

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

### II.- Análisis epidemiológico de la acción fungicida en las epidemias causadas por *Septoria nodorum*

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

Se ha estudiado la acción de los fungicidas captafol y propiconazol, sobre las epidemias foliales causadas por *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. El experimento consistió en la inoculación del cultivar de trigo Cajeme, de reacción susceptible y de siembra otoñal. El inóculo utilizado fue una suspensión de conidias procedente de mezcla de aislamientos de dicha especie. Los datos epidémicos de las parcelas de ensayo fueron ajustados según la función de Weibull. Ambos fungicidas tuvieron un mismo efecto epidemiológico, lo cual, junto al menor costo de un tratamiento con captafol frente a propiconazol (alrededor de 2'5 veces), recomienda el uso del primero. En este sentido, una o dos aplicaciones con captafol, según el riesgo de enfermedad, son suficientes para un control efectivo y económico de dicha enfermedad.

MARÍN SÁNCHEZ, J.P.; AGUIRRE BERRUZO, J. Cátedra de Patología Vegetal. E.T.S.I.A. Córdoba.

MANSILLA, F. Servicio de Extensión Agraria. Córdoba.

## INTRODUCCION

*Septoria nodorum* (BERK.) (teleomorfo: *Leptosphaeria nodorum* MÜLLER) causa importantes pérdidas de cosecha en muchas áreas trigueras del mundo. Pérdidas que son, generalmente, asociadas con el nivel de enfermedad en gluma (CUNFER, 1983). Son escasas las citas del efecto de la enfermedad foliar sobre la cosecha y, en muchas ocasiones, no se distingue entre esta especie y *S. tritici* Rob. ex Desm. al establecer dichas relaciones, lo cual es el origen de confusión (COOKE y JONES, 1970a).

En Andalucía Occidental, *S. nodorum* ha causado durante el período 1980-84 una de las enfermedades más importantes del trigo, junto a las inducidas por otras especies como: *S. tritici*, *Erysiphe graminis* DC. ex Merat o *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc. (MARIN, 1985). En experimentos diseñados al respecto se han constatado pérdidas de hasta

el 45% de la cosecha, siendo sus epidemias similares a las de *S. tritici* (AGUIRRE y MARIN, 1984; MARIN y JIMENEZ, 1981; MARIN et al., 1985). El hecho de que ambas especie, *S. nodorum* y *S. tritici*, puedan infectar la misma planta o el mismo órgano o tejido y que, ésta última, forme picnidios más fácilmente observables, enmascara, en ocasiones, la importancia de *S. nodorum* (MARIN y AGUIRRE, 1985).

Este es un segundo trabajo sobre el control de ambas especies de *Septoria*, cuyo objetivo es analizar el efecto de fungicidas con distinto modo de acción sobre las epidemias foliares de *S. nodorum*, y su influencia sobre la cosecha.

## MATERIAL Y METODOS

El experimento de control con fungicidas fue desarrollado en Córdoba durante 1985, y consistió en evaluar periódicamente la canti-

dad de enfermedad en parcelas sometidas a distintos tratamientos fungicidas (salvo testigo) del cultivar Cajeme, de reacción susceptible, previamente inoculado con una mezcla de aislamientos de *S. nodorum*.

### Condiciones de cultivo

La siembra se realizó el 12 de diciembre, en líneas separadas 19 cm., a razón de 180 kg/Ha. Se abonó de fondo con 560 kg/Ha. del complejo 0-14-7, más 100 kg/Ha. de urea (46%). En cobertera, se aplicaron 200 kg/Ha. de Nitrato Amónico Cálcico (26% de riqueza en N) en el momento del ahijado y, posteriormente, en el encañado. Para la escarda química se utilizó Cetrol-H (Ioxinil + MCP, 2 l/Ha.).

Temperaturas, precipitaciones (incluido un riego por aspersión el 12 de abril) y fenología, se indican en el Cuadro 1.

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

Se inoculó el día 27 de febrero en el estado fenológico (E.F.) de pseudotallo erecto (E.F. 5 según la escala de Feekes; ANONIMO; 1980), 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 1 gota de Tween-20/100 ml. El inóculo se obtuvo de cultivos que crecieron durante 15 días en Czapek Dox V-8 agar con aureomicina, incubados a 20° C bajo luz blanca y próxima a la ultravioleta (COOKE y JONES, 1970b). Dicho inóculo se aplicó a razón de 600 l/Ha. (0,85 l/parcela).

