

Weibull 模型在花生锈病 流行预测中的应用*

王振中 林孔勋 范怀忠

(植保系)

提 要

利用花生锈病多年的病害系统调查数据,拟合Weibull方程,计算参数a、b、c。多元回归分析表明,花生锈病流行曲线的Weibull方程的位置参数a和标度参数b可以通过在病害流行初期病情达0.5, 1, 5, 10%的时间或其两点间的时间间距求得,而形状参数c也可以通过上述四点和所求得的a, b参数联合求得。

利用所得的a、b、c参数可按Weibull方程对病害流行全过程预测,若在流行期间持续调查病情,重新估计c值,可提高预测准确度。利用1983年春花生两套数据对本法进行检验。在各210次检验中,平均准确度为89和84%。

关键词:花生锈病;病害预测;韦伯尔(Weibull)模型

前 言

Weibull模型^[5]: $x = 1 - \exp\{-[(t-a)/b]^c\}$ 以它所具有的较大的可塑性和较高的准确性,在病害流行曲线拟合中显示了很大的作用。但这种拟合流行曲线的研究,往往只能揭示病害流行的综合特点(如流行速率、始病期等),或进行不同时期流行特点的比较,从而从中引申一般的流行规律(如期望速率,达到某些病情水平的期望时间等)^[1]。对于可否利用Weibull模型作为病害预测的一种手段,则尚未见报道。

花生锈病(*Puccinia arachidis* Speg.)是在我国华南地区对花生生产造成危害很大的一种病害^{[3][4]}。根据王振中、林孔勋^[1]的研究,在三种常用于描述病害流行曲线的模型Logistic、Gompertz和Weibull模型中,花生锈病流行曲线的描述以Weibull方程最好,他们还进一步指出,Weibull方程的a、b参数与锈病流行初期几个给定点有很高的相关关系^[1]。显然,对能否利用这些相关关系来预测某年度花生锈病流行过程的Weibull方程的有关参数,从而在流行初期即对整个流行过程进行预测,进行探讨,不仅在实践上,且在利用生长模型预测病害流行的理论研究方面,都是有意义的。

本文的目的,便在于通过对Weibull模型的a、b、c参数的估算和应用Weibull方程预测花生锈病的流行方面,作初步的探讨。

*湛江市农作物病虫测报站提供花生锈病流行资料,谨致谢忱!

1986年1月2日收稿

方法的建立

(一) 材料和算法

花生锈病流行资料均由田间系统调查取得,一部分由湛江市农作物病虫测报站提供,一部分来自在华南农业大学进行的试验。

所得花生锈病流行系统调查数据共36组,除1983年春花生两组病害流行数据用作检验方法应用外,其它用以拟合Weibull模型,计算参数a、b、c,计算方法系应用王振中和林孔勋提出的优选法拟合法进行^[2]。

从病害流行过程中找出病情(病叶率或严重度)达0.5, 1, 5, 10%四个点的时间(播种后天数)作为自变量因子,与相应的参数a进行逐步回归分析,求其关系方程。

参数b的回归分析系与相应的上述四点中每两点间的时间间距(如病叶率由0.5%发展至1%所用的时间等)进行。

为了使参数估计能避免由于所引用的多元方程的潜在误差或病情达某给定点的调查引起的误差所造成的影响,在选用多元方程时,尽量多用一些回归效果较好的方程,同时这些方程中所包含的自变量不同。

