

## Control químico de las enfermedades del trigo inducidas por *Septoria* spp.

### I. Análisis epidemiológico de la acción fungicida en las epidemias causadas por *Septoria tritici*

J. P. MARÍN SÁNCHEZ, F. MANSILLA SOUSA, J. AGUIRRE BERRUEZO

La acción epidemiológica de los fungicidas captafol o propiconazol sobre las epidemias de *Septoria tritici* Rob. ex Desm., fue estudiada en ensayos de campo. En estos se realizaron inoculaciones artificiales con una mezcla de aislamientos de *S. tritici*, sobre trigo cv. Cajeme de siembra otoñal y de reacción susceptible a dicha especie. La eficacia de los tratamientos fue evaluada por su influencia en el desarrollo epidémico, cuyos datos fueron mejor ajustados a la función de Weibull. No resultaron diferencias significativas entre captafol o propiconazol respecto al control de la epidemia, lo cual, junto al menor costo (alrededor de 2,5 veces) de un tratamiento con captafol frente a propiconazol, recomienda el uso del primero. En este sentido, una o dos aplicaciones, según el riesgo de la enfermedad, son suficientes para un control efectivo y económico de la misma.

J. P. MARÍN SÁNCHEZ, J. AGUIRRE BERRUEZO. Cátedra de Patología Vegetal. ETSIA. Córdoba.

F. MANSILLA SOUSA. Servicio de Extensión Agraria. Córdoba.

## INTRODUCCION

*Septoria tritici* Rob. ex Desm. (teleomorfo: *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Scroeter) y *S. nodorum* (Berk.) Berk. (teleomorfo: *Leptosphaeria nodorum* Müller) causan una de las enfermedades del trigo más importantes en el mundo (SAARI y WILCOXSON, 1974; ZIV y EYAL, 1978). Ambas especies se encuentran distribuidas en España, y su importancia ha sido cuantificada en Andalucía, tanto en relación a otras enfermedades (MARÍN, 1985), como por la naturaleza de las pérdidas que inducen (AGUIRRE y MARÍN, 1984; MARÍN *et al.*, 1985).

Los medios de lucha contra estas enfermedades dependen de las características particulares de cada ecosistema agrícola (EYAL, 1981). En Andalucía se han estudiado esas

características y se han analizado las posibles estrategias de lucha (MARÍN *et al.*, 1985). En tales estudios se concluía que, actualmente, la aplicación de fungicidas es el recurso más eficaz en la lucha contra las septoriosis; si bien, la irregularidad en las precipitaciones imponían dificultades para establecer un programa efectivo de control químico con unas consideraciones económicas, dificultades que son comunes en el área mediterránea (EYAL, 1981). Unido a éstas, el fenómeno de escape o la presencia de otras enfermedades (Fusariosis, Oidio, Roya), impiden generalizar las correlaciones entre la disminución de pérdidas de cosecha y la aplicación de productos fungicidas; apreciación que es coincidente con la de otros autores (ANÓNIMO, 1980).

Estas dificultades han dado lugar a diversas estrategias respecto al control químico,

tanto en el momento(s) y número de tratamientos como en los fungicidas a utilizar.

EYAL (1981), en Israel, utilizando un criterio de nivel inicial de enfermedad, recomienda realizar 3-4 tratamientos con fungicidas protectores a partir del momento en que la tercera hoja (hoja bandera,  $-2=HB-2$ ) muestra síntomas y la enfermedad está bien establecida en las hojas inferiores a ésta. Los tratamientos se realizarían cada 10-14 días, y su número dependería de la frecuencias de las lluvias. SAYDAN (1981), en Turquía, concluye en un criterio fenológico. El control más efectivo de las Septoriosis lo obtiene cuando realiza 3 tratamientos con benomilo, en los estados fenológicos (E.F.), 4 (extensión de las varinas foliares), E.F. 7 (segundo nudo visible) y E.F. 10 (Zurrón); E.F. referidos a la escala de Feeker (ANÓNIMO», 1980). Sin embargo, los resultados más económicos fueron obtenidos al realizar dos tratamientos con carbendazin y en los E.F. 4 y E.F. 8 (comienza a aparecer la H.B.). En zonas con precipitaciones más regulares (ANÓNIMO, 1980) se han utilizado ambos criterios; esto es, realizar tratamientos entre los E.F. 8 y E.F. 10,5 (completa emergencia de la espiga), cuando las hojas superiores estén infectadas y la enfermedad esté bien establecida en las inferiores. Los fungicidas recomendados incluyen una amplia gama desde protectores hasta sistémicos.

Lo anterior sugiere que son, fundamentalmente, criterios epidemiológicos, más que la naturaleza química de los fungicidas, los determinantes de un control efectivo de las Septoriosis del trigo.

En Andalucía, la mayor superficie está dedicada a trigos blandos de siembra otoñal, los cuales muestran reacción susceptible a ambas especies de *Septoria*. Las epidemias presentan su crecimiento más rápido (desde el 5-10% hasta el 60-70% de severidad), entre los E.F. 7-8 hasta el E.F. 10,5 (mediados de marzo-mediados de abril, aproximadamente), y las pérdidas de cosecha, en relación con la

cantidad de enfermedad, oscilaron entre 5-10% para una severidad  $S=30\%$  y entre el 40-46% para  $S=60-80\%$ , según años, localidades y cultivares. Severidades iguales o superiores al 20% en las cuatro últimas hojas, producidas a partir del E.F. 11,2 (grano pastoso blando) no indujeron reducciones significativas de cosecha respecto a testigos con niveles de enfermedad  $S=10-0\%$  (MARIN *et al.*, 1985).

De acuerdo con los conocimientos anteriormente expuestos planteamos dos experimentos de control fungicida de las Septoriosis del trigo, cuyo objetivo fue: analizar la acción epidemiológica de dos fungicidas con distinto modo de acción y distinto costo de tratamiento.

Aquí analizaremos el correspondiente a las epidemias casuadas por *S. tritici*.

## MATERIAL Y METODOS

Las premisas en que se ha basado el experimento han sido: 1) Ambos fungicidas pueden controlar eficazmente las Septoriosis, y 2) el criterio para la aplicación fungicida fue el nivel de enfermedad (S.C.), considerando que éste en el E.F. 11,2, no debe superar el  $S.C.=25\%$ , como media de las 4 últimas hojas.

