

**EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE INOCULO DEL HONGO
Gaeumannomyces graminis var. *tritici* SOBRE CARACTERISTICAS
AGRONOMICAS DE UN TRIGO (*Triticum aestivum* L.)¹**

**Effect of inoculum concentrations of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*
on agronomic features of a wheat (*Triticum aestivum* L.)**

Ricardo Madariaga B.², Mario Mellado Z.²

S U M M A R Y

At the Quilamapu Research Station (INIA), Chile, a field experiment was set up to study the possibility to inoculate artificially the soil and evaluate the losses in grain yield and its components, at different levels of infection with the fungus *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier, var. *tritici* Walker.

Through the results, it is possible to conclude:

- Oat grains inoculated with *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* permitted the infection of wheat plants under field conditions.
- The rate of inoculum sufficient to produce a significant damage on wheat plants was one oat grain for each grain of wheat.
- This inoculum rate is recommended in germplasm selection for the take-all disease, caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*.

INTRODUCCION

El mal del pie, causado por el hongo *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier var. *tritici* Walker, es una enfermedad que ataca al trigo y otros cereales menores, como la cebada, centeno y triticale, y que se encuentra ampliamente distribuida en Chile.

El hongo vive en el suelo, en asociación con residuos de rastrojos de trigo y cebada previamente infectados, o en las raíces de estos cereales y de otras gramíneas. Puede permanecer viable más de dos años, en suelos secos o húmedos. Scott (1969) indica que es importante conocer el máximo de aspectos relacionados

con la supervivencia del hongo *G. graminis tritici*, considerando que su control debe buscarse mediante prácticas de manejo, debido a que la resistencia genética no ha sido claramente establecida en la especie trigo. En relación a lo último, Weste (1975) señala que, al comparar la virulencia de diferentes patógenos radiculares, se encontró que *G. graminis tritici* tenía la mayor habilidad para invadir y destruir plántulas de trigo.

Sintomatología

Las plantas enfermas presentan diferentes grados de enanismo, y esta característica se observa en manchones en la sementera afectada. La distribución irregular del hongo en el suelo, así como su distinta concentración, es uno de los mayores obstáculos para la investigación de esta enfermedad, en condiciones de campo.

Generalmente, los síntomas se hacen más visibles en el estado de floración, cuando plantas aparentemente

¹ Recepción de originales: 24 de octubre de 1983.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

sanas, repentinamente mueren, antes que los granos se desarrollen completamente.

Las espigas de las plantas enfermas presentan color blanco, debido a su aparente madurez prematura, permanecen erectas y cuando presentan granos, éstos son escasos, pequeños y chupados. Las raíces son débiles, escasas y quebradizas y se destruyen con facilidad, cuando se arrancan plantas enfermas.

Resistencia varietal

Respecto al comportamiento del trigo al mal del pie, algunos investigadores han informado de variedades resistentes a esta enfermedad, pero pruebas posteriores han demostrado que eran susceptibles (Leonard y Martin, 1963; Bruehl, 1967). Nilsson (1973) inoculó ocho cultivares de trigo de invierno con *G. graminis tritici* y encontró grandes diferencias en resistencia entre cultivares, observando también cierto nivel de tolerancia.

El trigo aparece como el cereal más susceptible a mal del pie y ello ha sido confirmado en varias oportunidades. En un trabajo, efectuado en Australia y citado por Leonard y Martin (1963), se indica que cuando el trigo presentaba 100% de infección, la cebada mostraba 60%, el centeno 25% y la avena 4%. Por su parte, Scott (1980) indica que, en el oeste de Australia, la reducción promedio de rendimiento por mal del pie fue estimada en 25%, para el año 1970.

En la Estación Experimental Quilamapu (Mellado, 1984), se compararon cinco cereales, en un suelo previamente sembrado con trigo durante varios años. En base a los síntomas de enanismo, espigas blancas y muerte de plantas, se estableció que el trigo presentaba 67% de mal del pie, la cebada 52%, triticale 21%, centeno 2% y que la avena era inmune.

