华南农业大学学报 10（2）1989： 54—59
Journal of South China Agric. U.

长豇豆锈病显症动态*

周卫川　　林孔勋

（福州动植物检疫所）　（植保系）

提　要

本研究比较了描述长豇豆锈病显症动态的三种数学模型。结果表明，长豇豆锈病显症动态的描述，系以 Richards 模型最好，Logistic 模型和 Gompertz 模型之间无显著差异。单就同一模型而言，有效积温累积显症率又较逐日累积显症率为好。在此基础上，文中提出了配以 Richards 方程求拐点的方法来估算病害的潜伏期，本病的潜伏期为7～9天。

关键词　长豇豆；锈病；潜伏期；病害流行学；显症动态

引　言

本研究定义的长豇豆锈病潜伏期是指从接种（夏孢子）到寄主植物病部产生新的夏孢子所经历的时间。在病害的科学管理模型中，对潜伏期的预测，仅仅知道从侵染到开始显症所经过的天数或潜伏期的数学期望值是很不够的，更好的做法是要知道同时受侵染的一批寄主组织的逐日显症概率。因为从群体的观点看，潜伏期并不是一个确定的数值，而是表现为显症率在一定时间内的动态分布。

然而，这方面深入细致的研究还不多，而且以往潜伏期的预测多只是预测潜伏期的数学期望值、中值或众值[5]。近年来，有关显症动态的描述主要是用概率来表示逐日显症率和有效积温显症率[2][6]。但是，对于豇豆锈病则还未见有对潜伏期及其显症动态进行研究的报导。

材料和方法

在自然条件下，盆栽长豇豆，品种为铁线青每次播种6盆，每盆8株，待幼苗长到3～4片复叶时，用当晚采集的新鲜夏孢子，按照王振中、林孔勋的方法接种和调查显症

*广东省农科院刘朝桢副研究员和华南农业大学李郁治副教授审阅全文并提了宝贵意见，谨致谢忱。

1988年4月13日收稿

的孢子堆数。每次调查10～20株。把每次调查显症的孢子堆数转化为累积显症率，然后与接种后经历的时间和积累的有效积温相联系，组配显症动态方程。

本试验共获得10批次有效数据。

数据处理和模型建立及结果分析

（一）方程的选择

关于种群生长的动态描述，有多种方程可供使用[1][2]，肖悦岩和曾士迈[3]比较了小麦条锈病的三种显症率预测式，结果以Logistic方程为最好。本研究选用Logistic、Gompertz和Richards 三种函数，其方程式分别为：

Logistic
$$y=\frac{1}{1+me^{-ax}}$$

Gompertz
$$y=e^{-be^{-kx}}$$

Richards
$$\begin{cases} y=(1+e^{b-kx})^{\frac{1}{1-m}} & m>1 \\ y=(1-e^{b-kx})^{\frac{1}{1-m}} & 1>m\geqslant 0 \end{cases}$$

（二）显症率的计算

本研究以最后一次调查的孢子堆数N作为最大的显症值，以N为标准，i日的累积显症率可由积累到第 i 天的显症的孢子堆数和N之比求得：

$$y_i=\sum_{k=1}^{i} N_k \Big/ N$$

式中，N_K为第k天显症的孢子堆数，则$\sum_{k=1}^{i} N_K$为积累到第 i 天的孢子堆数，y_i为相应的累积显症率。

（三）有效积温的计算

在本研究中，长豇豆锈菌生长发育的起点温度是采用该菌夏孢子萌发的最低温度为标准。我们通过在不同温度下夏孢子萌发试验结果，初步确定该菌夏孢子萌发的最低温度为10℃，因此有效积温可按下式计算：

$$x_i=\sum_{j=1}^{i}\sum_{k=1}^{24}\left[fj(T_k)-10\right]$$

式中，$f_j(T_k)$是第 j 天k时刻的温度，X_i为积累到第 i 天的有效积温。Allen[4]认为每天温度变化的两个最低温度明显地不相等，因此，他提出分两个半天（12小时）即用两段不同振幅的正弦曲线来模拟温度的变化。我们观测了自动温湿记录仪的多次记录结果，发现广州地区最高温度(下午14时左右)和最低温度(凌晨5时左右)出现的时间间隔不相等。因此我们模仿苏祥瑶的做法[3]，用两段不同周期的正弦函数来拟合每天的温度变化。