El experimento fue desarrollado en Córdoba durante la campaña 1984/85 y consistió en la evaluación periódica de la cantidad de enfermedad, en parcelas sometidas a distintos tratamientos fungicidas (salvo testigo), de un cultivar susceptible, previamente inoculado con una mezcla de aislamientos de *S. tritici*.

## Condiciones de cultivo

Se utilizó el cultivar Cajeme, realizándose la siembra el 12 de diciembre, cultivo anterior remolacha, en líneas separadas de 19 cm., a razón de 180 kg./ha. El abonado de fondo

Cuadro 1.—Climatología y estados fenológicos, durante el período de desarrollo epidémico, en *Septoria tritici*/Trigo cv. Cajeme

Fechas de evaluación	Días desde la inoculación	Temperaturas (°C)			Precipitación (mm)	Fenología*
		Máxima	Mínima	Media		
27-II/6-III .....	7	17,2	4,0	10,6	0,5	6
27-II/13-III .....	14	18,8	3,6	11,2	0,0	7-8
27-II/22-III .....	23	19,2	4,9	12,0	72,7	8-9
27-II/29-III .....	30	19,5	5,3	12,4	0,2	10
29-III/5-IV .....	37	24,4	7,5	15,9	8,8	10,5
29-III/13-IV .....	45	22,1	8,7	15,4	32,7	10.5.4.
29-III/23-VI .....	55	24,0	12,4	18,2	36,8	11.1
23-IV/3-V .....	65	23,7	10,7	17,2	68,1	11.2
23-IV/12-V .....	74	22,3	8,9	15,6	9,4	11.2
23-IV/25-V .....	87	24,3	10,5	17,4	28,4	11.3.4.
					$\Sigma=257,6$	

(\*) Según la escala numérica de Feekes (ANÓNIMO, 1980).

fue el complejo 0-14-7, a razón de 560 kg./ha., más 100 kg./ha. de urea (46% N). En cobertura se aplicaron 200 kg./ha. de nitrato amónico cálcico (26%) en el momento del ahijado, repitiéndose tal abonado en el encañado. Se realizó una escarda química en Cetrol-H (Ioxinil+MCP, 2 l./ha.) y un riego por aspersión (30 l./m.<sup>2</sup>) el 12 de abril (E.F. 10.5.4. grano acuoso).

Temperaturas, precipitaciones y fenología se indican en el cuadro 1.

#### Incremento de inóculo, inoculación y evaluación de la enfermedad

La inoculación se realizó el día 27 de febrero, en el E.F. 5 (pseudotallo erecto), con temperaturas medias de 10°C.

El inóculo consistió en una suspensión acuosa de 10<sup>5</sup> conidias/ml., a la que se añadió una gota de Tween-20/100 ml. La suspensión fue aplicada con un pulverizador de presión previa, a razón de 850 ml/parcela elemental (alrededor de 600 l./ha), trabajando a presión de 3-4 kg./cm.<sup>2</sup>

Dicho inóculo se obtuvo mediante cultivo,

durante 15 días, en medio líquido Fries modificado (LUKE y WHEELER, 1955), con aureomicina, bajo luz blanca de 2.500 lux de intensidad y 12 horas de fotoperíodo, a 20±2°C.

A fin de contrastar que las epidemias desarrolladas según el anterior tipo de inoculación no diferían de las correspondientes naturales, con inóculo procedente de restos vegetales, fueron inoculadas tres parcelas elementales, próximas al experimento con fungicidas, mediante picnidios viables en restos de trigo, esparcidos en el suelo, el cual quedó cubierto en un 80% (aproximadamente).

La cantidad de enfermedad fue evaluada semanalmente desde la inoculación, salvo que circunstancias de lluvias o riego ampliaran este período. En cada parcela elemental se anotó la fenología media, y se realizaron 3 lecturas al azar. En cada lectura se evaluó la enfermedad en 5 plantas. En éstas, se midió, individualmente, la altura de las mismas, la alcanzada por las lesiones de la enfermedad, el porcentaje de tejido enfermo hasta dicha altura (=Severidad no corregida), y el porcentaje de tejido enfermo

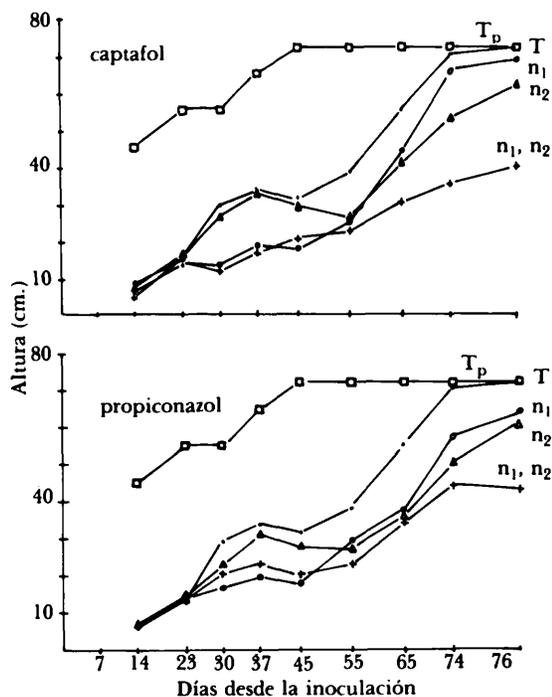


Fig. 1.—Altura alcanzada por las lesiones en las epidemias de *S. tritici*/trigo cv. Cajeme. Tp, altura de la planta; T, altura de las lesiones en el testigo inoculado y no tratado; n<sub>1</sub>, altura de las lesiones en las parcelas inoculadas y tratadas con fungicida en el nivel S=10-15%; n<sub>2</sub>, altura alcanzada por las lesiones en las parcelas inoculadas y tratadas con fungicida en el nivel S=15-20%; n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, altura alcanzada por las lesiones en las parcelas inoculadas y tratadas con fungicida en los niveles n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub>.

Fig. 1.—Altura alcanzada por las lesiones en las epidemias de *S. tritici*/trigo cv. Cajeme.

estimado para el conjunto de la planta (=Severidad corregida). La severidad fue evaluada según claves estimativas (JAMES, 1971).

Además de las Septoriosis, fue evaluada cualquier otra enfermedad observable.

