

## 玉米粗缩病 (MRDV) 的季节流行动态和 经济损失的定量研究

谭万忠 邓先明

(重庆西南农业大学植保系 630716)

何庆国

韩云民

(四川南部县植保站 637300)

(四川南充地区种子公司 637000)

### 提 要

采用系统调查方法研究田间玉米粗缩病 (MRDV) 的自然发展动态和经济损失规律, 其结果表明, MRDV 在玉米生长季中的进展曲线遵循对数抛物线函数 ( $y = a \cdot e^{bx+cx^2}$ ) 规律, 从而建立了中单2#和丹玉13#玉米上MRDV (病指数和发病率) 的流行模型 ( $\alpha < 0.05$ , 估计病情符合率75—100%), 同时认为此函数为生长后期表现“隐症”的一类植物病毒病发展动态的通用拟合模型。MRDV对玉米成穗率、穗粒数、穗粒和干粒重诸产量因子都显著影响, 相关分析发现玉米损失率与拔节、抽雄和吐丝期的MRDV严重度密切相关 ( $r \geq 0.89, \alpha < 0.05$ ), 因此建立了这些时期病指数和病株率与经济损失率间的线性关系模型, 并用相应的模型估计了南充地区1988—1989年MRDV引起的玉米产量和经济损失。

**关键词:** 玉米 粗缩病 流行动态 经济损失 模型

研究植物病害的流行动态和经济损失都是植物病流行学的基本内容, 对于人类了解病害流行和损失的变化规律从而丰富植病流行科学的内涵具有重要的理论意义, 而且在农业生产中对指导病害的预测预报和综合治理也具有现实的实践作用。所以近年来国内外植病学家在这方面进行了大量富有成效的研究<sup>[1-5]</sup>, 但过去这方面的工作主要局限于真菌和细菌病害, 对植物的病毒则涉及甚少。

玉米粗缩病 (MRDV) 于1949年被发现, 早年在意大利等西欧国家流行, 其后传播至中东地区为害<sup>[1]</sup>。我国1954年首次在新疆南部和甘肃西部报道MRDV, 为害玉米面积数万公顷, 近年来在许多省区都发生流行和为害, 仅我省南充地区1988年报道发病面积便达11000多公顷, 造成严重的作物损失。MRDV的迅速扩散蔓延, 已对我国部分地区的玉米生产构成重大威胁, 所以在国外过去研究的基础上, 国内近年曾有人对此病的病理学、病原学和防治等作过一些探索, 但在病害流行学规律方面尚缺乏系统的研究报告。

因此, 本研究采用田间系统调查方法, 拟探讨玉米生长期中MRDV随时间而发展变

本文于1989年11月8日收到。

\*承邓先明、何庆国、朱文炳、唐尚格、李祥坤等先生协作, 文洪等参加调查, 苏家玖副教授审阅论文, 一并致谢。

化和造成经济损失的规律。

## 方 法

1. 病害动态研究: 玉米出苗后于3—4叶期在南部县MRDV常发地作大面积多点调查, 选择不同品种(代)的玉米作定期调查, 每周一次, 每块田以“五点取样法”查200植株, 记录或计算玉米生育期(按国际通用的Hanway氏标准<sup>[7]</sup>)、发病植株百分率和病情指数

$$\left( \frac{\sum(\text{病级代表值} \times \text{该病级株数})}{\text{调查总株数} \times \text{最高病级代表值}} \right)$$
。最后根据生长期中病情的动态变化选定适当的数学函数, 通过相关回归分析建立病害进展曲线的拟合模型, 并作统计检验。