$$T(k,t)=\begin{cases}\frac{1}{2}[T_h(k)+T_l(k)]+\frac{1}{2}[T_h(k)-T_l(k)]\cdot\sin[\frac{\pi}{9}(t-9.5)] & 5\leqslant t\leqslant 14\\ \frac{1}{2}[T_h(k)+T_l(k+1)]+\frac{1}{2}[T_h(k)-T_l(k+1)]\cdot\sin[\frac{\pi}{15}(t-6.5)] & 14<t\leqslant 29\end{cases}$$

式中，$T(k、t)$为第 k 天 t 时刻的温度，$T_h(k)$和$T_l(k)$分别为第k天的最高最低温度，对上式10℃以上部分积分就可以得到有效积温。

（四）模型建立和结果分析

利用系统调查的数据，按接种后的时间和有效积温为自变量，与相应的累积显症率相联系，用线性化方法分别拟合 Logistic、Gompertz 和Richards 方程。同时计算各方程的相关系数 R和残差平方和Q，并进行 F测验(各方程的 F测验都达极显著，$\alpha=0.01$)。共组配了方程60条。用Q和R 作为判别方程拟合好坏的标准。各方程Q、R的计算结果表明，在不同的数据上，或同一数据不同的自变量上，均以Richards模型为最好，Logistic和Gompertz模型之间差异不显著。单就同一模型而论，选用不同的自变量，虽然它们在不同的数据上所显示的准确性各有差异，但从各模型Q和R的平均值和标准差来看，拟合结果的趋势是，有效积温显症率（有效积温为自变量）优于逐日累积显症率（时间为自变量），计算结果均列于表1。

表1 几种不同方程拟合显症动态的比较*

参数		Logistic		Gompertz		Richards	
		平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
逐日累积显症率	R	0.9615	0.0364	0.9596	0.0325	0.9767	0.0246
	$Q\times10^{-2}$	4.7607	6.2327	4.5400	8.2545	1.4096	1.1639
有效积温累积显症率	R	0.9623	0.0358	0.9604	0.0312	0.9782	0.0232
	$Q\times10^{-2}$	4.4718	5.8707	4.5140	8.0986	1.3470	1.1683

*表中数字系10组曲线的计算结果

潜伏期的估算方法

在植物病害流行学的研究中，预测病害的显症动态固然重要，但准确地确定病害的潜伏期，无论在理论研究还是生产实践上也是很重要的。我们多次的观测和试验结果表明，配以Richards 函数求拐点的方法能较准确地估计植物病害的潜伏期。

（一）方法的提出

大量研究表明：同一时刻接种的一批病原物，不会在同一时间度过潜伏期，同时显症，而是在一定的时间或有效积温范围内以S型曲线显症[1][2]。已有研究指出，潜伏期的定量预测以众数为最好[5]。据此我们根据概率论原理推论。当S型曲线出现拐点时的时间或有效积温是植物病害潜伏期的最佳估计值。

（二）方程的选择和拐点值的计算

为了求出拐点，必须对实验数据配合一理论方程，Logistic、 Gompertz和Richards方程都是S型曲线，根据上述的研究结果，本文选用拟合效果最好的Richards 模型来求拐点值。Richards方程为：

$$y=(1+e^{b-kx})^{\frac{1}{1-m}} \qquad m>1 \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$y=(1-e^{b-kx})^{\frac{1}{1-m}} \qquad 0\leqslant m<1 \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