(二) 参数a、b的回归方程

在自变量、因变量进行各种代换(幂、对数等)所得的近二百道多元方程中,以含自变量个数为2, F测验极显著($\alpha < 0.001$)和复相关系数R较大为标准,选出下述10道方程作参数a、b的预测方程:

$$a = 2.4042x_1 - 1.5202x_3 + 13.5927 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{此式: } F = 56.98, \quad R = 0.8866$$

$$a = 1.8978x_1 - 1.0040x_4 + 12.1166 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{此式: } F = 55.86, \quad R = 0.8847$$

$$a = (1.7403x_2^3 - 88.3640x_3^2 + 132072.2664)^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{此式: } F = 61.33, \quad R = 0.8935$$

$$a = (1.4990x_2^3 - 63.9607x_4^2 + 116718.8243)^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{此式: } F = 63.61, \quad R = 0.8967$$

$$a = 2.8681 \times 10^{-2}x_3^2 - 2.0758 \times 10^{-2}x_4^2 + 23.8640 \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{此式: } F = 31.66, \quad R = 0.8194$$

在上述各式中, x_1, x_2, x_3, x_4 分别为病情达0.5, 1, 5, 10%的天数。

$$b = (3.8888 \times 10^{-3}x_3^{-2} + 4.2501 \times 10^{-2}x_5^{-2} - 1.6639 \times 10^{-4})^{-\frac{1}{2}} \dots \dots (6)$$

$$\text{此式: } F = 216.72, \quad R = 0.9660$$

$$b = (-0.17388x_4^{-1} + 3.8527x_6^{-2} + 0.01833)^{-1} \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{此式: } F = 92.96, \quad R = 0.9256$$

$$b = (30.3649x_3^2 + 7.8745x_8^2 + 150.6876)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (8)$$

此式: $F = 100.94, R = 0.9311$

$$b = (-8.3058 \times 10^{-2} x_2^{-\frac{1}{2}} + 0.4341 x_5^{-1} + 1.4461 \times 10^{-2})^{-1} \dots\dots\dots (9)$$

此式: $F = 83.32, R = 0.9182$

$$b = (3.5826 \times 10^{-2} x_3^{-1} + 0.1711 x_6^{-1} - 2.9081 \times 10^{-3})^{-1} \dots\dots\dots (10)$$

此式: $F = 97.3, R = 0.9288$

在式 (6) ~ (10) 中,

- x_2 : 病情由 1 % 发展至 5 % 的天数
- x_3 : 病情由 5 % 发展至 10 % 的天数
- x_4 : 病情由 0.5 % 发展至 5 % 的天数
- x_5 : 病情由 1 % 发展至 10 % 的天数
- x_6 : 病情由 0.5 % 发展至 10 % 的天数

(三) 参数c的计算和病害流行预测

利用病情达 0.5, 1, 5, 10% 的四个点的时间依式 (1) ~ (10) 计算出 a, b 值以后, 仍用上述四点求 c 参数:

$$c_i = abs \left\{ \frac{2 \cdot \ln [-\ln(1 - x_i)]}{\ln[(\frac{t_i - a}{b})^2]} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

上述式中 c 值取 abs 函数是为了避免出现负增根, $(t_i - a)/b$ 取平方是为了保证对数式有意义。

相应于每一对 (t_i, x_i) 点都可以求得一个 c_i 值, 取其平均值作 c 的估计值。

利用计得的 a、b、c 值, 根据 Weibull 模型, 便可以对病害的发展进行预测。

在流行过程中, 持续进行病情调查, 增加 (t_i, x_i) 数对, 重新估算 c 值, 便可以更准确地预测病害的发展。

方法的检验

1983 年春花生生长季节内在华南农业大学进行花生锈病病害系统调查, 病情发展数据列于表 1。

表 1 1983 年春花生锈病流行数据 (%)

时间 (天)	80	85	87	89	92	94	96	99	101	103
严重度	0.14	1.31	1.75	2.07	3.62	4.74	10.63	22.06	25.35	28.16
病叶率	0.94	7.47	9.82	12.14	19.74	25.57	49.04	79.45	82.66	85.05

续表 1

时间 (天)	106	108	110	113	115	117	120	122	124	127
严重度	36.04	40.88	46.61	49.19	55.04	60.32	63.07	64.11	64.70	65.77
病叶率	89.60	92.60	96.08	98.81	99.16	99.41	96.92	95.24	93.19	98.46