En los casos de diagnóstico dudoso, se tomaron muestras de los órganos enfermos y fueron diagnosticadas tras su manejo en laboratorio.

### Diseño experimental y análisis epidemiológicos

Se diseñó un experimento factorial para su análisis como parcelas divididas con blo-

ques completos al azar y tres repeticiones. Las parcelas principales fueron el tipo de fungicida: 1) de acción protectora (captafol), y 2) de acción sistémica (propiconazol). Las subparcelas fueron el tipo de tratamiento:

- 1) Inoculación y no tratamiento fungicida.
- 2) Inoculación y tratamiento fungicida al nivel de enfermedad n<sub>1</sub> (severidad no corregida=10-15%).
- 3) Inoculación y tratamiento fungicida al nivel de enfermedad n<sub>2</sub> (severidad no corregida=15-20%).

Cuadro 2.—Análisis de varianza de la severidad corregida correspondiente a la epidemia causada por *S. tritici* en trigo cv. Cajeme

ANOVA de la severidad corregida, a los 55 días desde la inoculación

Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
Tipo de fungicida (f) ..	1	0,01	0,00	N.S.
Bloques (b) .....	2	14,33	1,52	N.S.
Error f .....	2	9,42		
Tipo de tratamiento (t).	3	60,53	32,39	***
fxt .....	3	1,75	0,94	N.S.
Error t .....	12	1,87		

ANOVA de la severidad corregida, a los 65 días desde la inoculación

Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
f .....	1	0,01	0,00	N.S.
b .....	2	32,69	4,37	N.S.
Error f .....	2	7,48		
t .....	3	1.347,97	21,97	***
fxt .....	3	4,86	0,08	N.S.
Error t .....	12	61,36		

ANOVA de la severidad corregida, a los 74 días desde la inoculación

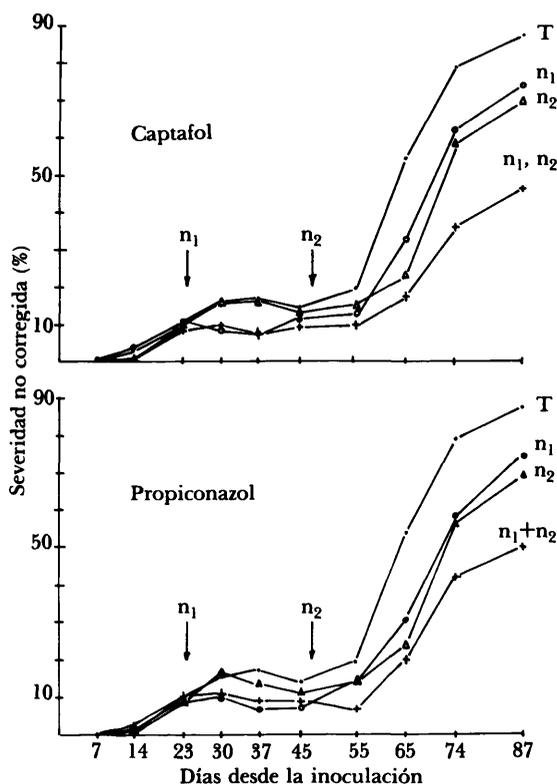
Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
f .....	1	16,83	0,14	N.S.
b .....	2	78,67	0,66	N.S.
Error f .....	2	119,16		
t .....	3	3.132,39	65,91	***
fxt .....	3	100,52	2,12	N.S.
Error t .....	12	47,52		

N.S.: No significativo; \*\*\*: p=0,001.

- 4) Inoculación y dos tratamientos fungicidas, el primero en  $n_1$ , y el segundo al realizar el tratamiento en  $n_2$  (3).
- 5) Tratamiento fungicida en el momento  $n_1$  de las parcelas inoculadas.
- 6) Tratamiento fungicida en el momento  $n_2$  de las parcelas inoculadas.
- 7) Dos tratamientos fungicidas en los momentos de  $n_1$  y  $n_2$ .
- 8) No inoculación ni tratamiento fungicida.

Fechas y fenología en los tratamientos se expresan en la figura 2.

Los fungicidas fueron aplicados a las dosis medias recomendadas en los productos



T, inoculado;  $n_1$ , inoculado y tratado con fungicida en el nivel  $S=10-15$ ;  $n_2$ , inoculado y tratado con fungicida en el nivel  $S=15-20$ ;  $n_1, n_2$ , inoculado y tratado con fungicida en los niveles  $n_1$  y  $n_2$ .

Fig. 2.—Severidad no corregida (s) en las epidemias de *S. tritici*/trigo cv. Cajeme.

Cuadro 3.—Análisis de varianza de la severidad no corregida correspondiente a la epidemia desarrollada por *S. tritici* en trigo cv. Cajeme

ANOVA de la severidad no corregida, a los 55 días desde la inoculación

Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
Tipo de fungicida (f) ..	1	4,25	0,20	N.S.
Bloques (b) .....	2	34,75	1,60	N.S.
Error f .....	2	21,69		
Tipo de tratamiento (t).	3	118,42	34,09	***
fxt .....	3	8,22	2,37	N.S.
Error t .....	12	3,47		

ANOVA de la severidad no corregida, a los 65 días desde la inoculación

Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
f .....	1	0,45	0,03	N.S.
b .....	2	5,53	0,42	N.S.
Error f .....	2	13,12		
t .....	3	1.505,44	24,79	***
fxt .....	3	6,33	0,10	N.S.
Error t .....	12	60,72		

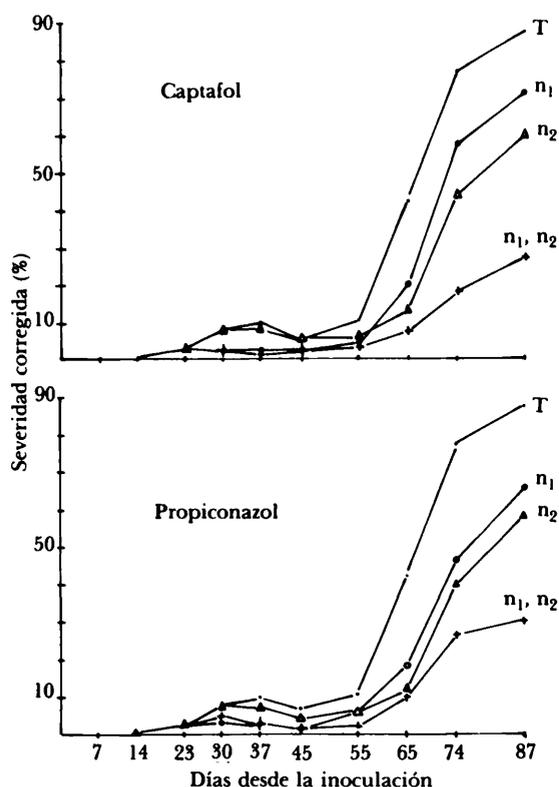
ANOVA de la severidad no corregida, a los 74 días desde la inoculación

Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
f .....	1	0,15	0,00	N.S.
b .....	2	21,17	0,22	N.S.
Error f .....	2	94,91		
t .....	3	1.581,04	50,00	***
fxt .....	3	30,75	0,97	N.S.
Error t .....	12	31,62		

N.S.: No significativo; \*\*\*:  $p=0,001$ .

comerciales: propiconazol, 1,25 l. pc./ha., y captafol, 0,2% pc./ha.); con cantidades de líquido de, aproximadamente, 700 l./ha., aplicados con pulverizador de mochila de presión continua.

El efecto epidemiológico de la acción fungicida se analizó mediante: a) la comparación de los valores de severidad en la fase de mayor crecimiento epidémico (23 de abril al 12 de mayo, cuadro 5), y b) comparando las velocidades de crecimiento epidémico en el conjunto de dicho proceso (cuadro 6) y en la



T, inoculado; n<sub>1</sub>, inoculado y tratado con fungicida en el nivel de severidad no corregida S=10-15%; n<sub>2</sub>, inoculado y tratado en S=15-20%; n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, inoculado y tratado en ambos niveles S.

Fig. 3.—Severidad corregida en las epidemias de *S. tritici*/trigo cv. Cajeme.

fase de mayor crecimiento del mismo (cuadro 7, figura 3).

La comparación de los valores de severidad a) se realizó para cada fecha de observación, mediante la comparación de los valores medios usando la diferencia significativa mínima (D.S.M.) y tras comprobar que las varianzas diferían significativamente en los análisis correspondientes.

La comparación de las velocidades de crecimiento epidémico b) para el conjunto del proceso, se realizó comparando las pendientes de las rectas de regresión (SNEDECOR y COCHRAN, 1971), ajustadas por mínimos cuadrados (coeficientes de regresión lineal),

Cuadro 4.—Análisis de varianza de las alturas alcanzadas por las lesiones causadas por *S. tritici* en trigo cv. Cajeme, durante el desarrollo epidémico

ANOVA de la altura, a los 55 días desde la inoculación				
Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
Tipo de fungicida (f) ..	1	15,20	0,37	N.S.
Bloques (b) .....	2	65,04	1,59	N.S.
Error f .....	2	40,82		
Tipo de tratamiento (t).	3	269,58	13,29	**
fxt .....	3	6,80	0,34	N.S.
Error t .....	12	20,28		

ANOVA de la altura, a los 65 días desde la inoculación				
Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
f .....	1	0,00	0,00	N.S.
b .....	2	65,88	12,91	N.S.
Error f .....	2	5,10		
t .....	3	531,81	17,59	**
fxt .....	3	27,42	0,91	N.S.
Error t .....	12	30,24		

ANOVA de la altura, a los 74 días desde la inoculación				
Fuente de variación	gl	CM	F	Signif.
f .....	1	3,84	0,06	N.S.
b .....	2	44,16	0,68	N.S.
Error f .....	2	65,04		
t .....	3	1.058,09	29,68	***
fxt .....	3	85,18	29,68	N.S.
Error t .....	12	35,43		

N.S.: No significativo; \*\*\*: p=0,001; \*\*: p=0,01.

resultantes de linearizar los datos ajustados a la forma integrada de la función de Weibull:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{c}{b} [(t-a)/b]^{c-1} \cdot e^{-[(t-a)/b]^c}$$

(PENNYPACKER *et al.*, 1980); o bien comparando las pendientes de las rectas de regresión correspondientes a cada tratamiento, durante la fase de mayor crecimiento epidémico, resultantes de linearizar los datos ajustados a la forma integrada de la función «logit»:

$$\frac{dy}{dt} = r \cdot y (1-y)$$

Cuadro 5.—Efecto de los tipos de tratamientos fungicidas sobre las epidemias de *S. tritici*/Trigo cv. Cajeme

Severidad corregida (S.C.) a los días (d) indicados desde la inoculación									
Tipo de tratamiento	55 días			65 días			74 días		
	FP	FS	$\bar{x}$	FP	FS	$\bar{x}$	FP	FS	$\bar{x}$
T .....	10,36	10,36	10,36	42,26	42,26	42,26	77,06	77,06	77,06
n <sub>1</sub> .....	4,53	6,03	5,28	20,13	18,39	19,26	57,43	46,33	51,88
n <sub>2</sub> .....	5,76	5,53	5,65	13,30	12,40	12,85	43,86	39,76	41,81
n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub> .....	3,30	2,20	2,75	7,43	9,86	8,65	17,89	26,40	22,15
D.S.M. 5% .....			1,72			9,85			8,67
D.S.M. 1% .....			2,42			13,82			12,16
Severidad no corregida (S)									
T .....	19,43	19,43	19,43	54,39	54,39	54,39	78,83	78,83	78,83
n <sub>1</sub> .....	12,73	14,40	13,56	32,76	30,53	31,65	62,16	57,73	59,95
n <sub>2</sub> .....	14,96	13,83	14,40	23,30	23,86	23,58	58,86	56,60	57,73
n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub> .....	10,53	6,63	8,58	17,20	19,96	18,58	36,10	42,16	39,13
D.S.M. 5% .....			2,34			9,80			7,07
D.S.M. 1% .....			3,29			13,74			9,92
Altura alcanzada									
T .....	38,33	38,33	38,33	55,13	55,13	55,13	70,73	70,73	70,73
n <sub>1</sub> .....	24,76	29,50	27,13	43,96	43,10	43,13	66,30	56,76	61,63
n <sub>2</sub> .....	26,36	27,16	26,76	40,70	35,93	38,31	52,73	50,33	51,53
n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub> .....	22,30	23,13	22,71	30,33	35,93	33,13	35,10	43,83	39,46
D.S.M. 5% .....			5,66			6,92			7,49
D.S.M. 1% .....			7,94			9,70			10,50

T: Testigo inoculado y no tratado con fungicidas; n<sub>1</sub>: Inoculado y tratado una vez con fungicida al nivel de S=10-15%; n<sub>2</sub>: Inoculado y tratado con fungicida una vez al nivel de S=15-20%; n<sub>1</sub>+n<sub>2</sub>: Inoculado y tratado dos veces con fungicida en los niveles n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub>; FP: Captafol; FS: Propiconazol; DSM: Diferencia significativa mínima.