Considerando la importancia de esta enfermedad, se efectuó este trabajo con los siguientes objetivos:

- Establecer el nivel de inóculo, aplicado artificialmente al suelo, adecuado para seleccionar genotipos de trigo resistentes o tolerantes a mal del pie.
- Evaluar las pérdidas de rendimiento en grano, para diferentes niveles de inóculo de *G. graminis tritici*, y los cambios que se producen en otras características agronómicas de la planta de trigo.

MATERIALES Y METODOS

En la Estación Experimental Quilamapu del INIA, durante 1982, se efectuó un ensayo de campo de calibración del hongo *G. graminis tritici*.

Se usó un diseño de bloques al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- T1=Semilla de trigo no inoculada.
- T2=Semilla de trigo no inoculada, desinfectada con Benlate (B).
- T3=Un grano de avena inoculada con el hongo, por cada ocho granos de trigo.
- T4=Un grano de avena inoculada con el hongo, por cada cuatro granos de trigo.
- T5=Un grano de avena inoculada con el hongo, por cada dos granos de trigo.
- T6=Un grano de avena inoculada con el hongo, por un grano de trigo.
- T7=Dos granos de avena inoculada con el hongo, por un grano de trigo.
- T8=Cuatro granos de avena inoculada con el hongo, por un grano de trigo.

El hongo utilizado correspondió a un aislamiento y pre-multiplicación (realizados por Milan Caglevic, E. E. La Platina) hecho en plantas de trigo cultivadas en la Estación Experimental Quilamapu e incrementado, según una metodología estándar para multiplicación de hongos, en granos de avena, previamente esterilizados a 120° C y a una presión de 15 libras/pulgada², durante tres días continuados, por espacio de 30 min. El hongo se multiplicó en los granos de avena durante cuatro semanas, a una temperatura de 20–23° C, en estufa de cultivo; enseguida estos granos se secaron al aire y quedaron preparados para usarlos como inóculo en el campo (Rovira, 1977; Rovira, comunicación personal).

La semilla de trigo utilizada correspondió al cultivar de hábito alternativo Lucero—INIA y se sembró el 10 de agosto. La parcela consistió en 5 hileras de 2 m, separadas a 20 cm. En cada hilera se sembraron 160 semillas de trigo, equivalente a 160 kg/ha. La avena inoculada se colocó en los tres surcos centrales de cada parcela, de los tratamientos 3 al 8.

El cultivo precedente fue avena (*Avena sativa* L.), a objeto de eliminar o disminuir al máximo el hongo en el suelo, y la fertilización consistió en 120 kg de N, como Salitre Sódico, y 100 kg de P₂O₅ como Superfosfato Triple.

Las malezas se controlaron manualmente, a fin de evitar posible daño en el desarrollo radicular o en el tejido foliar. Al respecto, algunos investigadores citados por Tottman y Davies (1978), indican que evidencias experimentales señalan que algunos herbicidas aumen-

tan la incidencia de mal del pie producido por *G. graminis tritici*.

Para evitar daño de pájaros durante la madurez, se hizo una aspersión de Mesuroil 750/o (750/o de dimetil—metil—mercaptofenil—metil—carbamato), en dosis de 2 kg de producto comercial por hectárea.

Las evaluaciones se hicieron en los tres surcos inoculados (1,2 m²) y fueron las siguientes:

- Rendimiento de grano por superficie cosechada.
- Peso de raíces al momento de cosechar.
- Altura de planta adulta.
- Rendimiento de paja (hojas más tallos).
- Peso del hectolitro.
- Peso de 1000 semillas provenientes de espigas sanas y enfermas.
- Número de tallos/m² (con y sin espiga).
- Número de espigas/m² (sanas y enfermas).
- Número de granos en espigas sanas y enfermas (promedio de 20 espigas por parcela).
- Porcentaje de espigas enfermas evaluadas con el grano en madurez de cosecha.
- Valor de microsedimentación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presenta el efecto de las diferentes concentraciones de inóculo en algunas características agronómicas del trigo estudiado. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos no inoculados, con y sin Benlate, para ninguna de estas características. Los síntomas de mal del pie en estos tratamientos fueron muy leves y se pueden explicar por la presencia natural de *G. graminis* var. *tritici*, que el precultivo con avena no fue capaz de eliminar. Gerlagh (1968) trata de explicar una situación parecida, por infección a través de ascosporas movidas por el aire.

