

大豆花叶病毒(SMV)流行的产量损失及其模型预测*

郭井泉 刘洪义 张明厚

(东北农学院)

提 要

网室接种和田间调查测定 SMV 引致大豆的产量损失证明, SMV 侵染大豆植株愈是在生育早期产量损失愈重。盛花期以后发病的植株产量损失显著减小, 鼓粒初期的病株几乎无产量损失。SMV 不同毒株引致的产量损失显著不同, 强毒株的侵染, 引致感病品种的产量损失平均超过弱毒株的 40%。根据不同初侵染水平的 30 组 SMV 流行与产量损失数据, 采用逐步回归分析, 建立了准确度较高的产量损失预测多点模型和单点模型。根据损失测定, 大豆盛花期的 SMV 病株率低于 3% 可控制 SMV 流行所造成的产量损失。

关键词 SMV; 流行; 产量损失; 模型预测

大豆花叶病毒病(SMV)在我国大豆产区发生普遍^[1]。其流行与否和危害程度决定于田间种传病株率的高低和病害盛发期田间迁飞着落蚜量的大小^[4]。Ross 于 1969 年就指出, 大豆生育早期感染 SMV 产量损失最大^[7]。Irwin 和 Goodman 接种 SMV 一个强株系于不同发育时期的大豆, 亦证明生育早期感染 SMV 产量损失大, 并且损失的百分率与生育期增长呈曲线相关^[8]。我国陈永萱等^[2], 孙永吉等^[6]近年亦得出 SMV 危害愈早大豆产量损失愈重的结论。大豆花叶病毒在大豆各发育时期侵染和流行的程度不同因此所造成的产量损失也因侵染时期不同而有所差异。有关 SMV 不同流行程度所导致的产量损失预测, 国内外尚无系统研究。然而, SMV 的综合防治解决产量损失预测, 将能显著提高病害的综合治理水平。为此, 我们采用防虫网室和田间试验相结合, 系统研究了 SMV 危害所导致的产量损失, 并建立了损失预测模型。

* 本文于 1990 年 3 月 6 日收到。 This paper was received on March 6, 1990.

材 料 和 方 法

一、供试品种:为黑龙江省近些年推广的品种,合丰 25,合丰 23,绥农 4、绥农 3、东农 38 和东农 34。各品种的种子在使用前均在温室播种结合 ELISA 方法^[3]检测 SMV 种传病苗率。分别获得种子带毒率为 30%、10%、5%、1%、0.5%、0.2%和 0.1%及无毒的上述大豆品种的种子。

二、接种毒源:为我们试验室鉴定保存的 SMV83-02 和 83-03 两个毒株。83-02 为致病力强的毒株,隶属于 2 号株系群;83-03 为致病力弱的毒株,属于 1 号株系群^[5]。两个毒株均繁殖在合丰 23 上,作为接种毒源。

三、防虫网室接种 SMV 测定产量损失:在防虫网室(约 70 平方米面积)播种大豆品种合丰 25、合丰 23、绥农 4、绥农 3 和东农 38 五个品种的无毒种子,每品种播两行,两边分别种两行保护行。行长 7 米,两头各留 1 米保护行。分别在各品种生长的花前期(V_5)^[9]、初花期(R_1)、盛花期(R_2)、结荚初期(R_3)和结荚盛期(R_4)接种两个毒株。一个毒株接种每品种中的一行,每个时期接种 15~20 株。最后留有不接种的对照,大豆成熟后。按同一品种不同毒株接种和不同发育时期接种及对照分别收获考种,测定单株产量,求算各处理平均单株产量,按对照的平均单株产量,计算不同毒株及不同生育期接种所造成的产量损失百分率。