(VAN DER PLANK, 1963), o de ajustar los datos no transformados a la recta de regresión mínimo cuadrática correspondiente.

La elección de los valores de los parámetros a, b, c, de la función de Weibull, que mejor se ajustaban a los datos, se realizó de acuerdo a los valores del coeficiente de correlación lineal (R) y su significación, las desviaciones cuadrática medias de la regresión ( $\delta_{\bar{y}}^2$ ) y el análisis de la distribución de residuos en la regresión (DANIEL y WOOD, 1980; PENNYPACKER *et al.*, 1980).

La relación entre el peso de cosecha y la cantidad de enfermedad se analizó mediante el ajuste de los datos por regresión lineal, o

bien por ajuste de un polinomio de grado 2 de los mismos y el cálculo del coeficiente de correlación múltiple y su significación (STEEL y TORRIE, 1976).

### RESULTADOS

Las características del ambiente y la fenología del cultivo, durante el progreso epidémico, se indican en el cuadro 1; los valores de la enfermedad, que han caracterizado a las epidemias durante su fase de mayor crecimiento, se expresan en el cuadro 5 y en la figura 3.

Cuadro 6.—Caracterización de las epidemias de *S. tritici*/Trigo cv. Cajeme, mediante los parámetros (a, b, c) de la función de Weibull y su linearización (m, n) mediante regresión mínimo cuadrática

Tipo de fungicida	Tipo de tratamiento (1)	Parámetros de la función de Weibull (2)			Parámetros de la regresión (3)		Correlación y su signif. (4)	
		a	b	c	m	n	R	
	T	22,88	50,45	3,65	-0,4536	0,0198a	0,9746	**
Captafol	n <sub>1</sub>	4,84	76,92	6,0	-0,0630	0,0130a	0,9735	**
	n <sub>2</sub>	-91,30	178,57	12,0	0,5113	0,0056a	0,9582	**
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	-127,30	232,55	13,0	0,5474	0,0043a	0,9847	**
Propiconazol	n <sub>1</sub>	24,96	59,52	3,8	-0,4194	0,0168a	0,9920	***
	n <sub>2</sub>	-100,28	188,67	13,0	-0,5315	0,0053a	0,9703	***
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	-107,85	207,26	13,0	0,5204	0,0048a	0,9369	*

- (1) Tipo de tratamiento: T=inoculado y no tratado con fungicidas; n<sub>1</sub>=inoculado y tratado con fungicida una vez al nivel de enfermedad (severidad no corregida) del 10-15%; n<sub>2</sub>=inoculado y tratado con fungicida una vez al nivel de enfermedad del 15-20%; n<sub>1</sub>+n<sub>2</sub>=inoculado y tratado con fungicida dos veces a los niveles de enfermedad n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub>.
- (2) El modelo usado para ajustar el progreso de la enfermedad fue la forma integrada de la función de Weibull:
- $$\frac{dy}{dt} = \frac{c}{b} [(t-a)/b]^c \cdot e^{-[(t-a)/b]^c}$$
- (3) Ordenada en el origen (m) y pendiente (n) de la recta de regresión mínimo cuadrática. Letras iguales indican la no existencia de diferencias significativas entre las pendientes (SNEDECOR y COCHRAN, 1971).
- (4) Coeficiente de correlación lineal (R) de los datos ajustados a la recta de regresión, y su significación: \* (p=0,05); \*\* (p=0,01); \* (p=0,001).

De acuerdo con los datos expresados en dichos cuadros y figura, cabe destacar algunos aspectos. Las precipitaciones más intensas se han producido a partir del E.F. «Zurrón» (10,5) y el nivel del 10% de severidad corregida, a partir del E.F. «Grado

lechoso» (11,1), desarrollándose la epidemia desde estos niveles de severidad hasta los del 77% (E.F. «Grano pastoso», 11,2) en 19 días. Datos que corresponden al testigo inoculado y no tratado con fungicidas. Dichos valores han sido iguales en ambos tipos de inocula-

Cuadro 7.—Caracterización de las epidemias de *Septoria tritici*/Trigo cv. Cajeme, mediante el parámetro r (tasa aparente de infección), en la fase de mayor crecimiento epidémico (23-IV al 12-V, cuadros 1 y 5)

Tipo de tratamiento <sup>y</sup>		Tasa aparente de infección (r <sub>1</sub> ) de los datos transformados <sup>x</sup> logit (y), en el período 23-IV al 12-V								
		Severidad corregida			Severidad no corregida			Altura alcanzada		
		r <sub>1</sub>	R	Signif.	r <sub>1</sub>	R	Signif.	r <sub>1</sub>	R	Signif.
	T	0,1776a <sup>t</sup>	0,9997	* <sup>v</sup>	0,1565b	0,9947	*	0,1892c	0,9651	
Captafol	n <sub>1</sub>	0,1763a	0,9995	*	0,1273b	0,9995	*	0,1625c	0,9807	*
	n <sub>2</sub>	0,1338a	0,9828	*	0,1094b	0,9560		0,0823c	1,0000	***
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	0,0974a	0,9970	*	0,0840b	0,7608		0,0398c	0,9906	*
Propiconazol	n <sub>1</sub>	0,1368a	0,9989	*	0,1099b	0,9969	*	0,0874c	0,9491	
	n <sub>2</sub>	0,1270a	0,9832	*	0,1098b	0,9719		0,0706c	0,9845	*
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	0,1460a	0,9988	*	0,1227b	0,9999	*	0,0634c	0,9937	*

Cuadro 7.—Continuación

Tipo de tratamiento		Tasa aparente de infección ( $r_2$ ) de los datos no transformados logit ( $y$ ), en el período 23-IV al 12-V								
		Severidad corregida			Severidad no corregida			Altura alcanzada		
		$r_1$	R	Signif.	$r_1$	R	Signif.	$r_1$	R	Signif.
Captafol	T	3,50d	0,9985	*	3,30e	0,9953	*	1,68f	1,0000	***
	$n_1$	2,76d	0,9656		2,58e	0,9902	*	2,15f	0,9970	*
	$n_2$	1,98d	0,9343		2,28e	0,9313		1,42f	0,9994	*
	$n_1+n_2$	0,76d	0,9615		1,34e	0,8064		0,68f	0,9948	*
Propiconazol	$n_1$	2,10d	0,9692		2,26e	0,9843	*	1,46f	0,9576	
	$n_2$	1,77d	0,9352		2,23e	0,9463		1,20f	0,9880	*
	$n_1+n_2$	1,26d	0,9709		1,85e	0,9849	*	1,10f	1,0000	***

(\*) El modelo usado para ajustar el progreso de la enfermedad fue la forma integrada de la función logística:  $dy/dy=r \cdot y(1-y)$ .