Para contrastar los resultados según este tipo de inoculación con los correspondientes de epidemias naturales, donde la fuente de inóculo son los restos vegetales, se inocularon tres parcelas experimentales con restos infectados por *S. nodorum*, con picnidios viables, los cuales se esparcieron en el suelo, ocupando alrededor del 80% de su superficie.

La cantidad de enfermedad se evaluó semanalmente, salvo que circunstancias de lluvias o riego variaran dicha frecuencia. En cada parcela elemental se anotó la fenología media, realizándose 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 altura alcanzada por las lesiones de la enfermedad, el porcentaje de tejido enfermo hasta dicha altura ( $\equiv$  Severidad no corregida (S)), y el porcentaje de tejido enfermo estimado para el conjunto de la planta

Cuadro 1.— Climatología y estados fenológicos, durante el período de desarrollo epidémico, en *Septoria nodorum*/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
/ 13 III	14	18,8	3,6	11,2	0,0	7-8
/ 22 III	23	19,2	4,9	12,0	72,7	8-9
/ 29 III	30	19,5	5,3	12,4	0,2	10
29 III / 5 IV	37	24,4	7,4	15,9	8,8	10.5
/ 13 IV	45	22,1	8,7	15,4	32,7	10.5.4
/ 23 IV	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
/ 12 V	74	22,3	8,9	15,6	9,4	11.2
/ 25 V	87	24,3	10,5	17,4	28,4	11.3.4
$\Sigma = 257,6$						

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

(≡Severidad corregida (S.C.)). La severidad fue evaluada según claves estimativas (JAMES, 1971).

Además de las Septoriosis fue evaluada cualquier otra enfermedad. En los casos de diagnóstico dudoso, se tomaron muestras de los órganos enfermos y el diagnóstico se realizó tras su manejo en laboratorio.

**Diseño experimental y análisis epidemiológicos**

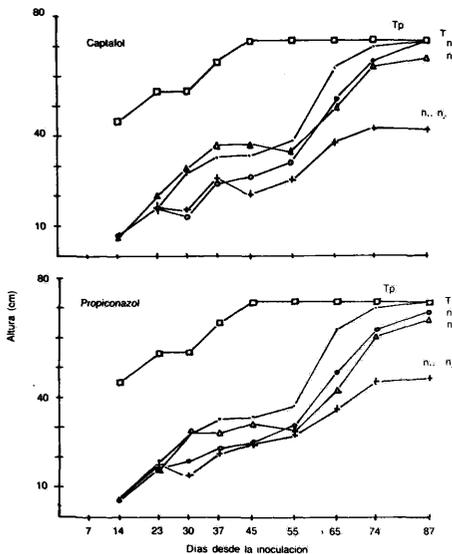
Se diseñó un experimento factorial en parcelas divididas con bloques al azar y tres repeticiones. Las parcelas principales fueron el tipo de fungicida: 1) de acción protectora (Captafol), y 2) de acción sistémica (Propiconazol). Las subparcelas fueron el tipo de tratamiento:

- 1) Inoculación y no tratamiento fungicida.
- 2) Inoculación y un tratamiento fungicida al nivel de enfermedad  $n_1$  ( $S = 10-15\%$ ).
- 3) Inoculación y un tratamiento fungicida al nivel de enfermedad  $n_2$  ( $S = 15-20\%$ ).
- 4) Inoculación y dos tratamientos fungicidas, el primero en  $n_1$  y el segundo al realizar el  $n_2$ .
- 5) Tratamiento fungicida en el nivel  $n_1$  de las parcelas inoculadas.
- 6) Tratamiento fungicida en el nivel  $n_2$  de las parcelas inoculadas.
- 7) Tratamientos fungicidas en  $n_1$  y  $n_2$ .
- 8) No inoculación ni tratamiento fungicida.

Los tratamientos fungicidas coincidieron con las fechas 24-III ( $n_1$ ) y 15-IV ( $n_2$ ). Los días y fenologías correspondientes se expresan en el Cuadro 1 y en las Figuras 1, 2, 3.

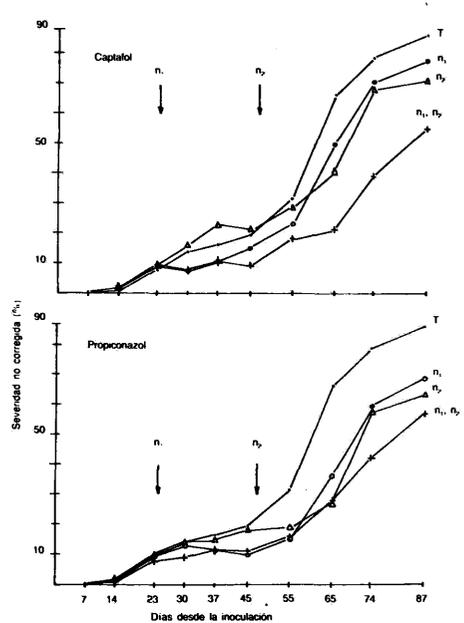
Los fungicidas fueron aplicados a las dosis medias recomendadas en los productos comer-

