专业气象服务

利用天气促病指数表模型预报稻叶瘟发病趋势①

姚渝丽　杨信东　　郭明智　王立昌

（吉林农业大学农学院，长春　130118）　（吉林省农业总站）

提　要

采用气温、相对湿度、降水气象因子建立了天气促病指数表模型，提出了将天气促病指数表模型和稻叶瘟防治指标结合运用来进行稻叶瘟病监测的预报方法。预测效果表明该模型机理性强，预报方法简便易行且效果较好，为我国目前农业生产条件下的稻瘟病预测提供了一个较好的方法。

关键词： 天气促病指数　预测　稻瘟病

水稻生长中稻叶瘟病发病频率高且危害重，是危害水稻生长的严重病害之一。我们借鉴国内外同类工作的经验[1~5]，仅利用气象因子（温度、湿度、降水）对病原菌的产孢和侵染两个环节的影响，在应用计算机技术模拟病害发生机理的基础上建立了天气促病指数表模型，并将此模型与稻瘟病防治指标相结合作为稻叶瘟监测预报方法。

1　天气促病指数概念

天气促病指数（Z）：将20、02、08时定时

①吉林省科学技术委员会资助项目

观测的气温、相对湿度的平均值及结露持续时间和降水强度对稻瘟病菌产孢及侵染的综合影响称为该日的天气促病指数。该指数的大小表示在病斑产孢潜能相同的条件下，不同天气条件造成的稻叶瘟侵染量的相对比值。

2 天气促病指数求算

天气促病指数计算公式为：

$$Z = C \cdot L_i \quad (i = 1 \text{或} 2) \qquad (1)$$

夜间无降水条件下公式(1)用 L_1，夜间有降水条件下公式(1)用 L_2。C 为温度促病指数，L_1 为露湿促病指数，L_2 为湿雨促病指数。温度促病指数表示 20～08 时平均气温对稻瘟病菌产孢和侵染的综合影响的相对定量值；露湿促病指数及湿雨促病指数为夜间相对湿度高低，结露时间长短以及降水时间和强度对稻瘟病菌产孢和侵染的综合影响的相对定量值。为了便于计算，以最适温度条件下的温度促病指数值为 1，其余温度下的温度促病指数是以其与最适温度的温度促病指数的比值来计算的。

2.1 温度促病指数(C)模型的建立

定义 Y_1 为稻瘟病菌的相对传染率：

$$Y_1 = \sin(-1.94625x + 0.13244x^2 + 0.00249x^3) \qquad (2)$$

式中 x 表示平均气温(20～08 时)。病菌侵染的最低气温约为 12.0℃；最适气温约为 27.0℃；最高气温约为 34.0℃。

令 $x = 4(t - 10)$，则

$$Y_2 = \sin(0.317857x + 0.008125x^2 + 0.000067x^3) \qquad (3)$$

式中 Y_2 表示病斑产孢潜能相对值；t 表示平均气温(20～08 时)，x 表示病斑日龄。

温度促病指数模型：

$$C = Y_1(t_i) \cdot Y_2(t_i) / Y_1(t_0) \cdot Y_2(t_0) \qquad (4)$$

式中，$Y_1(t_i) \cdot Y_2(t_i)$ 为某气温值下的相对入侵率和产孢潜能相对值的乘积；$Y_1(t_0) \cdot Y_2(t_0)$ 为 21.5℃(稻叶瘟流行期 20～08 时气温平均值)时的相对入侵率和产孢潜能相对值的乘积。21.5℃时的温度促病指数等于 1。

由此计算 20～08 时平均气温($\bar{T}$)的温度促病指数为：

当 $\bar{T} < 17.0$，$C = 0$；$17.0 < \bar{T} \leqslant 17.5$，$C = 0.1$；$17.5 \leqslant \bar{T} \leqslant 24.2$，$0.213 \leqslant C \leqslant 3.6$；$24.2 < \bar{T} < 27.0$，$C = 1.6$。

2.2 露湿促病指数(L_1)模型

模型表述为：当 S 为 7 ～ 12 时，$L_1 = 0.3303\exp 0.4928S$；当 S 为 4 ～ 6.5 时，$L_1 = 0.0169\exp 0.9187S$。