Durante el desarrollo del trigo, se observó que los tratamientos 6, 7 y 8, correspondientes a las mayores dosis de inóculo, presentaron síntomas de mal del pie desde el inicio del macollaje (desarrollo 3, en la escala de Feekes).

En los surcos bordes de los diferentes tratamientos, no se presentaron síntomas de daño de mal del pie, lo que revela la escasa movilidad del hongo durante el ciclo de cultivo. Como una manera de comprobar esta apreciación visual, se procedió a cosechar las hileras bordes de todos los tratamientos, para medir producción de grano. Los rendimientos de los tratamientos 1 al 8 fueron, 48, 48, 49, 47, 50, 52, 52 y 55 qqm/ha,

respectivamente, estadísticamente iguales, según la prueba de F (al 50/o), con un coeficiente de variación de 9,60/o. La tendencia creciente en el rendimiento de los surcos bordes se podría explicar por la falta de competencia interplantas, en aquéllos con mayor nivel de enfermedad, y nuevamente por la falta de movilidad lateral del inóculo desde los surcos en que fue colocado al momento de la siembra.

Las fases de espigadura (10.3 — 10.5) y grano lechoso (11.1) se alcanzaron el 23 de noviembre y el 15 de diciembre, respectivamente. En todos los tratamientos, el ataque de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) fue severo y el de roya colorada de la hoja (*Puccinia recondita*) fue leve.

El porcentaje de espigas enfermas pareciera indicar que el daño de mal del pie está asociado a la cantidad de inóculo aplicado, hasta la tasa de 1,0 (tratamiento 6), en donde el nivel de respuesta de las plantas a la enfermedad se estabilizaría (Figura 1). A su vez, el rendimiento disminuyó en relación a la tasa de inóculo, en forma mayor en los primeros tramos de la curva.

Al analizar en el Cuadro 1 las diferentes variables agronómicas, se aprecia en general una tendencia decreciente, a medida que aumenta la cantidad de inóculo. La matriz de correlación simple indicó una estrecha relación negativa de la cantidad de inóculo utilizado con la mayoría de las variables, con la excepción del valor de microsedimentación y el porcentaje de espigas enfermas (Cuadro 2).

Para los fines de selección de variedades de trigo con tolerancia a *G. graminis tritici*, la tasa de inóculo de 1,0 pareciera la más adecuada, ya que se llega a un nivel máximo de espigas enfermas, sin causar la destrucción total de las plantas. Weller y Cook (1983); en trabajos de campo en que utilizaron una dosis de 5,0 g de avena contaminada por surco de 3m, informan de una reducción en el rendimiento de 840/o, en trigos de primavera, valor obtenido en esta investigación con una tasa de 4,0, lo que indicaría que ellos trabajaron con dosis más elevadas que las necesarias para obtener resultados confiables.

Kloepper y otros (1980), en un estudio de sideroforos, utilizaron granos de cebada contaminados con *G. graminis tritici*. Ellos no informan sobre las dosis de inóculo y observaron una sobrevivencia de 830/o de plántulas de cebada, en suelos supresivos de dicho hongo, y sólo de 150/o en suelos que conducen o son favorables a su desarrollo.