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

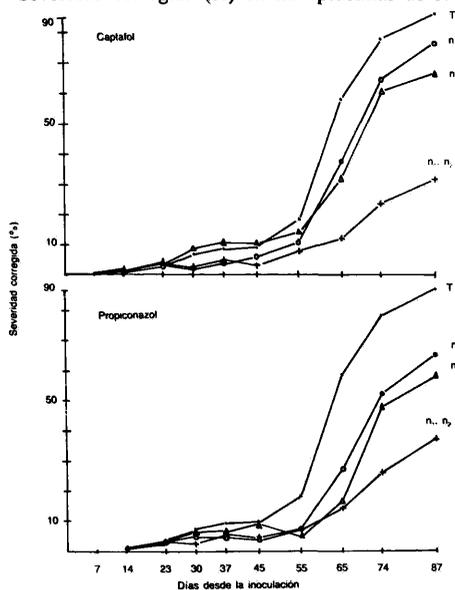


Tp, altura de la planta; T, altura de las lesiones en el testigo inoculado y no tratado;  $n_1$ , altura de las lesiones en las parcelas inoculadas y tratadas con fungicida en el nivel  $s = 10-15\%$ ;  $n_2$ , altura de las lesiones en las parcelas inoculadas y tratadas con fungicida en  $s = 15-20\%$ ;  $n_1, n_2$ , altura alcanzada por las lesiones en las parcelas inoculadas y tratadas con fungicida en los niveles  $n_1, n_2$ .

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



T, inocuado;  $n_1$ , 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  $n_1, n_2$ .

Fig. 3.— Severidad corregida (sc) en las epidemias de *S. nodorum*/trigo cv. cajeme.

T, inocuado;  $n_1$ , inocuado y tratado con fungicida en el nivel  $s = 10-15\%$ ;  $n_2$ , inocuado y tratado con fungicida en el nivel  $s = 15-20\%$ ;  $n_1, n_2$ , inocuado y tratado con fungicida en los niveles de  $s, n_1, n_2$ .

Cuadro 2.— Análisis de varianza de la severidad corregida correspondientes a la epidemia causada por *S. nodorum* en el cultivar Cajeme.

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

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
Tipo de fungicida (f)	1	40,56	4,65	N.S.
Bloques (b)	2	179,71	20,62	*
Error f	2	8,72		
Tipo de tratamiento (t)	3	139,12	7,65	**
$f \times t$	3	14,97	0,81	N.S.
Error t	12	18,43		

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

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
f	1	248,97	1,68	N.S.
b	2	1.058,88	7,16	N.S.
Error f	2	147,92		
t	3	2.262,62	37,37	***
$f \times t$	3	117,31	1,94	N.S.
Error t	12	60,55		

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

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
f	1	235,63	2,14	N.S.
b	2	157,30	1,43	N.S.
Error f	2	110,28		
t	3	2.911,94	38,22	***
$f \times t$	3	99,56	1,31	N.S.
Error t	12	76,18		

NS: No significativo; \*\*\*:  $p = 0,001$ ; \*\*:  $p = 0,01$ ; \*:  $p = 0,05$ .

Cuadro 3.— Análisis de varianza de la severidad no corregida correspondiente a la epidemia desarrollada por *S. nodorum* en el cultivar Cajeme.

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

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
Tipo de fungicida (f)	1	159,14	22,52	*
Bloques (b)	2	304,08	43,04	*
Error f	2	7,06		
Tipo de tratamiento (t)	3	250,43	10,74	***
f × t	3	31,54	1,35	N.S.
Error t	12	23,31		

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

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
f	1	160,68	3,99	N.S.
b	2	1.000,19	24,86	*
Error f	2	40,24		
t	3	1.954,27	57,74	***
f × t	3	152,59	4,51	*
Error t	12	33,85		

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

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
f	1	141,13	4,71	N.S.
b	2	17,11	0,57	N.S.
Error f	2	29,94		
t	3	1.508,38	24,21	***
f × t	3	87,80	1,41	N.S.
Error t	12	62,31		

NS: No significativo; \*\*\*: p = 0,001; \*: p = 0,05.

