

小麦赤霉病防治决策模型的初步研究

张匀华

刘惕若

曾士迈

(黑龙江省农科院植保所)(黑龙江八一农垦大学)(北京农业大学)

摘要 以黑龙江麦区为研究范围,在对小麦赤霉病有关部分进行试验研究的基础上,建立了由病害流行预测、病害损失、防治效果效益和防治决策四个子模型组成的病害防治计算机决策模型。模型根据其输入的变量值,从经济效益方面衡量,做出对病害进行防治与否的决策。

关键词 小麦赤霉病 病害梯度 决策 子模型

中图分类号 S435.121.5

1 总体设计

根据系统的观点,作为农田生产系统作物病虫害子系统中小麦赤霉病子系统来说,要对其防治进行决策,实际上应考虑其经济效益,生态效益和社会效益及诸方面复杂的因素,而在目前生产实际中,要做到这些尚很难,仅从经济效益方面考虑,怎样才能作出正确的防治决策,科学的作法应是把病害的各环节做为一个整体来看,即把病害的流行发生、病害损失及对其防治的效果等诸方面有机合理的结合起来,研究确定其各方面的定量值,并以经济效益为指标,这样做出的防治决策,才是合理的。依此对决策模型进行了总体设计。结构示意图如下。

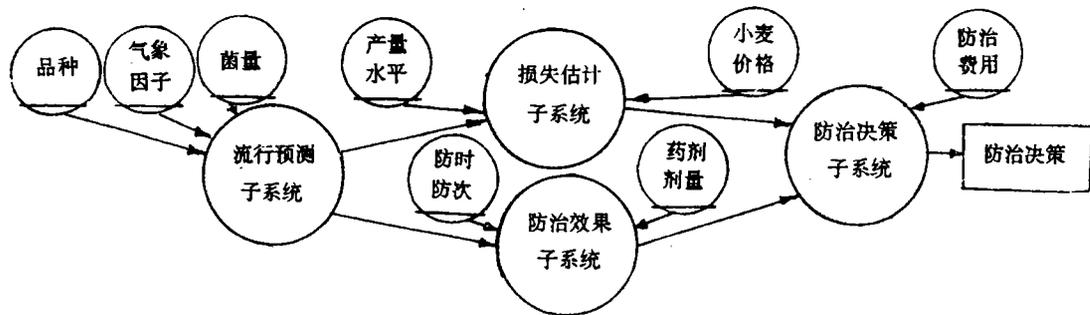


图1 防治决策模型总体设计结构示意图

2 流行预测子模型的建立

流行预测子模型是针对黑龙江东部垦区建立的。为了建模中病害流行因子的正确选取,对病害的主要发病生育期,初侵染次数和菌量对病害流行的作用进一步试验,结果表明,病害侵染主要发生在抽穗扬花期,初侵染次数增多,菌量增加,病情均随之加重。并根据试验结果建立了病情与接种菌量关系的“M—W”模型。

根据试验结论,建立流行预测模型时,确定只选取小麦抽穗扬花期两旬内(多品种三旬)的有关气象因子监测值;通过对垦区基点21年病情及相应各年份的七项气象因子数据,进行逐

步回归筛选,选入与病害流行相关显著的因子为 RNR(雨量×雨日)值(x_1)、日平均相对湿度(x_2)、日照总时数(x_3)和结露日数(x_4),并依试验得到的菌量与病害定量关系式,经数学方法转化计算出各年份的菌量值作为(x_5)因子加入,所建立的流行预测模型如下:

品种辽春 4 号:

$$y = 11.92 + 0.016x_1 - 0.157x_2 - 0.107x_3 + 0.962x_4 + 0.434x_5 \dots\dots\dots (1)$$

多品种:

$$y = -42.85 + 0.003x_1 + 0.474x_2 - 0.041x_3 + 0.812x_4 + 0.864x_5 \dots\dots\dots (2)$$

式中 y 为病穗率,各 x_i 值所代表如上述,其中(1)式的 R 值为 0.9347, F 值为 16.59,模型的回拟预测准确率达 94.4%,三年的预测验证其预测值和实际发生程度完全符合;(2)式的 R 值为 0.9107, F 值为 14.58,模型回拟准确率 90.5%,三年的检验结果,预测值与实际流行强度相符。

3 病害损失估计子模型的建立

试验分别于河南冬麦区和黑龙江春麦区进行,选用四个有代表性的品种;克旱 9 号(中抗)、信阳 861(中感)、垦大 1 号(感)、陕农 7859(高感),根据生产实际,田间设 3×2 平方米,行距 15 厘米的三次重复小区,利用不同孢子浓度和接种次数的种种组合进行接种处理,人为创造 10 个病情梯度,腊熟期按标准调查各小区病情,分小区收获考种。