2. 作物损失测定: 早期大面积调查后, 在南部县选定发病程度不同的玉米常规种植田(中单2\*)和仪陇县确定一玉米杂交制种田(Mo17×330), 于植株五叶、拔节、抽雄和吐丝期用“五点取样法”每块田调查200植株, 记载病株率和病指数, 玉米子粒成熟后取100株考种; 另在一常规种植和制种田内于抽雄期挂牌标记各级病株100株, 成熟后分别考种, 记录有效穗、株高、穗长、穗粒数、穗粒重和千粒重, 并计算单位面积产量、经济损失和损失率。然后进行统计分析, 确定MRDV的损失水平, 建立“病害与损失关系”模型, 并应用此模型作大面积玉米上MRDV经济损失估计。

## 结 果

将生长期逐次调查中单2\*杂交种( $F_1$ )和自留种( $F_2$ )及丹玉13\*玉米上病株率和病指数的结果绘成MRDV进展曲线(图1)。很明显, 不同作物上发病程度虽有显著差异, 但病情发展变化的规律却是基本一致的。即前期病害逐渐加重, 至抽雄期(6月19日前

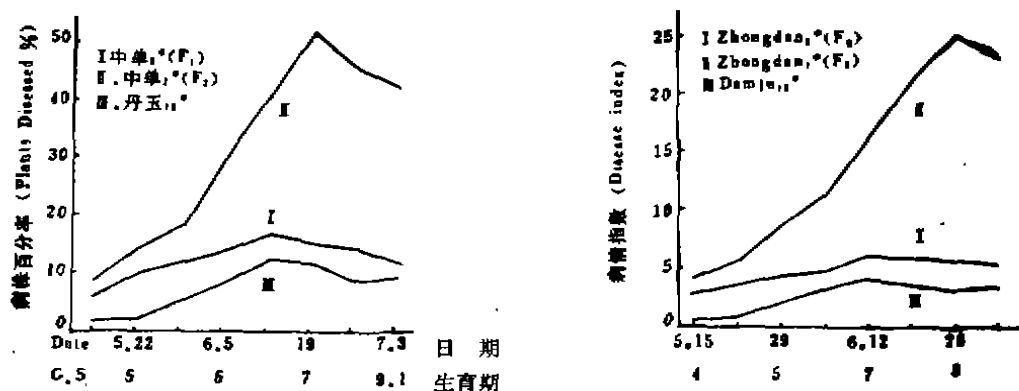


图 1 玉米粗缩病在作物生育期中的变化  
Fig 1 Progress Curves of MRDV Epidemics

夕)达到高峰, 此后随田间作物上病害症状部分消失(隐症)而病情逐渐下降。MRDV这样的变化规律, 与二次抛物线和对数抛物线都较接近, 但相关分析表明后者更能准确地反映MRDV的这种变化。

对数抛物线函数为  $y = a \cdot e^{bx+cx^2}$ , 根据该函数作曲线回归分析, 求得各作物上MRDV病株率  $y_p$  和病情指数  $y_i$  与时间  $x$  (单位: 周) 之间的关系模型、曲线和直线相关

率, “学生氏”  $t$  值及病情估计符合率, 列入表 1。显然这些模型的曲线相关率都大于直线相关率。 $t$  测验达显著至极显著水平 ( $\alpha < 0.05-0.001$ ), 用它们估计的病情值与实测值符合率达 75% 以上 ( $p \geq 75\%$ )。

表 1 不同玉米作物上 MRDV 进展曲线的拟合模型  
Table 1 Simulation Models of Progress Curves for MRDV Epidemics in Different Maize Crops

品 种 Cultivar	病① D.S.	对数抛物线回归模型 Regression log. Parabolic Model	n	r	t②	Fitness (%)
中单 2 <sup>号</sup> (F <sub>1</sub> )	I	$y_p = 4.216e^{0.444x} - 0.0452x^2 \pm 0.859$	8.2012	0.8232	11.565	87.5
zhongdan 2	II	$y_i = 1.539e^{0.444x} - 0.0370x^2 \pm 0.371$	4.1773	0.8203	5.793	87.5
中单 2 <sup>号</sup> (F <sub>2</sub> )	I	$y_p = 4.028e^{0.715x} - 0.0510x^2 \pm 3.649$	4.9240	0.8402	5.408	87.5
zhongdan 2	II	$y_i = 1.559e^{0.715x} - 0.0457x^2 \pm 2.123$	5.1346	0.9549	5.567	87.5
丹玉 13 <sup>号</sup>	I	$y_p = 0.356e^{1.188x} - 0.0170x^2 \pm 1.153$	2.3147	0.8641	3.025	100
Danyu 13	II	$y_i = 0.025e^{1.188x} - 0.182x^2 \pm 1.350$	1.9668	0.8356	2.521	75.0