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

El efecto epidemiológico de la acción fungicida se analizó: a) comparando la severidad en la fase de mayor crecimiento epidémico (23 de abril a 12 de mayo, Cuadro 5), y b) comparando las velocidades de crecimiento epidémico en el conjunto de dicho proceso (Cuadro 6) y en la fase de mayor crecimiento (Cuadro 7).

La comparación de las severidades a) se realizó para cada fecha de observación, mediante la comparación de sus valores medios

usando la diferencia significativa mínima (D.S.M.) y tras comprobar la significación de las varianzas en los análisis correspondientes.

La comparación de las velocidades de crecimiento epidémico b) para el conjunto del proceso, se realizó por comparación de las pendientes de las rectas de regresión (SNEDECOR y COCHRAN, 1971) ajustada por mínimos cuadrados (coeficientes de regresión lineal) resultantes de linearizar los datos ajustados a la forma integrada de la función de Weibull:

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

Cuadro 4.— Análisis de varianza de las alturas alcanzadas por las lesiones de *S. nodorum* en el cultivar Cajeme durante el desarrollo epidémico.

ANOVA de la altura, a los 55 días desde la inoculación.

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
Tipo de fungicida (f)	1	6,20	0,32	N.S.
Bloques (b)	2	210,81	11,02	N.S.
Error f	2	19,13		
Tipo de tratamiento (t)	3	139,96	6,33	**
f × t	3	16,66	0,75	N.S.
Error t	12	22,12		

ANOVA de la altura, a los 65 días desde la inoculación.

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
f	1	70,04	0,62	N.S.
b	2	186,60	62,44	N.S.
Error f	2	112,22		
t	3	678,56	29,01	***
f × t	3	17,03	0,73	N.S.
Error t	12	23,39		

ANOVA de la altura, a los 74 días desde la inoculación.

Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
f	1	2,22	0,11	N.S.
b	2	432,00	20,99	*
Error f	2	20,58		
t	3	840,34	26,68	***
f × t	3	12,67	0,40	N.S.
Error t	12	31,49		

NS: No significativo; \*\*\*: p = 0,001; \*\*: p = 0,01; \*: p = 0,05.

(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":

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

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

La elección de las funciones o parámetros de las mismas a los que mejor se ajustaron los

datos, se realizó según el valor más alto del coeficiente de correlación y su significación; los valores de las desviaciones de la regresión y el análisis de la distribución de los residuos (DANIEL y WOOD, 1980; PENNYPACKER et al., 1980).

La relación entre el peso de cosecha y la cantidad de enfermedad, se analizó mediante técnicas de correlación lineal o correlación múltiple (STEEL y TORRIE, 1976).

## RESULTADOS

Las características de las epidemias en relación a la fenología del cultivo y a la climatología

Cuadro 5.— Efecto de los tipos de tratamientos sobre las epidemias de *S. nodorum*/Cajeme. Severidad corregida (S.C.) a los días (d) indicados desde la inoculación

Tipo de tratamiento	55 días			65 días			73 días		
	FP	FS	$\bar{x}$	FP	FS	$\bar{x}$	FP	FS	$\bar{x}$
T	17,76	17,76	17,76	58,53	58,53	58,53	78,06	78,06	78,06
n <sub>1</sub>	10,40	7,06	8,73	38,20	26,80	32,50	64,96	51,86	58,41
n <sub>2</sub>	14,56	7,80	11,18	32,39	16,06	24,23	61,60	48,10	54,85
n <sub>1</sub> + n <sub>2</sub>	6,83	6,53	6,68	11,86	13,83	12,85	23,96	25,50	27,73
D.S.M. 5%			5,40			9,79			10,98
D.S.M. 1%			7,57			13,73			15,39
Severidad no corregida (S).									
T	31,63	31,63	31,63	66,63	66,63	66,63	78,86	78,86	78,86
n <sub>1</sub>	23,30	15,50	19,39	49,96	36,63	43,39	70,53	58,86	64,69
n <sub>2</sub>	28,86	18,83	23,85	41,06	27,19	34,13	68,86	57,76	63,29
n <sub>1</sub> + n <sub>2</sub>	18,30	15,53	16,91	21,23	27,73	24,48	38,86	42,20	40,53
D.S.M. 5%			6,07			7,32			9,93
D.S.M. 1%			8,52			10,26			13,93
Altura alcanzada.									
T	38,36	38,36	38,36	62,76	62,76	62,76	71,86	71,86	71,86
n <sub>1</sub>	31,13	30,33	30,73	51,96	48,73	50,35	65,56	63,13	64,34
n <sub>2</sub>	35,13	29,53	32,33	50,33	42,30	46,31	63,96	60,73	62,35
n <sub>1</sub> + n <sub>2</sub>	25,56	27,89	26,73	38,33	35,93	37,13	42,36	45,60	43,98
D.S.M. 5%			5,92			6,08			7,06
D.S.M. 1%			8,30			8,53			9,90