El uso de granos de avena completos como vehículo, presenta ventajas prácticas en la preparación y manipulación al momento de sembrar y en la supervivencia del hongo, sobre el uso de partículas de granos ma-

CUADRO 1. Efecto de niveles de inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* sobre características agronómicas de un trigo

TABLE 1. Effect of inoculum concentrations of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* on agronomic features of a wheat

Tratamiento Nivel inóculo ¹	Rendimiento de grano (qq/ha)	Cantidad de raíces (qq/ha)	Altura de planta (cm)	Rendimiento de paja (qq/ha)	Peso Hect. (kg)	Peso 1000 semillas (g)	Total Tallos/m ²	Total Espigas por m ²
T1 - 0,000	73,87 a ²	23,17 a	101 a	106,64 ab	76,80 a	43,7 a	548 a	438 a
T2 - 0,000B	72,55 a ¹	22,25 a	101 a	113,25 a	76,74 a	43,5 a	550 a	443 a
T3 - 0,125	64,81 a	18,42 ab	89 b	116,12 a	76,24 a	41,7 a	559 a	449 a
T4 - 0,250	60,75 ab	19,33 ab	79 bc	92,71 abc	75,68 a	39,8 a	563 a	431 a
T5 - 0,500	47,84 bc	15,75 abc	69 c	75,72 bc	75,00 ab	39,4 a	516 a	396 a
T6 - 1,000	33,67 cd	13,83 bc	58 d	56,98 cd	73,14 bc	35,2 b	440 b	329 b
T7 - 2,000	22,07 de	9,58 cd	48 de	37,73 de	71,90 c	32,3 bc	371 b	275 c
T8 - 4,000	10,60 e	4,92 d	39 e	18,62 e	71,40 c	29,6 c	231 c	170 d
Coefficiente Variación (0/o)	15,2	24,9	7,5	23,2	1,4	5,1	7,6	5,9

1: Relación granos avena contaminados/granos trigo.

2: El valor de F fue significativo para $\alpha = 0,01$ en todas las variables estudiadas. Los promedios para cada variable, con igual letra no presentan diferencias significativas según Duncan, para $P = 0,01$.

CUADRO 2. Efecto de concentraciones de inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* en la espiga y valores de microsedimentación de un trigo

TABLE 2. Effect of different inoculum concentrations of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* on heads and microsedimentation values of a wheat

Tratamiento Nivel Inóculo ¹	Granos / Espiga ²		Espigas Enfermas	Valor de Sedimentación
	Sana	Enferma		
T1 - 0,000	40	24	1,5	1,4
T2 - 0,000B	40	26	1,5	1,2
T3 - 0,125	42	26	14,0	1,2
T4 - 0,250	42	27	19,2	1,2
T5 - 0,500	39	25	26,2	1,0
T6 - 1,000	37	22	37,5	1,4
T7 - 2,000	36	22	35,0	1,1
T8 - 4,000	32	15	31,2	1,4

¹ Relación granos de avena contaminados/granos de trigo.

² Promedio de 20 espigas, excepto en tratamiento 1 y 2 con menos de 20 espigas enfermas.

chacados, como algunos autores han usado (Gerlagh 1968; Weller y Cook, 1983).

CONCLUSIONES

A fin de estudiar el comportamiento de variedades y líneas experimentales de trigo frente a mal del pie, es

posible seleccionar una dosis de inóculo de *G. graminis* var. *tritici* usando una tasa de granos de avena contaminados en relación a la dosis de semilla de trigo, a fin de lograr una población uniforme y conocida del patógeno en el suelo. La dosis escogida debe ser capaz de producir efectos y síntomas confiables en plantas, que sean más fáciles de apreciar y medir, tales como rendimiento de grano, altura de planta, espigas por superficie y espigas enfermas.

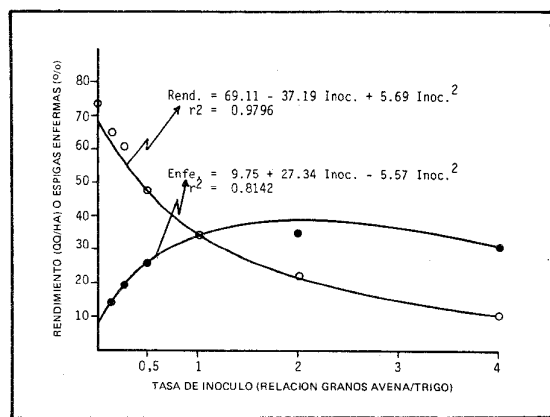


FIGURA 1. Rendimiento grano y %/o espigas enfermas vs. tasa de inóculo *G. graminis* var. *tritici*.