从表 1 估计得病叶率和病情严重度达到 0.5, 1, 5, 10% 的时间分别为: 78, 80, 84, 87 和 83, 84, 94, 96。

利用上述四点的数据按式 (1) ~ (5) 计算 a , 然后以平均值作为 a 的估计值, 同理, 可按式 (6) ~ (10) 计算 b 值, 结果病情严重度和病叶率的 a, b 值分别为: 75.34, 43.18 和 73.38, 30.08。

利用所计算的 a, b 值和病情达 0.5, 1, 5, 10% 的数据代入式 (11) 计算 c 值并计算 c 值 (注意病情的数据要化为小数), 得病叶率和病情严重度的 c 值分别为 2.89 和 3.13。

利用 a, b, c 依 Weibull 方程对病害的发展作出预测, 并用

$$P = [1 - abs(\hat{x} - x)/x] \times 100$$

作为准确度标准判断预测的准确性 (\hat{x}, x 分别为病情预测值和实测值)。全流行期的准确度为: 病叶率 85%, 严重度 80%。

依次增加 1, 2, ..., 19 对数据, 重新估计 c 值, 再对病害发展作预测。发现随着数对的增加, 预测准确度提高, 在所有各 210 次比较中, 病叶率的平均准确度为 89%, 病情严重度的准确度为 84%。

结论与讨论

利用生长模型描述病害的流行已引起了不少植病工作者的注意, 本研究的结果表明, 我们提出的 Weibull 参数估计法进行花生锈病流行的预测是可行的, 且方法简单, 易于应用, 在实际生产中有一定的使用价值。

从方法的应用中可以看到, 利用本法预测病害时, 应持续调查病害, 增加估算 c 值的数对, 从而提高预测的准确性。

Weibull 方程的参数 a, b 的估计系采取包含自变量不同的多道方程进行, 这就避免了由于某方程本身的误差或某些点调查情况的误差对两参数估计的影响, 在一定程度上保证了这两个参数估计的准确性。这种做法, 在利用多元回归方程作病害预测时, 有一定的参考价值。

引用文献

- [1] 王振中、林孔勋: 花生锈病流行曲线分析, 《植物病理学报》, 16(1) 1986: 11~16。
- [2] 王振中、林孔勋: Weibull方程拟合方法的研究——优选法在拟合植物病害流行方程的应用, 《华南农业大学学报》, 7(1), 1986: 17—20。
- [3] 林孔勋、郑仲: 敌锈钠(对氨基苯磺酸钠)的研究 I、敌锈钠与胶体硫混用在田间防治花生锈病和叶斑病的效果, 《华南农学院学报》, 1(2) 1980: 73~75。
- [4] 周亮高、霍超斌、刘景梅、刘智英: 广东省花生锈病的研究, 《植物保护学报》, 7(2) 1980: 67~73。
- [5] Pennypacker, S. P., Knoble, H. D., Antle, C. E. and Madden, L. V. 1980. A flexible model for studying plant disease progression, *Phytopathology* 70: 232—235.

THE APPLICATION OF WEIBULL MODEL TO
GROUNDNUT RUST FORECASTING

Wang Zhenzhong Lin Kunghsun Faan Hwei-chung
(Department of Plant Protection)

ABSTRACT

The parameters, a , b , c , of Weibull equation were calculated by using data of development of groundnut rust occurring in many years. Stepwise multiple regression analysis showed that the location parameter a and the scale parameter b can be calculated by the number of days for disease to reach at 0.5, 1, 5, 10% and the time intervals of two points among these ones. The shape parameter c can be calculated by the data (time and disease) of the four points and parameters a and b with the weibull equation. According to parameters a , b and c , disease development can be calculated with Weibull model and, if continuing on making investigation of disease development, we can use more data to estimate the parameter c and thus make the forecasting more accurate.

Key words: Groundnut Rust; Plant Disease Forecasting, *Puccinia arachidis* Speg.
Weibull Model