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.

gía, quedan reflejadas en los Cuadros 1 y 5. Según estos, la fase de mayor crecimiento epidémico se desarrolló desde el E.F. 11'1 (grano lechoso), con el valor de S.C. = 17'76%, a los 55 días desde la inoculación, hasta el S.C. = 78'06%, en el E.F. 11'2 (grano pastoso), a los 74 días desde la inoculación. Estos resultados corresponden al testigo inoculado y no tratado con fungicidas; resultados que son coincidentes con los correspondientes a las parcelas con restos vegetales infectados.

El análisis de los factores S.C., S y altura de las lesiones, se muestra en los Cuadros 2, 3, 4 y 5. El análisis de varianza según factores y fechas (Cuadros 2, 3, 4) resultó en interacciones significativas en el tipo de tratamiento para cualquier factor y fecha, así como entre el tipo de fungicida x tipo de tratamiento en la seve-

ridad no corregida a los 65 días desde la inoculación, o entre el tipo de fungicida a los 55 días desde la inoculación, a menos de 1 semana del tratamiento n<sub>2</sub> (Cuadro 3, figura 3). La separación de medias (Cuadro 5) indicó la existencia de diferencias significativas entre el testigo (T) y cualquiera de los tratamientos fungicidas. Asimismo, existieron diferencias significativas entre cualquiera de los tratamientos n<sub>1</sub> o n<sub>2</sub> y el tratamiento n<sub>1</sub> + n<sub>2</sub>, para las tres caracteres analizados, si bien estas diferencias fueron mayores a medida que avanzó el progreso epidémico.

Al analizar la velocidad de crecimiento epidémico en su conjunto (Cuadro 6, figura 3), se puso de manifiesto el buen ajuste (alto valores de R y significativos), y la no existencia de diferencias significativas entre las pendientes

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

Tipo de fungicida	Tipo de tratamiento <sup>x</sup>	Parámetros de la función de Weibull <sup>y</sup>			Parámetros de la regresión <sup>z</sup>		Correlación y su significación <sup>v</sup>	
		a	b	c	m	n	R	
—	T	23,68	46,46	2,5	-0,5098	0,0215a	0,9685	**
Captafol	n <sub>1</sub>	-65,21	143,85	10,0	0,4565	0,0070a	0,9784	**
	n <sub>2</sub>	-247,06	356,95	18,0	0,7678	0,0028a	0,9555	**
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	-176,87	284,45	12,0	0,6218	0,0035a	0,9629	**
Propiconazol	n <sub>1</sub>	-5,21	90,00	5,0	0,579	0,0111a	0,9641	**
	n <sub>2</sub>	27,41	67,74	2,0	-0,4046	0,0148a	0,9024	*
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	-281,01	384,05	18,0	0,7317	0,0026a	0,9705	**

(x) 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>.

(y) El modelo usado para ajustar el progreso de la enfermedad fue la forma integrada de la función de Weibull:

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

(z) 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).

(v) Coeficiente de correlación lineal (R) de los datos ajustados a la recta de regresión, y su significación: \* (p = 0,05); \*\* (p = 0,01).

Cuadro 7.— Caracterización de las epidemias de *Septoria nodorum*/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 transformado <sup>x</sup> logit (y), en el período 23-IV a 12-V								
		Severidad corregida			Severidad no corregida			Altura alcanzada		
		r <sub>1</sub>	R	Significación	r <sub>1</sub>	R	Significación	r <sub>1</sub>	R	Significación
—	T	0,14a <sup>z</sup>	0,9635	v	0,11b	0,9875	*	0,19c	0,9994	*
Captafol	n <sub>1</sub>	0,14a	0,9960	*	0,10b	0,9985	*	0,13c	0,9981	*
	n <sub>2</sub>	0,11a	0,9973	*	0,08b	0,9722		0,11c	0,9927	*
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	0,06a	0,9709		0,05b	0,9211		0,05c	0,9643	
Propiconazol	n <sub>1</sub>	0,14a	0,9969	*	0,10b	0,9993	*	0,12c	0,9975	*
	n <sub>2</sub>	0,15a	0,9968	*	0,09b	0,9582		0,10c	0,9799	
	n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	0,08a	1,0000	***	0,07b	1,0000	***	0,05c	0,9965	*

(=coeficientes de regresión, n) entre cualquiera de los tratamientos. Al ser analizadas las pendientes de las regresiones durante la fase de mayor crecimiento epidémico (Cuadro 7) resultaron diferencias significativas para el factor S.C., entre el testigo inoculado y no tratado con fungicidas, y el tratamiento n<sub>1</sub> +

n<sub>2</sub> inoculado y tratado dos veces con fungicidas, en los datos no transformados.