① I — percent plants diseased (病株 %); II — disease index (病指数)

② Significance (显著水平):  $t_{0.05, 8} = 2.447$ ,  $t_{0.01, 8} = 3.707$ ,  $t_{0.001, 8} = 5.959$

表 2 生产田和制种田玉米粗缩病各级病株损失分析  
Table 2 Analysis of Economic Losses due to MRDV of Varying Severities in Gain and Hybrid Seed Production Fields

项 目 Measurements	病级(中单 2 号) MRDV Severity (Zhongdan 2)					病级(Mo17×330) MRDV Severity (Mo17×330)				
	0	I	II	III	IV	0	I	II	III	IV
株 高 Plant Height (cm)	188	186	158	137	114	142	106	87	83	55
有效穗率 Harvestable Ear Rate (%)	100	100	98	81	52	100	100	100	80	25
穗 长 Ear Length (cm)	20.1	19.1	16.7	15.0	13.2	26.5	21.7	11.8	10.9	7.9
穗粒数 No. Grains/Ear	378	324	232	95	61	409	301	126	62	15
穗粒重 Grain Wt./Ear (g)	82.9	78.5	50.5	17.4	12.0	68.1	47.6	16.9	6.9	1.4
1000 粒重 1000 Grain Wt. (g)	238	225	201	172	164	182	173	150	115	92
产 量 Yield (kg/ha)	4353	4022	2657	914	630	2730	2595	888	363	74
损 失 Loss (yuan/ha.)	0	165	1358	1751	2979	0	1590	4032	4820	5253
损失率 Loss Rate (%)	0	5.3	36.5	79.4	85.5	0	29.8	75.2	89.8	98.1

\* 玉米粮价(0.8元/kg)和杂交种子价(2.0元/kg)系市场售价。

The prices of grains (0.8 yuan/kg) and hybrid seeds (2.0 yuan/kg) are market sale prices.

生产田(中单2\*)和制种田(Mo17×330)玉米各级病株的产量分析(表2)显示,MRDV对作物主要产量构成因子都有显著的影响,且这种影响随病害加重而增大,以致部分植株完全丧失产量。如两种作物4级病株的有效穗率仅为52%和25%,即近一半以上植株颗粒无收。同时,制种田比常规生产田受MRDV的为害更严重,仅以作物损失率为例,1~4级病株损失率在生产田依次为5.31%、36.35%、79.37%和85.53%,而在制种玉米上则是29.82%、75.17%、89.84%和98.11%。

六块玉米病田(中单2\*)中四次调查MRDV病情及收获时测产的结果见表3。可以看出,玉米公顷产量损失率平均约10%,最高达30%以上,且病情越严重则损失率越

表3 六块玉米田MRDV发生程度和减产率  
Table 3 MRDV Intensities and yield Reductions in Six Maize Fields Surveyed

调查时间 Survey time	MRDV <sup>①</sup>	田号 Field Number						平均 Mean
		1	2	3	4	5	6	
5.10	I	0	4.0	2.0	2.5	6.5	4.5	3.25
GS.4	II	0	1.5	0.8	0.8	2.1	1.6	1.23
5.20	I	1.5	8.0	5.0	8.5	7.0	15.5	7.55
GS.5	II	0.4	3.5	2.1	4.2	3.1	8.7	3.17
6.10	I	4.0	14.0	10.5	18.5	14.0	48.5	18.25
GS.7	II	1.7	6.0	4.0	10.1	5.5	27.3	9.10
6.24	I	6.5	17.5	14.0	15.0	18.5	53.5	20.83
GS.8	II	2.8	8.4	4.2	5.1	6.3	21.9	7.82
yield	Diseased	4194	3754	3468	2625	2903	1779	3120
(kg/ha.)	Control	4218	3967	3690	2899	3261	2635	3446
Loss	%	0.01	5.37	6.08	9.47	10.98	32.49	10.73
	yuan/ha <sup>②</sup>	19	170	178	219	283	421	261