四、田间试验区的设置和调查:将不同大豆品种不同带毒率种子播种于田间试验区,以设置不同初侵染水平的 SMV 流行区。1986 年播种带毒率 30%种子的试验区,品种为合丰 23 和东农 34。1987 年播种 10%、5%、1%、0.5%种子带毒率的试验区、每区 4 个品种、分别是合丰 23,东农 34,绥农 4 和绥农 3 号、1988 年和 1989 年分别播种两个试验区、其种子带毒率分别为 0.2 和 0.1%。每区五个品种分别是合丰 25,合丰 23,东农 34、绥农 4 和绥农 3 号。每区各品种均按随机区组设计播种,株距 10cm,每穴单株。

出苗后,自 6 月上旬开始全田调查田间病株率和植株发育期。1986~1988 年每 7 天调查一次,1989 年每天调查,直至 8 月上旬大豆鼓粒盛期。此时,选田间无明显症状的植株为健株,系上标签作对照,单收单打(1986 年和 1987 年的 30%、10%、5%和 1%种子带毒率试验区,均以 1987 年 0.5%种子带毒率试验区的健株为对照)。1989 年在逐天调查的同时,全部新显症病株均系上塑料标签记录日期和发育时期。

收获时,以各品种收获面积计产量(含有病株和单收健株的产量),折算平均亩产。对照亩产按收获健株产量,株数和株距计算。然后以不同品种各处理亩产与健株亩产求产量损失。

结 果 与 分 析

一、网室接种 SMV 的产量损失:将网室接种测定 SMV 所导致的不同生育时期大豆的产量损失列表 1。结果表明,五个品种均系感病的类型,各品种由同一毒株引起的产量损

失除东农38略低外,其余均相近。强毒株引致的产量损失显著高于弱毒株,平均高出43.1%。另外,无论强毒株还是弱毒株不同时期接种产量损失差异显著,发育早期损失严重。花前感病损失最重,弱毒株83-03亦能引致近50%的产量损失,而强毒株能引致80%以上的损失,个别品种可造成绝产。其次是R₁和R₂时期感病损失重,此后各时期感病产量损失明显减少。

表1 网室内不同发育期的几个大豆品种接种SMV两个株系的产量损失

Table 1 Yield loss of five soybean cultivars inoculated with two isolates of SMV in net cage on different developmental stages of plants

毒 株 Isolates	品 种 Cultivars	发育时期 Developmental stages					
		V ₃	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	CK
83-03	合丰 25 Hefeng 25	56.4*	47.4	26.1	19.8	11.4	0.0
	合丰 23 Hefeng 23	50.5	45.8	36.7	19.8	8.6	0.0
	绥农 3 Suinong 3	41.4	36.4	29.1	17.3	11.4	0.0
	绥农 4 Suinong 4	49.0	35.2	24.8	11.2	10.7	0.0
	东农 38 Dongnong 38	36.9	36.3	28.4	12.5	6.2	0.0
83-02	合丰 25 Hefeng 25	90.3	65.1	56.8	34.1	21.6	0.0
	合丰 23 Hefeng 23	77.0	65.2	29.0	24.1	10.3	0.0
	绥农 3 Suinong 3	85.1	72.3	62.0	40.1	28.3	0.0
	绥农 4 Suinong 4	100.0	62.8	51.0	42.9	32.7	0.0
	东农 38 Dongnong 38	83.4	58.0	38.5	27.3	11.7	0.0

* 产量损失的百分率 The percentage of yield loss.

二、田间不同发育时期显症病株的产量损失:1989年逐天记录显症病株及其发育期所测定产量损失的结果(0.1%种子带毒率的一个试验区,平均每品种收获近400株)表明(表2)SMV侵染不同发育时期植株的显症病株的产量损失亦表现发育后期损失减少。以

表2 田间几个大豆品种不同发育期显症病株的产量损失

Table 2 Yield loss of five soybean cultivars with SMV symptom appearance different developmental stages in the field

品 种 Cultivars	发育时期 Developmental stages						
	V ₃	V ₅	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	CK
合丰 25 Hefeng 25	41.9	39.1	33.2	19.3	8.6	3.6	0.0
合丰 23 Hefeng 23	55.4	42.5	37.4	21.7	12.3	3.0	0.0
绥农 4 Suinong 4	42.1	37.1	29.5	16.4	15.5	5.7	0.0
绥农 3 Suinong 3	—	35.6	28.9	12.8	9.4	4.1	0.0
东农 34 Dongnong 4	46.0	45.5	34.7	22.7	7.7	4.0	0.0