研究结果中,利用病穗率进行产量损失预测,不同品种其预测式(略)各异,试验中抗感不同的四个品种很难找到规律性。而病情指数与产量损失关系,各品种均呈极显著直线相关:

$$\text{克旱 9 号: } y = 0.03 + 0.6098x \quad (R = 0.9901 \quad S_{\hat{y}} = 1.12)$$

$$\text{垦大 1 号: } y = 2.24 + 0.5699x \quad (R = 0.9925 \quad S_{\hat{y}} = 0.81)$$

$$\text{陕农 7859: } y = 4.68 + 0.5302x \quad (R = 0.9744 \quad S_{\hat{y}} = 0.94)$$

$$\text{信阳 861: } y = 1.15 + 0.4321x \quad (R = 0.9801 \quad S_{\hat{y}} = 1.45)$$

经检验各品种损失当量 b 间的差异是显著的,各 a 值的差异与品种对病害侵染的敏感程度有关。各式比较,当病情达到相同严重程度时,抗病品种的损失当量最大,感病品种次之,中感品种最小,这是由于病情调查标准中包含了因病引起的褪绿枯死部分,抗病品种的病情中几乎没有这部分褪绿病情而全部由“纯病情”组成的原因。根据结果,在对不同品种进行病害损失估计时,可依品种的抗性特点和试验中的品种相比较来选用预测式。对建立的损失模型,利用 1983 年云山农场 94 385 亩的赤霉病发生程度和实际产量损失进行验证,各品种及其平均预测值均与实际值相符。

由于国家粮食部门规定的小麦中赤霉病粒不得超过 4% 的收购标准,从模型应用和生产实际考虑,以这种标准来计算其病粒率与田间病情之间的关系,数据是农场生产中多品种按常规收获、脱粒出风等作业后得到的实际值,经回归分析建立了如下关系式: $y = 0.97 + 0.1935x$ (\hat{y} —病粒率, x —病穗率)。分析结果回归关系极显著,并经对生产实际中八年的数据进行验证,符合率达 100%。针对病粒率的收购标准,经上式转化,可作为一种田间防治指标。

从前面的试验结果,用病情指数预测病害损失为好,而已有的赤霉病流行预测模型大多只能预测其发病率,这与损失模型的最佳输入不一致。试验以终期病情为准,经曲线拟合选出病穗率与病情指数关系模型(式中 y —病情指数 x —病穗率):

$$\text{克旱 9 号: } y = 0.3451x \cdot \exp(0.0069x) \quad (R = 0.9518 \quad S_{y/\hat{x}} = 0.063)$$

$$\text{垦大 1 号: } y = 0.2843x \cdot \exp(0.00897x) \quad (R = 0.9605 \quad S_{y/\hat{x}} = 0.070)$$

$$\text{信阳 861: } y = 0.4178x \cdot \exp(0.00679x) \quad (R = 0.9389 \quad S_{y/\hat{x}} = 0.072)$$

陕农 7859: $y = 0.5290x \cdot \exp(0.00608x)$ ($R = 0.9697$ $S_{y/x} = 0.052$)

使用上述转换式时,可参照试验中各品种的特性选用,进行病穗率与病情指数的转换。

4 防治效果子模型的建立

试验平行设置与损失试验各处理相同的药剂防治处理小区,即每个处理所设的两个小区等量接种后,其中之一于小麦扬花期喷 80%多菌灵微粉剂(100 克/亩)防治,另一发病的产量损失小区为对照。不同生育期、不同药剂、剂量的防效试验方法同上。调查各处理小区的终期病情并考种,计算防效。

试验结果,对产量和病粒率的防治效果都是呈动态的,即防效随病害流行强度的不同而不同。选出各品种的防治效果拟合关系式如下:

产量防效(y —防治效果 x —病情指数):

克旱 9 号: $y_1 = 5.23 \cdot \exp(0.0273x)$ ($R = 0.9743$ $S_{y/x} = 0.1611$)

垦大 1 号: $y_2 = 0.4444x - 0.52$ ($R = 0.9737$ $S_y = 0.7607$)

病粒防效(y —防治效果 x —病情指数):

$y_1 = -1.48 + 14.28x^{\frac{1}{2}} - 0.1709x^{\frac{3}{2}} - 1.6773 \times 10^{-7} \cdot \exp(x^{\frac{2}{3}}) + 0.3314 \cdot \exp(x^{\frac{3}{20}})$
(品种:克旱 9 号 $R = 0.9849$ $S_{y/x} = 3.62$)

$y_2 = -0.18 + 4.04x^{\frac{1}{2}} + 0.2852x^{\frac{3}{2}} + 6.3405 \times 10^{-7} \cdot \exp(x^{\frac{2}{3}}) - 0.1832 \cdot \exp(x^{\frac{3}{20}})$
(品种:垦大 1 号 $R = 0.9974$ $S_{y/x} = 2.38$)