(<sup>o</sup>) T=inoculado y no tratado con fungicidas;  $n_1$ =inoculado y tratado una vez con fungicidas, para S=10-15%;  $n_2$ =inoculado y tratado una vez con fungicida, para S=15-20%;  $n_1+n_2$ =inoculado y tratado dos veces con fungicida, en los niveles  $n_1$  y  $n_2$ .

(<sup>o</sup>) Letras distintas indican la no existencia de diferencias significativas (SNEDECOR y COCHRAN, 1971).

(<sup>o</sup>) R=coeficiente de correlación lineal y su significación; \* ( $p=0,05$ ); \*\*\* ( $p=0,001$ ).

ción: mediante conidias procedentes de cultivo «in vitro», o de restos vegetales.

El efecto epidemiológico de los tratamientos fungicidas se analizó por: a) el nivel de enfermedad en la fase de mayor crecimiento epidémico (cuadros 2, 3, 4, 5), y b) por la comparación de las pendientes de las regresiones en el conjunto del proceso epidémico (cuadro 6) o en su fase de mayor crecimiento (cuadro 7).

Respecto al nivel de enfermedad a), el análisis de varianza mostró significación en la variabilidad correspondiente al tipo de tratamiento, para los tres caracteres analizados: severidad corregida (cuadro 2), severidad no corregida (cuadro 3) o la altura alcanzada por las lesiones (cuadro 4). La separación de medias (cuadro 5) indicó la existencia de diferencias significativas entre el testigo (T) inoculado y no tratado con fungicidas y cualquiera de los tratamientos fungicidas. Asimismo, existieron diferencias significativas entre los tratamientos al nivel  $n_1$  o  $n_2$ , respecto a las parcelas tratadas en  $n_1+n_2$ , salvo a los 65 días, en que dichas diferencias

fueron observadas entre  $n_1$  y  $n_1+n_2$ . Los resultados aludidos fueron semejantes en los tres caracteres analizados (figuras 1, 2, 3; cuadro 2, 3, 4, 5).

El análisis de las velocidades de crecimiento epidémico mediante la comparación de las pendientes de las rectas de regresión se muestran en los cuadros 6 y 7. Tanto en los resultados correspondientes al conjunto del progreso epidémico (cuadro 6), como en los de la fase de mayor crecimiento epidémico (cuadro 7), se pone de manifiesto la no existencia de diferencias significativas entre los tipos de fungicidas o entre los tipos de tratamientos.

Los valores medios del peso de cosecha y el análisis de varianza correspondiente se muestran en el cuadro 8, y señalan la no existencia de diferencias significativas en la variabilidad inducida por los distintos tratamientos. Al analizar la correlación entre el peso de cosecha y la cantidad de enfermedad, expresada como severidad corregida o como área bajo la curva epidémica, en distintos estados fenológicos (cuadro 9), resulta-

Cuadro 8.—Efecto de los distintos tratamientos sobre el peso de cosecha (kg./ha.). *Septoria tritici*/trigo cv. Cajeme

Tipo de tratamiento	Peso de cosecha (kg./ha.)		
	Tipo de fungicida		
	FP	FS	$\bar{x}$
T <sub>i</sub> .....	6.103,33	6.103,33	6.103,33
n <sub>1</sub> .....	6.260,00	5.583,33	5.921,66
n <sub>2</sub> .....	6.833,33	7.043,33	6.938,33
n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub> .....	6.640,00	6.553,33	6.596,66
T <sub>i</sub> .....	6.680,00	6.420,00	6.550,00
T .....	6.736,66	6.726,66	6.726,66
Medias .....	6.540,55	6.405,00	6.472,78

	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
Tipo de fungicida ..	447,72	6,92
Tipo de tratamiento .	855,43	13,22

Análisis de varianza				
Fuente de variac.	gl	CM	F	Significac.
Tipo de fungicida .....	1	165.378,00	0,83	N.S.
Bloques .....	2	14.461.586,00	72,14	*(p=0,05)
Error .....	2	200.451,75		
Tipo de tratamiento .....	5	891.270,70	1,22	N.S.
Tipo de fungicida x tipo de tratamiento ...	5	140.051,10	0,19	N.S.
Error .....	20	731.752,88		

T<sub>i</sub>: inoculado y no tratado con fungicida.  
 n<sub>1</sub>: inoculado y tratado una vez con fungicida al nivel de severidad no corregida, S=10-15%.  
 n<sub>2</sub>: inoculado y tratado una vez con fungicida al nivel S=15-20%.  
 n<sub>1</sub>+n<sub>2</sub>: inoculado y tratado dos veces con fungicida a los niveles n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub>.  
 T<sub>i</sub>: no inoculado y tratado con fungicida, dos veces.  
 T: no inoculado ni tratado con fungicida.  
 FP: Captafol; FS: Propiconazol.

ron coeficientes de correlación lineal bajos y no significativos, salvo en el caso del E.F. «Grano pastoso blando», 11,2. El ajuste de los datos a una función polinómica de grado 2, resultó en valores más altos del

Cuadro 9.—Correlación entre el peso de cosecha (P.C.) y la severidad corregida (S.C.) o el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (A.P.E.), estimados en distintos estados fenológicos del cultivo. *Septoria tritici*/trigo cv. Cajeme

Fenología (*)	Coefic. de correl. lineal (R)	
	S.C.	A.P.E.
	R	R
10 Zurrón .....	-0,1456	0,0834
10.5 Floración .....	0,0064	-0,0221
10.5.4 Grano acuoso ...	0,0341	-0,0193
11.1 Grano lechoso ....	-0,5646	-0,1198
11.2 Grano pastoso blando.	-0,6029*	-0,4277
11.4 Grano pastoso duro.	-0,5793	-0,5409

Ecuaciones de regresión ajustadas a un polinomio de grado 2, entre la cosecha (P.C.) y la S.C. o el A.P.E., en el estado fenológico 11,2, grano pastoso blando:

$$P.C.=7,76635-0,03219 S.C.+0,000196 S.C.^2$$

$$C.C.M.=0,8191$$

$$\text{Significación}=89,17\%$$

$$P.C.=6,38056+0,00782 A.P.E.-0,0000138 A.P.E.^2$$

$$C.C.M.=0,7591$$

$$\text{Significación}=82,05\%$$

(\*) Escala numérica de Feekes (Anónimo, 1980).