Los valores medios del peso de cosecha y el análisis de varianza correspondiente se muestran en el Cuadro 8. Este indica la no existencia de diferencias entre los distintos tratamientos.

Cuadro 7.— (Continuación)

Tipo de tratamiento <sup>y</sup>		Tasa aparente de infección ( $r_t$ ) de los datos transformados, en el período 23-IV a 12-V								
		Severidad corregida			Severidad no corregida			Altura alcanzada		
		$r_t$	R	Significación	$r_t$	R	Significación	$r_t$	R	Significación
—	T	3,19d	0,9854	*	2,50f	0,9710		2,36g	0,9648	
Captafol	$n_1$	2,86de	0,9998	**	2,48f	0,9991	*	2,53g	0,9958	*
	$n_2$	2,46de	0,9858	*	2,08f	0,9502		2,11g	1,0000	***
	$n_1+n_2$	0,81e	0,9432		1,06f	0,9079		1,24g	0,9600	
Propiconazol	$n_1$	2,35de	0,9953	*	2,27f	0,9990	*	2,40g	0,9991	**
	$n_2$	2,25de	0,9547		2,02f	0,9403		2,27g	0,9911	*
	$n_1+n_2$	0,99e	0,9867	*	1,40f	0,9968	*	1,29g	0,9966	*

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

(y) T = inoculado y no tratado con fungicidas;  $n_1$  = inoculado y tratado una vez con fungicida, 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  $n_2$ .

(z) Letras distintas indican la no existencia de diferencias significativas (SNEDECOR y COCHRAN, 1971).

(v) R = coeficiente de correlación y su significación; \* ( $p = 0,05$ ); \*\* ( $p = 0,01$ ); \*\*\* ( $p = 0,001$ ).

El cálculo de la correlación lineal o múltiple entre el peso de cosecha y la S.C. o el área bajo la curva epidémica (A.P.E.) (cuadro 9) indican un mejor ajuste en las regresiones ajustadas a un polinomio de grado 2 y usando el A.P.E. frente a S.C.

### DISCUSION

Las epidemias analizadas aquí, se han caracterizado por una fase inicial lenta, con bajos niveles de enfermedad en fases avanzadas del ciclo de cultivo (S.C.  $\approx$  10%, en E.F., grano acuoso), seguida de otra de desarrollo rápido, en la que la severidad corregida pasó del 10-78% en 29 días (Cuadros 1, 5, Figura 3). Las bajas temperaturas y precipitaciones durante la primera fase de la epidemia explican su lento desarrollo, así como las lluvias frecuentes y con temperaturas mínimas superiores a 7° C explican el rápido desarrollo en la segunda fase (MARIN et al., 1985).

Otros patógenos han tenido un escaso desarrollo y una influencia no significativa en el experimento.

El hecho de no producirse diferencias entre las epidemias desarrolladas a partir del inóculo obtenido "in vitro" o en las correspondientes con inóculo en restos vegetales, y la similitud de éstas con las desarrolladas en campos comerciales, señala la validez de nuestros resultados de cara a explicar las epidemias naturales, cuestión ya comprobada con anterioridad (AGUIRRE y MARIN, 1984; MARIN y JIMENEZ, 1981).

Los valores prácticamente constantes de las tasas  $r$  entre las observaciones, desde los 45 días de la inoculación, y más aún desde los 55 a los 74 días (Figura 3, Cuadros 6, 7), justifican el cálculo de la tasa aparente de infección para el conjunto del proceso, en ambos casos, mediante regresión lineal (VAN DER PLANK, 1963). Dichas tasas no han diferido significativamente para los distintos tratamientos, salvo en el caso de ser analizadas con los datos sin transformar (Cuadro 6, 7). Este hecho, junto a la apreciación de pendientes diferentes al contemplar los datos (Cuadro 5, Figura 3) justifican la comparación de las severidades en cada observación, durante la fase de mayor crecimiento epidémico (Cuadro 5), en vez de

Cuadro 8.— Efecto de los distintos tratamientos sobre el peso de cosecha *Septoria nodorum/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>	5.590,00	6.096,66	5.843,33
n <sub>2</sub>	6.410,00	6.220,00	6.315,00
n <sub>1</sub> +n <sub>2</sub>	6.613,33	6.703,33	6.658,33
T <sub>f</sub>	6.680,00	6.420,00	6.550,00
T	6.726,66	6.726,66	6.726,66
Medias	6.353,88	6.378,33	6.366,11