①As noted in Table 1(见表1注释), ②As noted in Table 2(见表2注释)。

高。相关回归分析表明,除GS.4(五叶期)外,其它三个生育期(GS.5、GS.7、GS.8)的病株率和病情指数均与玉米损失率成密切的线性相关( $r \geq 0.89$ ,  $\alpha < 0.05$ ),因而建立了以这些时期病情指数和病株率(x)估计单位面积损失%(y)的线性模型:

玉米生育期 (Growth Stage)	"损失-病株率"模型 ("loss-% diseased plants" model)	损失-病情指数"模型 ("loss-disease incidence" model)
GS.5(拔节期)	$y = 1.115x + 2.311 \pm 4.043$ $r = 0.934$	$y = 2.082x + 4.138 \pm 5.428$ $r = 0.887$
GS.7(抽雄期)	$y = 0.549x + 0.715 \pm 1.945$ $r = 0.970$	$y = 1.052x + 1.155 \pm 3.080$ $r = 0.983$
GS.8(吐丝期)	$y = 0.483x + 0.671 \pm 2.089$ $r = 0.968$	$y = 1.169x + 1.580 \pm 2.488$ $r = 0.975$

比较这两类模型, 其相关系数值很接近, 说明以病株率或病情指数估计损失率时, 两者准确度差异可能不大, 所以在实际应用中只需记载其中任一病害指标即可。因此根据有关资料, 用相应的模型估计了南充地区部分县1988和1989年MRDV的经济损失, 结果见表4。此分析直观而科学地揭示了玉米粗缩病的经济重要性。

表4 南部地区1988, 1989年MRV经济损失估计  
Table 4 Estimation of Economic Losses due to MRDV  
in 1988 and 1989 in Nanchong Prefecture

地、县名 (County)	种植类型 (Type of Production)	年份 (year)	发病面积 <sup>①</sup> (ha.)	病株率 <sup>②</sup> (% Plants Diseased)	损失(Loss)		
					% <sup>②</sup>	kg <sup>③</sup>	Yuan <sup>④</sup>
南充地区	产 粮	1988	10610	20.0	11.70	4303760	3443008
Nanchong Pref	Grains	1988	3520	14.5	8.68	1053553	842842
阆中县	产 粮	1988	2000	20.0	11.70	806955	645564
Langzhong	Grains	1989	497	15.0	8.95	134873	107898
南部县	产 粮	1989	1400	18.3	10.76	519790	415832
Nanbu	Grains						
南充县	产 粮	1988	2667	30.0	17.19	1581020	126481
	Grains	1989	476	18.7	10.98	180411	144329
Nanchong	制 种 Hybrid Seeds	1989	367	60.0	28.17	348967	697934
仪陇县	产 粮	1988	2667	33.0	18.83	1735244	138603
	Grains	1989	1200	18.0	10.60	438716	350973
Yilong	制 种 Hybrid Seeds	1989	90	60.0	33.65	112230	224478

①Data are partially from reports of Plant Protection Station of Nanchong Prefecture部分数据来源于南充地区植保站的报道