C.C.M.=Coeficiente de correlación múltiple.

\* Significación al nivel p=0,05.

coeficiente de correlación múltiple, si bien no significativos.

## DISCUSION

Los bajos niveles de enfermedad en fases avanzadas del ciclo del cultivo (cuadros 1, 5), hacen considerar que las epidemias se han «retrasado» respecto a las desarrolladas en otros años (AGUIRRE y MARIN, 1984; MARIN *et al.*, 1985). La causa de esto ha sido explicada con anterioridad, atribuyéndose a las bajas temperaturas ( $T^{\circ}C \leq 7^{\circ}$ ) durante las primeras fases de la epidemia y a precipitaciones escasas ( $< 1 \text{ mm./día}$ ) durante este período (MARIN *et al.*, 1985). Ambos factores se han producido hasta el E.F. «Espí-

**Cuadro 10.—Severidad (S) e incidencia (I) de las enfermedades causadas por otros patógenos que *S. tritici*, presentes en las parcelas de ensayo, evaluadas en el E.F. «Grano lechoso»**

Especie	I (%)	S (%)	Altura en la parcela	Parcela en la elevación	Tipo de tratamiento
<i>Erysiphe graminis</i> D.C.					
ex Merat .....	60	2	1/3*	3	T <sub>i</sub>
	70	3	1/4	19	T <sub>i</sub>
	60	2	1/4	21	T
<i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc. ..					
t <sub>r</sub>	—	—	—	**	
<i>Trilletia foetida</i> (Wall.) Liro .....					
t <sub>r</sub>	—	—	—	3	T <sub>i</sub>
t <sub>r</sub>	—	—	—	7	T <sub>i</sub>
t <sub>r</sub>	—	—	—	2	FP-n <sub>1</sub>

T<sub>i</sub> = Testigo inoculado y no tratado con fungicidas.  
 T = Testigo no inoculado ni tratado con fungicidas.  
 FP-n<sub>1</sub>=Inoculada y tratada con fungicidas e el nivel de severidad n<sub>1</sub> (S=10-15%).  
 t<sub>r</sub> = Trazas, no más de 3 plantas en la parcela.  
 \* = Representa la altura alcanzada por las lesiones respecto a la altura de la planta.  
 \*\* = Prácticamente presente en cualquiera de los tratamientos.

gado» (10,5) en las epidemias analizadas aquí.

La escasa importancia de otros patógenos (cuadro 10), no ha tenido una influencia significativa en este experimento.

La no existencia de diferencias entre las epidemias desarrolladas a partir del inóculo procedente de cultivo «in vitro» o en restos vegetales, y la similitud de éstas al ser comparadas con epidemias en campos comerciales, señalan la validez de los resultados obtenidos aquí respecto a epidemias naturales; cuestión ya comprobada en años anteriores por los autores (AGUIRRE y MARÍN, 1984; MARÍN y JIMÉNEZ, 1981).

El análisis de las epidemias mediante la comparación de las «elevaciones» (ordenadas en el origen) y de las pendientes (=coeficiente angular=coeficiente de regresión) de las rectas de regresión, fue propuesto por

VAN DER PLANK (1963). Al hacer esto, VAN DER PLANK asumió que las tasas de crecimiento epidémico (pendientes de las rectas) entre las observaciones eran «prácticamente» iguales, con lo cual se podría estimar la tasa de crecimiento de todo el proceso (=tasa aparente de infección, *r*) como el valor medio de dichas tasas de crecimiento. Asimismo, la comparación de las elevaciones estaría justificada sólo en el caso de la no existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las tasas *r* de las epidemias a comparar.

En nuestro caso, los valores prácticamente constantes de las tasas *r* a lo largo del proceso epidémico analizado, justifica su cálculo como coeficiente de regresión lineal. En cuanto a la comparación de las elevaciones, si bien las tasas *r* no han diferido significativamente (cuadros 6, 7) sí han mostrado valores apreciablemente distintos, especialmente al observar el crecimiento epidémico representado por los datos de las observaciones (figura 3); de aquí que hayamos considerado más próximo a la realidad comparar el efecto fungicida sobre el «retraso» de las epidemias, comparando los niveles de enfermedad en las distintas fechas de observación, durante la fase de epidemia en que dichos valores fueron más elevados (cuadro 5).

El ajuste de los datos mediante la función de Weibull está justificado por ser el modelo más flexible (mejor ajustado) a las distintas epidemias a comparar. La influencia de las primeras fases de la epidemia sobre la pendiente de la recta de regresión ajustada, justifica el que el «progreso epidémico conjunto» analizado (cuadro 6) comience con el S.C.=5% y no en fechas anteriores, con valores algo diferentes, pero que no tienen un significado en la comparación de las epidemias inducidas por los distintos tratamientos. Asimismo, tales razones justifican la comparación de dichas epidemias atendiendo sólo a la fase de mayor crecimiento (cuadro 7).

El análisis del nivel de enfermedad para

los distintos tratamientos, en distintas fechas (cuadro 2, 3, 4, 5), muestra la no existencia de diferencias entre los dos fungicidas utilizados, y que el nivel de enfermedad (S.C.=22,5%) al final del proceso epidémico en  $n_1+n_2$ , no supera niveles anteriormente correlacionados con un efecto sobre la cosecha (MARÍN *et al.*, 1985). El primer aspecto (no diferencias entre fungicidas) indica la posibilidad de ahorro (entre 2,25 a 2,56 veces) en el costo para un tratamiento, al utilizar captafol frente a propiconazol. El segundo aspecto, señala la disminución del nivel de enfermedad hasta un 22,5% con dos tratamientos, frente al testigo no tratado con fungicidas donde este nivel fue del 77,06%. Este resultado muestra que con un máximo de dos tratamientos pueden controlarse eficazmente las Septoriosis del trigo, aún en casos de epidemias severas y de desarrollo rápido.