营养生长期和初花期显病株产量损失最大,盛花期后显症病株的产量损失显著减小,至鼓粒初期显症的病株几乎无产量损失。五个品种表现了相似的产量损失结果。田间五个品种显症病株的产量损失与网室接种弱毒株83-03的各时期产量损失呈现相似的结果。

三、SMV 不同流行程度与大豆产量损失的关系:在连续四年的病害调查和产量损失

表 3 SMV 不同流行程度与大豆产量损失的关系(哈尔滨)

Table 3 Relationship between different level of SMV epidemics and the percentage of soybean yield loss (Harbin)

年 份 Years	品 种 Cultivars	发育时期 Developmental stages					产 量 损 失 率 (%) Percentage of yield loss
		V ₆	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
1986	东农 34	36.20*	43.10	79.97	99.20	100	38.82
1987	Dongnong34	9.13	14.08	58.41	85.53	100	21.33
		7.76	9.55	49.25	98.21	100	20.04
		1.28	2.24	34.33	82.67	100	10.87
		0.67	1.00	4.32	19.27	34.55	3.21
		0.52	0.52	0.72	1.65	3.51	0.45
1988		0.0	0.16	0.41	0.41	0.49	-0.31
1987	绥农 3 Suinong3	15.97	17.78	65.20	98.44	100	20.52
		1.27	1.31	39.68	97.46	100	14.93
		0.87	2.61	18.26	61.30	100	6.87
		0.30	0.53	2.66	9.04	18.35	1.00
		0.26	0.33	0.33	0.98	1.84	0.28
1988		0.0	0.0	0.12	0.32	1.27	0.28
1987	绥农 4 Suinong4	12.84	15.52	64.60	84.49	100	18.98
		2.27	2.61	33.04	96.52	100	15.68
		1.50	2.40	23.72	62.46	100	6.43
		0.0	0.26	1.54	6.94	20.57	1.04
		0.41	0.41	0.41	2.19	2.72	-0.18
1988		0.0	0.16	0.62	0.80	1.28	0.35
1989		0.27	1.06	23.34	66.23	86.28	11.61
1986	合丰 23	38.30	52.87	89.19	100		37.61
1987	Hefeng23	8.53	13.21	62.36	79.72	100	19.51
		3.20	3.24	27.43	95.58	100	13.42
		1.60	4.10	26.23	68.85	100	10.61
		0.29	0.29	2.26	9.48	26.86	1.63
		0.62	0.62	0.59	0.94	1.41	0.70
1988		0.32	0.32	0.32	0.95	3.08	0.66
1988	合丰 25	0.06	0.12	0.12	0.60	1.56	0.0
	Hefeng25	0.0	0.0	0.30	0.30	0.30	-0.46
1989		2.47	3.85	42.31	84.89	93.68	15.33

* 病株率(%) * Disease incidence(%)

测定中,共获得五个品种累计 38 组 SMV 流行及其导致产量损失的数据。将其中 30 组(列表 3)整理分析可知,田间种传病株率的高低是决定 SMV 未来流行程度的先决条件,并且产量损失的大小亦与种传病株率的高低呈正相关。但是,种传病株率低,而生长季介体蚜虫迁飞量大,亦可导致 SMV 流行,引致较严重的产量损失(如 1989 年)。

分析上述品种间五个生育期病株的产量损失的相关性无显著差异($P=0.05$)。分析每个生育期的病株率与产量损失率的单相关性,盛花期(R_2)的病株率与产量损失率相关性最高($r=0.971$),其次是初花期(R_1)和五个复叶期(V_5),相关性最低的是结荚盛期(R_4)的病株率。由此可见,田间 SMV 的流行导致产量损失,关键是花期和营养生长期病株率的高低。如果 SMV 种传病株率较高,到盛花期流行严重必然引致严重的产量损失。这一结果同网室接种和田间逐日调查标记大豆各生育期的 SMV 病株产量损失是一致的。并且,大豆盛花期的 SMV 病株率最能够反映病害流行所导致的产量损失率。这可能,当病害发展到盛花期,它对幼嫩植株的严重影响和小花发育及成粒率的影响均已成定局。另外,此时的 SMV 病株率即高度反映前期病害流行的程度又决定未来病害的发展趋势。

