达83.33%。表明上述方程具有良好的使用价值。

表3

早稻稻瘟病电算测报检验结果

预报项目	连城县		建阳县		上杭县		宁化县	
	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值
叶瘟始见期	4级 5月7日以后	4级 5月17日	3级 4月4~7日	4级 5月8~9日	4级 4月5日以后	4级 4月10日	3级 5月5~11日	3级 5月14日
叶瘟发病率(%)	3级 19~25.8	2级 15	2级 23.02~38.86	3级 40.6	2级 12.26~21.18	2级 12.71	1级 1以下	2级 2.7
叶瘟病指	4级 15.94以上	2级 8.5	4级 28.94以上	2级 14.88	2级 5.49~8.96	2级 5.98	2级 1~5	3级 7.8
叶瘟发病面积(万亩)	1级 0.2294	1级 0.2294	1级 1.12以下	1级 0.1635	3级 5.04~7.75	1级 1.0869	2级 1.1~2.2	1级 0.12
穗瘟始见期	2级 6月5~21日	2级 6月19日	4级 7月6日以后	4级 7月6日	3级 6月10~13日	4级 6月18日	4级 6月26日以后	4级 7月3日
穗瘟发病率(%)	3级 16.99~26.65	1级 4.15	3级 36.64~49.78	1级 22.6	1级 10.43以下	1级 5.26	2级 1~8	2级 6.59
穗瘟病指	2级 4.078~6.53	1级 1.62	1级 8.62以下	1级 8.57	1级 4.078以下	1级 2.70	2级 1~5	2级 3.8
穗瘟发病面积	1级 1.8以下	1级 1.6	1级 0.84以下	1级 0.1827	4级 7.756以上	1级 0.18	2级 1.1~2.2	1级 0.054
穗瘟损失率(%)	2级 5.83~9.22	1级 0.9	3级 12.71~20.93	2级 5.29	3级 4.75~7.78	2级 2.24	2级 0.1~5.0	2级 1.31

例如对上杭县稻瘟病的测报：叶瘟始见期为4月5日以后，属迟发生年，实测为4月10日，也属迟发生年；叶瘟发病率在12.26~21.18%之间，属中偏轻发生年，实测为12.71%，也属中偏轻发生年；叶瘟病指为5.49~8.96之间，为中偏轻发生年，实测为5.98，也属中偏轻发生年；叶瘟发病面积为5.04~7.75万亩之间，属于中偏重发生年，而实测为1.0869万亩属轻发生年；穗瘟始见期为6月10~13日之间，属中偏迟发生年，而实测为6月18日，属迟发生年；穗瘟发病率为10.45%以下，为轻发生年，实测为5.26%也属轻发生年；穗瘟病指为4.078万亩以下，属轻发生年，实测为2.7万亩，也属轻发生年；穗瘟发病面积为7.756万亩以上，为重发生年，而实测为0.18万亩，属轻发生年；穗瘟损失率在4.75~7.78%之间，属中偏重发生年，而实测为2.24%，为中偏轻发生年。

讨 论

一、稻瘟病预报量的分级

多年预报量值的分布数列是一个数量性状的正态分布，它是连续的，由于本研究是对稻

瘟病进行中、长期预报,预报结果的表达以发生程度的质量性状为准,如发生期的偏早偏迟,发病率的偏重偏轻,这样要求预报量的数量性状必须转化为质量性状,采用 $x \pm \sigma$ 的统计方法,对预报量进行分级,增强了分级标准的统计性状,克服了人为分级的盲目性,从统计结果看,具有较强的客观性。