	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
Tipo de fungicida	676,18	10,62
Tipo de tratamiento	727,61	11,42

Análisis de varianza				
Fuente de variación	gl	CM	F	Significación
Tipo de fungicida	1	5.378,00	0,01	N.S.
Bloques	2	15.623.635,75	34,17	* (p= 0,05)
Error	2	457.218,25		
Tipo de tratamiento	5	713.003,90	1,35	N.S.
Tipo de fungicida × Tipo de tratamiento	5	109.477,70	0,21	N.S.
Error	20			

T<sub>i</sub>: inoculado y no tratado con fungicida.

n<sub>1</sub>: inoculado y tratado una vez con fungicida al nivel de seguridad 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>f</sub>: no inoculado y tratado con fungicida, dos veces.

T: no inoculado ni tratado con fungicidas.

FP: Captafol; FS: Propiconazol.

comparar las elevaciones de las rectas de regresión correspondientes.

El análisis del nivel de enfermedad, para los distintos tratamientos en distintas fechas (Cuadros 2, 3, 4, 5), muestra el comportamiento epidemiológico similar entre ambos fungicidas; pues, si bien a los 65 días desde la inoculación (18 días desde el tratamiento n<sub>2</sub>, Figuras 2, 3) existen tales diferencias, éstas se producen en la severidad no corregida, y no se corresponden en la severidad corregida ni en la altura alcanzada por las lesiones, lo cual

indicaría que el efecto sobre el conjunto del tejido de la planta no es diferente para ambos fungicidas; esto es, que el efecto potencial sobre la cosecha no deberá ser diferente necesariamente. Una consecuencia práctica de este resultado es la posibilidad de ahorro de alrededor de 2'5 veces en el costo de un tratamiento, al utilizar Captafol frente a Propiconazol.

Un segundo aspecto destacable es el crecimiento limitado de la severidad corregida en el tratamiento n<sub>1</sub> + n<sub>2</sub> ( $\bar{S}\bar{C}\bar{C}$  = 27'73%) frente

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.), estimadas en distintos estados fenológicos del cultivo. *Septoria nodorum*/Cajeme

Fenología <sup>a</sup>	Coeficiente de correlación lineal (R)	
	S.C.	A.P.E.
	R	R
10 Zurrón	-0,4688	-0,4043
10.5 Floración	-0,2687	-0,3979
10.5.4 Grano acuoso	0,0182	-0,3072
11.1 Grano lechoso	-0,3053	-0,2804
11.2 Grano pastoso blando	-0,7059*	-0,5317
11.4 Grano pastoso duro	-0,7220*	-0,6390

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:

$$P.C.=7,49704 - 0,01840 S.C. - 0,0000483 S.C.^2$$

$$C.C.M.=0,8388$$

$$\text{Significación}=83,87\%$$

$$P.C.=11,12871 - 0,01969 A.P.E. +0,0000189 A.P.E.^2$$

$$C.C.M.=0,9718$$

$$\text{Significación}=99,69\%$$

(<sup>a</sup>) Escala numérica de Feekes (ANONIMO, 1980).

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

\*=Significativo al nivel  $p=0,05$ .

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

Especie	I (%)	S (%)	Altura en la planta	Parcela elemental	Tipo de tratamiento
<i>Erysiphe graminis</i> D.C. ex Merat	80	5	1/3*	11	T <sub>i</sub>
	70	3	1/4	15	T <sub>i</sub>
	60	22	1/4	22	T
<i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc.	t <sub>r</sub>	—	—	**	
<i>Tilletia foetida</i> (Wall.) Liro	t <sub>r</sub>	—	—	11	T <sub>i</sub>
	t <sub>r</sub>	—	—	20	T <sub>i</sub>

T<sub>i</sub> = Testigo inoculado y no tratado con fungicidas.

T = Testigo no inoculado ni tratado con fungicidas.

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.

al testigo inoculado y no tratado ( $\bar{S} \cdot \bar{C} = 78.06\%$ ) (Cuadro 5). Tal hecho indica la posibilidad de controlar las epidemias por *S. nodorum* con un máximo de 2 tratamientos, aún en epidemias de crecimiento rápido.