预测模型的建立和检验

将表 3 数据通过 IBM-PC 计算机,BASIC 语言做逐步回归分析。在指定对各个自变量贡献显著性检验不同的临界 F_α 值时,可获得不同变量的回归方程。根据方程的显著性检验结果,得多点模型:

$$yL_m(\%) = -0.068 + 0.525X_0 + 0.088X_2 + 0.106X_3$$

式中 yL 为产量损失百分率, X_0 为五复叶期(或开花前)SMV 病株率, X_2 为盛花期病株率, X_3 为结荚初期病株率。复相关系数: $RL=0.991$, F 值=471.956,偏差平方和: $Sy=1.551$ 。

表 4 产量损失预测模型的检验

Table 4 Verification of the predicting models of soybean yield loss

品 种 (Cultivars)	病 株 率 (%) Disease incidence (%)			实测产量损失 % Practical yield loss (%)	Y _{Lm} 预测损失 % Predicting yield loss of model Y _{Lm}	Y _{Le} 预测损失 % Predicting yield loss of model Y _{Le}
	X ₀	X ₂	X ₃			
绥农 4 Suinong 4	0.0	10.19	42.04	5.79	5.28	4.00
合丰 25 Hefeng 25	0.0	27.27	68.64	10.51	9.61	10.56
东农 34	2.11	29.47	77.57	12.65	11.86	11.40
Dongnong 34	2.20	36.56	80.62	11.47	12.85	14.12
合丰 23	1.14	23.86	59.09	9.94	8.89	9.25
Hefeng 23	1.59	33.86	64.88	9.76	10.62	13.09
绥农 3	0.33	13.00	55.00	7.98	7.08	5.08
Suinong 3	0.43	30.04	74.90	8.97	10.62	11.62

单点模型为: $yL_e(\%) = 0.083 + 0.384X_2$, 其中 X_2 为盛花期 SMV 病株率。模型的相关系数 $R=0.971$, F 值=467.588, 偏差 $S=2.645$ 。说明两个预测模型均具有较高的可靠性,而多点模型比单点模型的可靠性更高。

将 1989 年的另外 8 组 SMV 流行的产量损失数据(表 4)用预测模型的检验。根据这 8 组 SMV 流行数据代入上述两个方程式所求出的产量损失的理论值(C),与实际测得的产量损失实测值(O)相比较,并进行适合性测定。检验结果表明,8 组 SMV 流行数据分别引致的实测产量损失与模型 YL_m 和 YL_c 预测的产量损失相比较,多点模型(YL_m)预测的误差均小于 $\pm 2\%$,单点模型(YL_c)预测的误差小于 $\pm 4\%$ 。

多点模型的预测结果经适合性测定:

$$X^2 = \sum \frac{(o - c)^2}{c} = 0.8988, \text{查 } X^2 \text{ 表:当 } n = 8 - 4 = 4; P = 0.05 \text{ 时 } X^2 = 9.488, \text{则}$$
$$X^2 = 0.8988 < 9.488, \text{差异极不显著,说明该预测模型具有很高的准确性。}$$

单点模型的预测结果经适合性测定:

$$X^2 = \sum \frac{(o - c)^2}{c} = 4.5941, \text{查 } X^2 \text{ 表:当 } n = 8 - 2 = 6; P = 0.05 \text{ 时 } X^2 = 12.592, \text{而}$$
$$X^2 = 4.5941 < 12.592, \text{差异不显著.说明比预测模型亦有较高的准确性。}$$