$S = 0.31U_{20} + 0.19U_{02} - 36.5$，$U_{20}$、$U_{02}$ 分别表示 20、02 时的相对湿度值。若有结露仪记录结露时间(W)，则 $S \approx W - 4.5$。

根据此模型制作成表格，通过表格可方便地查找出露湿促病指数(L_1)。

表 1 露湿促病指数值

S/时	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12
L_1	0.6	1	2	3	4	6	9	13	17	23	30	39	49	61	75	91	108

2.3 湿雨促病指数(L_2)模型的建立

降水既可携落空中浮游的稻瘟病菌孢子到达叶面而使其附着孢子数增加，也可冲刷掉叶面孢子而使附着孢子数量减少。所以，降水强度、降水时间对此都有影响。大量研究表明，每天稻瘟病菌孢子释放的起始时间约为傍晚前后空气相对湿度达 90%时，孢子释放高峰约在凌晨 02～03 时左右，到早上 08 时左右孢子释放基本停止。故建模时考虑降水对空气中孢子的携落及对叶面孢子的

冲刷作用，主要考虑的时段为20～08时。倘如当天下午有降水从而使空气相对湿度在20点之前达到90%，则以降水开始时刻作为起始时间。

降水量(R)及降水时间(H)与空气中浮游孢子的携落比率(Y_3)的关系可表示为：

$$Y_3 = 1 - \exp(-1.5R/D) \qquad (5)$$

其中 $D = 1.24(R/H)^{0.182}$。

降水时间是指一次降水从起始时刻到终止时刻所经历的时间，该资料可从降水自记仪或"重量式结露仪"获得。降水量(R)与稻瘟病菌附着孢子的冲刷率(W)间关系为[6]：当 $R < 0.1$mm时，$W = 0$；$0.1 \leqslant R \leqslant 6.0$mm时，$W = (\ln R + 3.9841)/6.1059$；$6.0 < R \leqslant 16.0$mm时，$W = (\ln R + 21.5730)/24.5987$；$R > 16.0$mm时，$W = 0.99$。

夜间有降水时，湿雨促病指数确定方法是：夜间相对湿度达91%以后每0.5h为一计算单位，由计算机分别计算此时段内的孢子产生及附着量、降水对孢子的携落及冲刷量，最终得出侵入量。各时段侵入量总和即为湿雨促病指数(L_2)。各时段的计算公式为：$L_2 = \int_a^b (t) \cdot f(t)\mathrm{d}t$，式中积分上、下限 a、b 分别为此时段的起始和终止时刻；$f(t)$ 为结露后不同时段的稻瘟病菌孢子产生及附着量，根据杨信东研究结果，$f(t) = K \cdot t(1 + Y_3 - W)$，$K$ 为此计算时段最高相对湿度值减去91%得到差值再除以当夜相对湿度由91%到达最高值所用时间之商。$\varphi(t)$ 为侵染起始时刻到达侵染终结时刻前不同时段的孢子侵入概率(P)。要求得 P 应当先求得 U[7]，$U = \dfrac{T - T'}{2.85}$，式中 T 为从田间开始结露时间起到计算时段所经过的时间，T' 为当时温度下侵入概率达50%时所需的露时数。由于 T 及 T' 为实际可测得的数据及可推算的数据，故 U 可得，得到 U 后，则可用以下公式求得 P。即 $U \geqslant 0$ 时，$P = 1 - 0.5 \times \left[1 + \sum_{i=1}^{4} a_i \cdot U\right]^{-4}$，当 $U < 0$ 时，$P = 0.5 \times \left[1 + \sum_{i=1}^{4} a_i |U|\right]^{-4}$，式中 $a_1 = 0.196854$，$a_2 = 0.115194$，$a_3 = 0.000344$，$a_4 = 0.019529$。