同时根据不同生育期防治,不同防治次数,药剂种类及剂量的试验结果,得到对产量的总防治效果:

$Y = Y_k \cdot (1 - PGS_i) \cdot (1 + PNT_j) \cdot (1 - PGK_l) \dots \dots \dots (I)$

其中 Y_k 为上述最佳防治时期、最佳药剂及剂量下的产量防效。

$k = \begin{cases} 1: \text{较抗病品种(克旱 9 号)} \\ 2: \text{较感病品种(垦大 1 号)} \end{cases}$

PGS_i 为不同生育期防治时较最适时期防治的防效所降低的百分比。

$i = \begin{cases} 1: \text{抽穗期防治, } PGS_1 = 37.2\% \\ 2: \text{花期防治, } PGS_2 = 0 \\ 3: \text{灌浆期防治, } PGS_3 = 53.6\% \end{cases}$

PNT_j 为不同防治次数较一次防治的防效所增加的百分比。

$j = \begin{cases} 1: \text{一次防治, } PNT_1 = 0 \\ 2: \text{二次防治, } PNT_2 = 43.1\% \end{cases}$

PGK_l 为不同药剂较最优药剂对产量所降低的百分比。

$l = \begin{cases} 1: \text{防效最优药剂, } PGK_1 = 0 \\ 2: \text{防效较好药剂, } PGK_2 = 20\% \\ 3: \text{防效较差药剂, } PGK_3 = 40\% \end{cases}$

同样,根据试验结果,对病粒率的总防治效果为:

$Y_l = y_{lk} \cdot (1 - PGS_{li}) \cdot (1 + PNT_{lj}) \cdot (1 - PGK_{li}) \dots \dots \dots (II)$

其中, Y_{lk} 为前述最佳防治时期、最优药剂、剂量下一次防治对病粒率的防效, $k = 1$ 时为较抗病品种(克旱 9 号), $k = 2$ 时取较感病品种(垦大 1 号)的病粒防效公式,其它各项所代表的和(I)式类似,只是其各量值不同:

$PGS_{l1} = 30.7\%$, $RGS_{l2} = 0$, $PGS_{l3} = 27.5\%$;

$PNT_{l1} = 0$, $PNT_{l2} = 51.9\%$;

$$PNT_{11}=0, PNT_{12}=51.9\%;$$

$$PGK_{11}=0, PGK_{12}=30\%, PGK_{13}=60\%.$$

对上述(I)、(II)式的检验,是利用勤得利农场 1984 年的生产实际数据,检验结果,两个模型的输出与实际值符合。

5 防治决策子模型

如总体设计中所述,对小麦赤霉病防治进行决策,实际涉及诸方面复杂因素,该题目仅从病害所造成的经济损失和对防治效果效益及防治成本方面定量预测,做出对病害的防治决策。当然亦可根据实际需要,由病粒率指标及其防治效果等做出防治决策。

进行防治的经济效益: $PEI = Y_k \cdot YPM \cdot PW$, 其中 Y_k 为对产量的防治效果, YPM 为亩产量(公斤/亩), PW 为小麦价格(元/公斤)。

防治成本: $PC = PGQ \cdot PGP + PWC$ 。其中, PGQ 为药剂用量(克/亩), PGP 为药剂价格(元/克), PWC 为作业费用(元/亩)。

把进行防治获得的经济效益和防治成本相比较,如 $PEI > PC$ 则进行防治,否则不防治。

根据决策模型的总体设计,把上述根据各项研究结果所建立的子模型,合理地组装为一个整体做为防治决策总体模型。首先画其计算机程序框图,采用 BASIC 语言分别编出病害流行预测、损失估计、防治效果效益及防治决策的子程序和调用它们的主程序,采用人机对话的形式进行模型的输入输出,依各变量的输入值分别给出病害将发生的程度,不防治情况下会造成的产量损失和经济损失,防治后将挽回的产量损失和获得的净收益,并最终输出进行防治与否的决策建议。

Study on the Decision-making Model for Chemical Control of Wheat Scab

Zhang Yunhua et al.

(Plant Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

Abstract A simple decision-making system for chemical control of wheat scab was tentatively developed based upon the results of field experiments. It was composed of four parts. Epidemic forecasting, yield loss, effect of fungicide application, decision-making of fungicide application. A multiple regression model forecasting the epidemic was derived based on the data collected from field observations over years in Heilongjiang province. Yield loss prediction equations that were derived based on the results of field experiments noted that the yield loss equivalence varied in cultivars. It was revealed that the effects of fungicide application varied with the severity of disease. Based on the results mentioned above, yield loss over economic threshold was calculated and the decision-making of fungicide application could be made.

Key words Scab of wheat, Disease gradient, Model, Decision-making