式中，b是位置参数，k是速率参数，m是形状参数。根据式（1）和式（2）求其拐点分别为：

$$X=\frac{b-\ln(m-1)}{k} \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

$$X=\frac{b-\ln(1-m)}{k} \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

X即为曲线的拐点——用有效积温或时间表示的潜伏期。

（三）结果和分析

利用显症动态组建的20条Richards方程，根据式（3）、（4）求拐点处的时间或有效积温，并同时计算拐点处的显症率，其结果列于表2。

表2结果说明，长豇豆锈病的显症动态曲线是关于拐点非对称的（$m\neq 2$），即不是当显症50%时，显症概率最大。因此，用中位数来表示潜伏期只是近似的，可认为是**7～9天。**

表2 由Richards函数求拐点方法确定的豇豆锈病潜伏期

试验号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
日累积显症率	m	0.931	0.689	1.791	1.649	1.962	0.891	2.312	7.011	2.281	2.352
	x^{*}_0	7.539	7.126	8.176	8.621	9.136	6.235	8.189	9.845	7.541	7.910
	$f(x_0)^{**}$	35.46	30.19	41.87	46.27	49.63	34.69	52.78	72.32	52.53	53.10
有效积温累积显症率	m	0.891	0.689	1.740	1.604	1.955	0.691	2.242	7.209	2.580	2.701
	x_0	126.17	119.85	132.38	140.73	110.41	99.34	153.48	184.35	139.91	148.44
	$f(x_0)$	34.68	30.19	47.31	45.74	49.56	30.24	52.18	72.73	54.89	55.75

*x_0为拐点，即用时间（天）或有效积温（天·度）表示的潜伏期。**$f(x_0)$为拐点处的显症率（%）

结论和讨论

本研究比较了描述长豇豆锈病显症动态的三种数学模型。结果表明，长豇豆锈病逐日累积显症率和有效积温累积显症率的描述，均以Richards模型为最好，Logistic和Gompertz模型之间差异不显著，Logistic和Gompertz模型曲线的拐点分别是0.5和0.37，然而，病害的显症分布是寄主、病原物和环境条件相互作用的结果，显然，它的拐点随寄主、病原和环境的变异而波动。Richards模型的拐点是由m决定的，当m＝2或0时，它简化为Logistic或单分子模型，当m无限趋近于1时，它就是Gompertz模型。由此看来，Richards方程由于它的可塑性和准确性，可能是研究病害显症动态的一个较为有效的工具。

利用有效积温来预测显症率，由于考虑了积温高低对显症动态的影响，因此与日显症率相比有较高的准确性[2]。本研究的结果也证明了这一点。

本文还根据概率论原理，推导了一种估算植物病害潜伏期的方法，即用配以Richards函数求拐点的方法来确定植物病害的潜伏期。

引 用 文 献

〔1〕肖悦岩，曾士迈，张万义，王沛有。植物病理学报，1983；13（1）：1—13
〔2〕肖悦岩，曾士迈。中国科学B辑，1985；（2）：151—157
〔3〕苏祥瑶，林昌善。生态学报，1986；6（1）：65—73
〔4〕Allen, J.C.1976.Entomol. 5：388-396
〔5〕Kranz、J.1974. In Epidemics of Plant Disease (Kranz, J. eds.) pp. 7-56. Springer-Verlag, Berlin and New York.170
〔6〕Shaner, A., and F.D. Hess 1978. Phytopathology 68: 1464-1469

ON APPARITION DYNAMIC OF ASPARAGUS LONG BEAN RUST

Zhou Weichuan Lin Kung-hsun

(Fuzhou Animal and Plant Quarantine Services) (Deparment of Plant Protection)

ABSTRACT

With the data obtained from inoculation experiments, the apparition dynamic of asparagus long bean (*Vigna sesqurpedalis* (L.) Fruvvirth) rust(*Uromyces phaseoli* Wint var. Vignae (Barcl.) Arth) was studied in detail, showing that Richards function was the best for the description of the apparition dynamic and there was no singificant difference between Logistic and Gompertz functions. As a unit, the effective accumulated temperature was found to be better than day for the study of the probability of apparition of this fungus no matter which function was used. The method for determining the latent period of the disease by the use of inflexion of the function was described, the latent period of the disease studied being found to be 7-9 days.

Key words: Asparagus long bean; Rust; Latent period; Epidemiology; Apparition dynamic