为预报工作方便起见，L_2 模型可设计成系列表格模式，以便于使用(由于篇幅所限湿雨促病指数系列表从略)。

按上述方法求得每天的温度促病指数(C)；露湿促病指数(L_1)或湿雨促病指数(L_2)可得到每天的天气促病指数(Z)。

3 利用天气促病指数表模型预测稻叶瘟的发生

3.1 天气促病指数(Z)与发病程度的关系

试验结果分析表明：$Z < 1$，不发病；$2 \leqslant Z \leqslant 5$，不利于发病；$Z \geqslant 10$，较有利于发病；当 $Z > 20$ 时或连续几日 $Z \approx 10$，利于发病。

试验还表明，在菌源存在且寄主感病条件下，凡天气促病指数较高之日后经过4天左右潜育期，3天左右显症期共计约5～8天，必出现较多病斑。故可根据天气促病指数来推测稻叶瘟的发展趋势，尤其是稻叶瘟爆发期出现的日期。

3.2 预测和防治方法

考虑到病斑的增长不仅和天气促病指数有关，而且与病斑产孢潜能大小及寄主感病程度也有关，故利用此方法难以进行稻叶瘟的定量预测，仅能预测病害发生趋势。为对稻瘟病的防治工作给予直接指导作用，可将该模型与稻叶瘟防治指标[8]结合起来。用天气促病指数检测天气条件对稻叶瘟发病的影响，用稻叶瘟防治指标来决定是否发布稻叶瘟警报和采取的防治措施。

4 预测效果检验

各试验点连续观测15天并分3段计，分

别计算每个连续5天的"天气促病指数之和"(Z_1、Z_2、Z_3),并将其和此后的5～10天病斑增长倍数(B_1、B_2、B_3)相对比。若5日天气促病指数之和较大而对应的病斑增长倍数也较大,则表明该模型预测结果准确;若误差不大则认为预测结果基本准确;反之亦然(见表2)。

表2 5日天气促病指数之和与稻叶瘟病斑增长倍数的关系

试验地点	5日天气促病指数之和			病斑增长倍数			检验结果
	Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2	B_3	
梅河口	10.2	25.1	71.0*	2.5	10	7.6	基本准确
德惠	11.9	2.4	3.9	4	0.5	1.8	准确
蛟河	49.2	63.9	69.0*	2.5	5.1	3.2*	基本准确
辉南	26.2	20.7	134.8	1.3	0.7	3	准确

*表示流行已进入后期,故虽然5日天气促病指数之和很大,但相应病斑增长倍数略低于前5天

从表2看出,此模型的预测结果还是基本准确的,如果应用于生产可以起到较好的作用。

5 结 论

本文在借鉴国内外同行研究的基础上建立了天气促病指数表模型及稻叶瘟的预测方法。该方法机理性强,可对较大范围(如一个县、一个地区)稻瘟病的发生趋势进行预测。由于此天气促病指数表模型将原来需要计算机进行的模拟运算简化为查表运算,故有简便易行的优点,为我国目前农业生产条件下的稻叶瘟预测提供了一个较好的方法。但由于此模型中未考虑水稻品种的抗病性,也未考虑田间原有病斑的基数,故仅以此模型不可能进行具体地块的病害发生量预测。要进行病害发生量的预测,需要配合使用其它预测模型。

参考文献

1 曾士迈,杨演.植物病害流行学.北京:农业出版社,1986:187～190.

2 Gillespie, T. J. and J. C. Sutton. A Predictive scheme for timing fungicide applications to control Alternaria lenfj blight in carrot Can. J. PLPaeh. 1997,1:195—99.

3 越水幸男.アメダス資料による葉いもち發生予察法.今月の農藥,1982,26(1～4).

4 杨信东等.烟草野火病"天气促病指数"表解模型的建立.吉林农业大学学报.2002,24(2):86～90.

5 孔平等.露温露时和施氮量对稻瘟菌侵染的多元影响及其建模.植物病理学报.1989,19(4):225～227.

6 吉林省稻瘟病预测技术研究协作组.吉林省稻叶瘟流行模型及预测模型研究.吉林农业大学学报,1994,16(4):13～15.

7 吉野岭一.いもわ病菌密度變動と氣象條件.植物防疫,1981,35(1).

8 吉林省稻瘟病预测技术研究协作组.吉林省稻叶瘟防治措施的初步研究.植保技术与推广,1993,3.