FIGURE 1. Yield and %/o diseased heads vs. rate of inoculum of *G. graminis* var. *tritici*.

En observaciones de campo ha sido posible detectar que existe cierta forma de tolerancia de genotipos de trigo frente a mal del pie. Sin embargo, sólo la cuidadosa manipulación del nivel de *G. graminis tritici* en el suelo podrá aclarar si el mayor rendimiento de grano de estos genotipos corresponde a tolerancia real, o bien a un simple escape, en ausencia de suficiente inóculo.

RESUMEN

En la Estación Experimental Quilamapu (INIA) Chile, se efectuó un ensayo de campo con el fin de estudiar la posibilidad de infectar, en forma uniforme y con una cantidad conocida de *G. graminis* var. *tritici*, un cultivo de trigo, al momento de la siembra, y de esta forma, calibrar el nivel de inóculo que permita evaluar las pérdidas de rendimiento y los cambios en diferentes características agronómicas de las plantas.

Los datos permitieron concluir que es posible usar el método de avena contaminada con este hongo. A su vez, se pudo comprobar la extrema patogenicidad del

aislamiento del hongo utilizado, el cual en condiciones extremas (tasa de 4 granos de avena por 1 grano de semilla de trigo), redujo en 85% el rendimiento en grano y en 70% el peso del hectolitro.

También se determinó que una dosis de inóculo equivalente a un grano de avena contaminada por un grano de trigo, sería suficiente para producir daño significativo sobre el rendimiento de grano y otras características agronómicas. Por lo tanto, se recomienda esta dosis con fines de selección de germoplasma frente a mal del pie.

LITERATURA CITADA

- BRUEHL, G.W. 1967. Diseases other than rust, smut and virus. En: Quisenberry, K.S. (Ed.). Wheat and wheat improvement. Madison Wisconsin, American Society of Agronomy, Serie Agronomy Nº 13: 379-381.
- GERLAGH, M. 1968. Introduction of *Ophiobolus graminis* into new polders and its decline. Netherlands Journal of Plant Pathology 74, Suppl. 2. 97 p.
- KLOPPER, J.M.; LEONG, J.; TEINTZE, M.; and SCHROTH, M.N. 1980. Pseudomonas siderophones: A mechanism explaining disease suppressive soils. Current Microbiology 4: 317-320.
- LEONARD, H. and MARTIN, H. 1963. Cereal Crops. New York, Macmillan, p: 404-405.
- MELLADO, M. 1984. Mal del pie en cereales. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu 17: 21-24.
- NILSSON, H.E. 1973. Varietal differences in resistance to take-all disease of winter wheat. Swedish J. Agric. Res. 3: 89-93.
- ROVIRA, A.D. 1977. Manipulation of the level of take-all disease in the field by inoculation. Proceeding of the Australian Plant Pathology Society Workshop. 29-31 August 1977, Lincoln College, New Zealand.

- SCOTT, P.R. 1969. Control of survival of *Ophiobolus graminis* between consecutive crops of winter wheat. Ann. Appl. Biol. 63: 37–43.
- SCOTT, B.D. 1980. Foot and root rot disease of wheat: take-all. Plant Protection Research Institute, Pretoria.
- TOTTMAN, D.R. and DAVIES, E.P. 1978. The effect of herbicides on the root system of wheat plants. Ann. Appl. Biol. 90: 93–99.
- WESTE, G. 1975. Comparative pathogenicity of root parasites to wheat seedlings. Transactions British Mycological Society 64 (1): 43–53.
- WELLER, D.M. and COOK, R.J. 1983. Suppression of take-all of wheat by seed treatment with fluorescent pseudomonads. Phytopathology 73: 463–469.