二、逐步判别分析作为稻瘟病电算测报方程的有效性

逐步判别分析是一种统计分类方法,设: $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ 为 m 个总体的一次随机取样结果,它可能来自 g 个不同的总体 G_i ($i = 1, 2, 3, \dots, g$) 中的某一个,设已知 G_i 的概率密度函数为 $P_i(x)$,判别分析的任务是将 m 维空间按某种标准划分为互不相交的 g 个域 R_i ,这时把 x 看成 m 维空间上的一个点。当 $x \in R_i$ 时,就判定该个体来自总体 G_i ,它分级标准受到统计量 $x \pm \sigma$ 的规范,组成方程的因子又是通过逐步筛选出来的。这样,在取样代表性良好的条件下,测报方程具有很强的判别能力。中长期测报结果表达方式是以发生程度的质量性状表达为准,这是因为同一数量级在不同的年份不同的预报量中,所表现的严重程度不同。预报的因子往往是数量性状,这样要求用数量性状因子,所产生预报结果是质量性状,逐步判别分析很好地解决了这一任务,因而它是中、长期电算预报的一个良好算法。

三、数据的系统误差对测报结果的影响

在测报中,数据的系统误差大小决定测报精度。本研究中,连城、上杭、建阳的数据系统误差较小,可以从预报量的分级得到论证,预报量值呈正态分布,而宁化县的数据系统误差大,预报量值不呈正态分布,故预报的结果准确性差,因而取样规范、标准、系统误差小是完成电算测报的基础。

四、预报方程因子组成

在不同的县份,同一预报量方程其组成的因子不同。这是因为地理、气候、品种的差异使得其关键因子发生变化。它们反映了各地气候的特点。作为一个稻瘟病的预报,应包含水稻的、病菌的、环境的信息,但是由于目前对于水稻抗病和病菌感病的定量化测定手段不完善,数据无法获得,故以感病品种面积比作为水稻和病菌信息的一个综合指标,加入气候数据,建立的方程对于稻瘟病发生的气候分析具有较强表达能力,而对于品种的抗性与病菌的致病的表达能力的分析有限,有待于进一步研究。

五、判别方程实用性

判别方程的实用性与其自身的回代率和实测准确性有关。本研究中方程的回代率较高,70%的预报方程回代率达85%以上,30%在75~80%之间。而实测的准确性有47.22%完全准确,36.11%相差一个级别,16.6%相差2个级别以上。这种实测的准确性又与预报量分级数量有关。本研究分4个等级,在生产上,对于稻瘟病的中、长期测报若能报出轻、中、重,即可满足运用要求。这样,分级统计量的划分可以按以下标准进行:

轻: $y < x - \sigma$

中: $x - \sigma \leq y \leq x + \sigma$

重: $y > x + \sigma$

把原来2、3级合并为一级，按这一要求，本研究的判别方程的总的测报准确率可达83.33%，进行稻瘟病的中、长期预测具有良好的实用价值。

参 考 文 献

- [1] 福建省农业厅编, 1980《福建省农业资料》288页
- [2] 浙江省稻瘟病预测预报电子计算机应用研究组, 1986, 应用电子计算机进行稻瘟病预测预报研究。
浙江农业科学 (2): 75~79
- [3] 魏淑秋, 1985, 农业气象统计。福建科学技术出版社。220~238页
- [4] Hashimoto, A., Mastsumoto, K., et.1982, Some trials for forecasting rice leaf blast epidemics by application of the computer simulation. Annual Report of the Society of plant protection of North Japan No. 33 12~14

STUDY ON THE FORECAST OF THE RICE BLAST (pyricularia oryzae) EPIDEMICS USING MICRO-COMPUTER

Liu Haoguang, Liu Bo,
Lin Dangen, Li Ping, Peng Wenfu

(Institute of Plant Protection, Fujian
Academy of Agricultural Sciences)

ABSTRACT

The present paper dealt with the forecast of the epidemics of the rice blast, pyricularia oryzae. The data from 1962 to 1987 were collected from 4 counties, i.e., Jianyan, Ninhua, Shanghan and Liancheng of Fujian province. The 9 forecasting objects of the disease were included in the research, that were the occurring time, the infected rate, the index, the infected area of the rice leaf blast, etc. The 9 series of the forecasting equations for the objects of the disease were set up by the means of the stepwise discriminant analysis. The results for the application of the equations showed that the average of the accurate rate for forecasting were 83.33%.