La comparación de las pendientes (velocidad de crecimiento epidémico) (cuadros 6, 7), resultó en diferencias no significativas entre fungicidas o entre tipos de tratamientos. Este hecho, junto al anteriormente discutido, indicaría que el efecto epidemiológico de ambos fungicidas es similar y que actuaría, principalmente, sobre la cantidad o viabilidad del «inóculo disponible» para el «comienzo» de las epidemias. No obstante, al observar las gráficas de progreso epidémico (figura 3) cabe pensar en un efecto sobre las tasas  $r$  de crecimiento, lo que podría explicarse por una acción de los fungicidas, que persisten en el tejido tratado,

sobre la actividad del nuevo inóculo depositado sobre el tejido infectable.

Al analizar la influencia de la cantidad de enfermedad, en los distintos tratamientos, sobre el peso de la cosecha (cuadro 8), no han resultado diferencias estadísticamente significativas. Este hecho puede ser explicado por un fenómeno de escape. Los bajos niveles de enfermedad en fases avanzadas del ciclo del cultivo no tienen un efecto apreciable sobre la cosecha. Tal afirmación estaría apoyada por la ausencia de altas correlaciones entre la severidad corregida o el área bajo la curva epidémica y la cosecha (cuadro 9), y es coincidente con las apreciaciones de otros autores (ANÓNIMO, 1980).

Por último, quisiéramos señalar: que el análisis del efecto epidemiológico de los fungicidas realizado aquí puede tener una validez general considerando los parámetros epidemiológicos analizados; que el fenómeno de escape recomienda una estrategia de lucha basada en criterios predictivos; y que, dentro de éstos, el nivel de enfermedad, más que un criterio fenológico, es recomendable para las áreas donde las epidemias se desarrollan de forma variable en severidad.

Así mismo, conviene señalar que el volumen de líquido y el método de tratamiento fungicida, han permitido una buena cobertura de la planta, pero que la práctica agrícola recomienda, en ocasiones, otros métodos con menores volúmenes de líquido y sujetos a mayor variabilidad en la distribución del producto, lo cual influiría en la eficacia del tratamiento, por lo que sería de utilidad realizar experiencias al respecto.

#### ABSTRACT

MARÍN SÁNCHEZ, J. P., MANSILLA SOUSA, F. y AGUIRRE BERRUEZO, J.: Control químico de las enfermedades del trigo inducida por *Septoria* spp. I. Análisis epidemiológico de la acción fungicida en las epidemias causadas por *Septoria tritici*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 12: 299-311.

Efficacy of fungicide foliar spray with captafol or propiconazol, for control of the Septoria leaf blotch disease, was studied in a field trial. Susceptible cajeme winter wheat cultivar was artificially infected using a isolates mixture of *Septoria tritici*

Rob. ex Desm. The efficacy of treatments was assessed by their influence on the epidemic development of the disease. Epidemics data of the treated and control plots could be fitted best by the Weibull cumulative distribution function. There are not differences between booth captafol propiconazol fungicides in controlling the disease. Captafol, applied once or twice depending upon disease risk, was found to be effective in controlling the disease and economically justified.

#### REFERENCIAS

- AGUIRRE BERRUEZO, J. y MARÍN SÁNCHEZ, J. P., 1984: Caracterización epidemiológica de las Septorias del trigo en Andalucía Occidental (1983-1984). Comunicación III Congreso de la S.E.F. Tenerife.
- ANÓNIMO, 1980: The use of fungicides and insecticides on cereals. *ADAS*, 68 pp.
- DANIEL, C. y WOOD, F. S., 1980: Fitting Equations to Data. Computer Analysis of Multifactor Data. John Wiley and Sons. New York, 458 pp.
- EYAL, Z., 1981: Research on Septoria leaf blotch: Recent advances. *Eppo Bull.*, 11: 53-57.
- JAMES, C., 1971: A manual of assesment keys for plant diseases. *Canadian Department of Agriculture. Publication*, nº 1458.
- LUKE, H. H. y WHEELER, H. E., 1955: Toxin production by *Helminthosporium victoriae*. *Phytopathology*, 45: 453-458.
- MARÍN SÁNCHEZ, J. P., 1985: Micosis del trigo en Andalucía Occidental. *ANALES I.N.I.A.* (en prensa).
- MARÍN SÁNCHEZ, J. P. y JIMÉNEZ DÍAZ, R. M., 1981: Investigaciones preliminares sobre las Epifitotias de *Septoria tritici* en cultivares de trigo blando en Andalucía. Comunicación VI Congreso del Grupo Especializado en Fitopatología de la S.E.M. Madrid.
- MARÍN SÁNCHEZ, J. P.; MANSILLA SOUSA, F. y AGUIRRE BERRUEZO, J., 1985: Bases epidemiológicas y estrategias de lucha contra las Septorias del trigo. Comunicación II Jornadas Técnicas sobre Cereales de Invierno, Pamplona.
- PENNYPACKER, S. P.; KNOBLE, H. D.; ANTLE, C. E. y MADDEN, L. V., 1980: A flexible model for studying plant disease progression. *Phytopathology*, 70: 232-235.
- SAARI, E. F. y WILCOXSON, R. D., 1974: Plant disease situation of high yielding dwarf wheats in Asia and Africa. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 12: 49-68.
- SAYDAM, C., 1981: Prevalence and control of Septoria leaf blotch in the Aegean Region. *Eppo Bull.*, 11: 59-62.
- SNEDECOR, G. W. y COCHRAN, W. G., 1971: Métodos Estadísticos. C.E.C.S.A. México, 703 pp.
- STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H., 1960: Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Company. New York, 481 pp.
- VAN DER PLANK, J. E., 1963: Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press. New York, 349 pp.
- ZIV, O. y EYAL, Z., 1978: Assessment of yield component losses caused in plants of spring wheat cultivars by selected isolates of *Septoria tritici*. *Phytopathology*, 68: 791-796.