②Calculated from the model  $y=0.549x+0.715$  根据此模型计算

③Taking 3450/ha. in Table 3 as control 以表3中3450kg/ha作对照

④Noted as in Table 2见表1注解。

## 讨 论

过去在真菌和细菌病害流行时间动态研究中用以描述病害发展规律的数学模型有指数、Logistic、Gompertz、Bertalanffy、单分子和Weibull函数模型等<sup>[8-11]</sup>。本研究表明, MRDV的变化动态曲线与这些函数曲线差异甚大, 而遵循对数抛物线的变化规律。实际上有许多植物病毒病在作物生长季节的发展都可能遵从MRDV的这种变化规律, 因为它们一般都是前期侵染加重而后期表现“隐症”现象。因此对这类病毒病发展的时间动态似乎都可以用对数抛物线函数予以拟合。

玉米粗缩病是一种毁灭性的作物病毒病, 其为害后抑制作物生长发育, 降低植株成穗率、穗粒数和千粒重等产量构成因素, 从而导致作物产量和经济损失。病害侵染严重时, 可致植物颗粒无收, 因此在生长前期拔除重病植株, 既可控制病害的发展也不会影响作物产量。

玉米损失率与MRDV严重度呈显著的直线相关, 即病害侵染越严重, 其引起的作物损失率就越高, 这与许多真菌和细菌病害的损失规律相同。本文提出了拔节、抽雄和吐丝期MRDV病株率和病指数分别与玉米损失率的关系模型。应用此模型即可进行损失估计或预测了。

## 参 考 文 献

- [1] 曾士迈, 杨演, 1986, 植物病害流行病学, 农业出版社, 北京。
- [2] 邓炳祥, 1985, 植物病害流行模拟和损失估计, 北京农业大学编发。
- [3] Zadoks, J.C. et al., 1979, *Epidemiology and Plant Disease Management*, Oxford University Press, Oxford.
- [4] Tan, W. (谭万忠) 1987, *Relationships between Foliar Diseases and Yield Losses of Barley* Ph.D. Thesis University College of Wales, Uk.
- [5] James, W.C., 1974, *Annual Review of Phytopathology* 99: 27-48
- [6] Milne, G. et al. 1977, *Advances in Virus Research* 21: 267
- [7] Hanway, J.J., 1966, *USDA Bulletin* 976, Iowa State University, Iowa
- [8] Kranz, J., 1974, *Annual Review of Phytopathology* 12: 355-374
- [9] Pennypacker, S.P. et al., 1980, *Phytopathology* 70: 232-235
- [10] Vanderplank, J.E., 1963, *Plant Disease: Epidemics and Control*. Academic Press, New York
- [11] 谭万忠, 1989, 中国植病学会西南分会1988年讨论会论文集, 云南农业大学

## A Quantitative Study on the Epidemic Dynamics and Economic Loss Caused by Maize Rough-Dwarf Virus Disease

Tan Wan-zhong

(Southwest Agricultural University, Chongqing)

In this work, the dynamics of maize rough-dwarf virus (MRDV) epidemics and the economic loss due to the disease were studied using data recorded from naturally infected field maize crops. MRDV epidemics were found to develop during the growing season following the logarithmic parabola (LP), thus models for their progressing on Zhongdan 2 and Danyu 13 maize crops were established by fitting observed data to the LP function  $y = a \cdot \exp(b \cdot x + c \cdot x^2)$ ,

The LP function is considered general for modelling progress curves of those virus epiphytics which increase in early stages progressively to a peak and then decrease mainly because of symptom hiding later in the cropping season. MRDV infection affected all yield components (e.g. rate of harvestable ears, number and weight of grains per ear, 1000-grain weight, etc.) and thus the yield and economic income were significantly impaired. Correlation analysis revealed close relationships between yield (or economic) losses and MRDV disease severity or incidence at GS. 5, GS. 7 and GS. 8 ( $r \geq 0.89$ ,  $\alpha < 0.05$ ). Consequently, linear models of these relationships were computed through regression analysis, and a "loss-incidence" model at GS. 7 was applied to evaluate the yield and economic loss in 1988—1989 in Nanchong Prefecture, to reveal the economic importance of the disease.

**Key words,** *Zea mays* L. Maize rough dwarf virus Epidemic dynamics Economic loss Models