La limitación del crecimiento epidémico anteriormente señalada, puede ser explicada por la acción de los fungicidas sobre el inóculo, limitando su producción o su efectividad. Tal explicación estaría apoyada por el "retraso" de las epidemias en la parcelas tratadas, frente al testigo no tratado con fungicidas; la no existencia de diferencias significativas entre las pendientes (Cuadros 6, 7) confirma este hecho. No obstante, la existencia de diferencias significativas entre el testigo (T) y el tratamiento  $n_1 + n_2$  para S.C. en los datos no transformados (Cuadro 7), y los valores distintos de dichas pendientes (Figura 3) en cualquiera de las transformaciones (aun sin diferencias significativas), sugiere que se produce un efecto continuado de la acción fungicida, probablemente por su persistencia en los tejidos tratados, que influiría en una disminución de la tasa aparente de infección de las epidemias en las parcelas tratadas con fungicidas frente a las inoculadas y no tratadas.

Al analizar la influencia de la cantidad de enfermedad sobre el peso de la cosecha (Cuadro 9), no han resultado diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos experimentales. Este hecho puede ser explicado por un fenómeno de Escape. Los bajos niveles de enfermedad en fases avanzadas del ciclo del cultivo no tendrían un efecto sobre la disminución de la cosecha.

Tal afirmación es coincidente con las apreciaciones de otros autores (ANONIMO, 1980).

Las correlaciones más altas y significativas entre el área bajo la curva epidémica y el peso de cosecha (Cuadro 9), indican que es el efecto continuado de la enfermedad a lo largo del proceso epidémico más que la cantidad de enfermedad en un momento del mismo, el que debe ser considerado al establecer estas correlaciones, en lo cual coincidimos con FERRER y ZADOKS (1983).

Por último, quisiéramos señalar que aun considerando la validez general de los resultados expuestos aquí, se deben realizar mayor número de experimentos con otros cultivares y fungicidas, a fin de acotar el valor de la respuesta fungicida en estas enfermedades.

#### ABSTRACT

MARIN SANCHEZ J.P; MANSILLA SOUSA F. y AGUIRRE BERRUEZO J. 1987. Control químico de las enfermedades de trigo inducidas por *Septoria* spp. II. Análisis epidemiológico de la acción fungicida en las epidemias causadas por *Septoria nodorum*. *Bol. San. Veg. Plagas* 13: 79-91.

Efficacy of fungicide foliar spray with captafol or propiconazol for control of the *Septoria* leaf spot disease caused by *Septoria nodorum* (Berk.) Berk., was studied in a field trial. Susceptible Cajeme winter wheat cultivar was artificially infected using a isolates mixture of *S. nodorum*. 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 both captafol or 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 BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE BERRUEZO, J. y MARÍN SÁNCHEZ, J.P., 1984: Caracterización epidemiológica de las Septoriosis 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.
- COOKE, B.M. y JONES, D.G., 1970a: The epidemiology of *Septoria tritici* and *S. nodorum*. II. Comparative studies of head infection by *Septoria tritici* and *S. nodorum* on spring wheat. *Trans. B. Mycol. Soc.*, 54:395-404.
- COOKE, B.M. y JONES, D.G., 1970b: The effect of near-ultraviolet irradiation and agar medium on the sporulation of *Septoria nodorum* and *S. tritici*. *Trans. B. Mycol. Soc.*, 54:221-226.
- CUNFER, B.M., 1983: Epidemiology and control of seed-borne *Septoria nodorum* on wheat. *Seed Sci. Tech.*, 11:707-718.
- DANIEL, C. y WOOD, F.S., 1980: Fitting Equations to Data. Computer Analysis of Multifactor Data. John Wiley and Sons. New York, 458 pp.
- FORRER, H. y ZADOKS, J., 1983: Yield reduction in wheat in relation to leaf necrosis caused by *Septoria tritici*. *Neth. J. Plant Pathol.*, 89:87-88.
- JAMES, C., 1971: A manual of assessment keys for plant diseases. *Canadian Department of Agriculture. Publication* n.º 1458.
- MARÍN SÁNCHEZ, J.P., 1985: Micosis del trigo en Andalucía Occidental. *ANALES I.N.I.A.* (en prensa).
- MARÍN SÁNCHEZ, J.P. y AGUIRRE BERRUEZO, J., 1985: Enfermedades del trigo causadas por especies de *Septoria* en Andalucía Occidental. *ANALES I.N.I.A.* (en prensa).
- MARÍN SÁNCHEZ, J.P. y JIMÉNEZ DÍAZ, R.M., 1981: Investigaciones preliminares sobre las Epifitias de *Septoria tritici* en cultivares de trigo blando en Andalucía. Comunicación IV 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 Septoriosis 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.
- 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 Co. New York, 481 pp.
- VAN DER PLANK, J.E., 1963: Plant Diseases. Epidemics and Control. Academic Press. New York, 349 pp.