讨论和 小 结

大豆花叶病毒(SMV)的侵染于大豆不同生育时期导致不同的产量损失,愈是生育早期感病产量损失愈重。这与前人的研究结果是一致的^{[2][7][8]}。盛花期以后显症病株比之早期病株的产量损失显著减小,至鼓粒初期,感病植株几乎无产量损失。这为控制 SMV 流行,综合治理 SMV 危害提供了一个重要的损失依据。

同一 SMV 毒株侵染感病性相似的几个大豆品种,其产量损失的百分率相近,而不同毒株侵染引致的损失不同。SMV 强毒株(83-02)引致感病品种的产量损失率平均超出弱毒株(83-03)40%多。田间 SMV 流行导致损失与接种弱毒株导致的损失相似。在其流行下最高引致收获品种 38.82%的损失,平均造成 9.69%的产量损失。

根据 SMV 不同的初侵染水平和流行动态所造成的产量损失的分析,感病品种的种子带毒率高基本决定了产量损失的大小。虽然亦有种子带毒率低,但因介体蚜虫迁飞量大,而导致较严重的产量损失。所以在 SMV 的防治中,要以控制低于一定临界量的种子带毒率为主,同时在早期介体蚜虫盛发时控制蚜虫传毒。大豆盛花期 SMV 田间病株率低于 3%可控制产量损失危害。

根据 SMV 不同流行动态与产量损失的关系分析,采用逐步回归建立了拟合优度相当高的 SMV 流行产量损失预测多点模型。由于大豆盛花期的 SMV 田间病株率最能反映病害流行所导致的最终产量损失,因而也建立了具有一定准确度的产量损失预测单点模型。多点模型准确度高,单点模型简便,可根据实际情况灵活用于 SMV 流行的产量损失预测,指导病害综合防治。

参考文献

- [1] 张明厚等:1986,大豆科学 5(4):305~315
- [2] 陈永萱等:1988,南京农业大学学报 11(1):60~64
- [3] 郭井泉等:1991,植物保护学报 18(1):29~33
- [4] 郭井泉等:1990,病毒学杂志 5(1):97~101
- [5] 吕文清等:1985,植物病理学报 15(4):225~229
- [6] 孙永吉等:1987,吉林农业科学 2:12~16
- [7] Ross, J. P. : 1969, Phytophology 59:1404~1408
- [8] Irwin, M. E. and Goodman, R. M. :1981, In Plant Disease and Vectors: Ecology and Epidemiology (K. Maramorosch and K. F. Harriseds) 182~220 New York Academic Press
- [9] Fehr, W. R. et al. : 1971, Crop Science 11:929~931

**THE MODELS TO PREDICT YIELD LOSS OF SOYBEAN CAUSED
BY SOYBEAN MOSAIC VIRUS EPIDEMICS**

Guo Jingquan Liu Hongyi Zhang Minghou
(Northeast Agricultural College, Harbin)

Abstract

Experimental results from yield loss studies with inoculation of two isolates of soybean mosaic virus in net cage, and with investigation of infection in epidemic field plots indicated that during early vegetative development of soybean plants, the infection of SMV caused more serious losses than the infection after flowering beginning. After podding stage, the infection of SMV caused nearly no yield loss in the fields.

The infection of the severe and mild isolates of SMV resulted in different yield loss significantly. The severe isolate(83-02) caused 40% loss more than that of the mild isolate(83-03).

According to the analysis of correlation between the disease incidences during the various growing stages of soybean and yield losses of 30 group data, the disease incidences of 5 growing stages were used for stepwise regression calculation. As a result, two predicting models of multiple-point and single-point for the yield losses of five susceptible soybean cultivars were obtained. The models were examined with 8 group data of actual yield losses other than in the establishment of the models, good fittingness were observed between the actual and theoretical values. Through X^2 -test, the above conclusion was also obtained. If the disease incidence was controlled to less than 3% after flowering stage, the yield loss caused by SMV could be controlled. The predicting models of yield loss would be beneficial to make the decision in disease management.

Key words SMV Epidemics; Yield loss; Predicting model