

EFFECTIVIDAD DE DIFERENTES DESINFECTANTES DE SEMILLA SOBRE LA PUDRICIÓN RADICAL (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) DEL TRIGO EN EL SUR DE CHILE¹

Effectiveness of different seed fungicides on the take-all disease (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) of wheat in Southern Chile

Orlando Andrade V.²*

ABSTRACT

Fifteen field trials were carried out between 1997 and 2001 in the IX Region of Southern Chile, with the purpose of evaluate the effectiveness of different seed fungicides on take-all disease (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) of wheat (*Triticum aestivum* L.), under artificial inoculation. A number of the trials were conducted in previously sterilized soil and the others in natural soil. The results indicated that the active ingredients triticonazole in 12 out of 15 field trials and applied at a rate of 120 g a.i. 100 kg⁻¹ of seed, triadimenol in 8 out of 13 field trials at a rate of 30 g a.i. 100 kg⁻¹ of seed, and silthiofam in a single field trial at a rate of 25-31.25 g a.i. 100 kg⁻¹ of seed were effective in delaying and/or diminishing the infection caused by this pathogen, which translated into a significant increase in yield and grain quality, in comparison to the untreated control. A fourth disinfectant, fenbuconazole, at a dosage of 24-30 g a.i. 100 kg⁻¹ of seed, was able to diminish the damage caused by the infection, but to a lesser extent. On the contrary, active ingredients like difenoconazole and benomyl did not reduce the infection nor the damage caused by take-all infection.

Key words: take-all, root rot, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, wheat, *Triticum aestivum* L., fungicides.

RESUMEN

Quince ensayos de campo fueron realizados entre los años 1997 y 2001, en la IX Región de Chile, con el propósito de evaluar la efectividad de diferentes desinfectantes de semilla en la disminución del daño causado por la pudrición radical (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) del trigo (*Triticum aestivum* L.), bajo condiciones de inoculación artificial. Parte de los ensayos se realizaron en suelo previamente esterilizado, y otros en suelo natural. Los resultados obtenidos permitieron determinar que los ingredientes activos triticonazole, en 12 de 15 ensayos y en dosis de 120 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, triadimenol en 8 de 13 ensayos y dosis de 30 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, y silthiofam en una única evaluación y en dosis de 25-31,25 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, lograron retardar y/o disminuir la infección causada por este patógeno, lo cual se tradujo en un aumento significativo del rendimiento y la calidad del grano, en comparación al testigo sin desinfectante. Un cuarto desinfectante, fenbuconazole, en dosis de 24-30 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, logró disminuir el daño causado por la enfermedad, pero en un nivel inferior a los anteriores. Por el contrario, los ingredientes activos difenoconazole y benomil, no lograron disminuir la infección ni el daño causado por la enfermedad.

Palabras clave: mal del pie, pudrición radical, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, trigo, *Triticum aestivum* L., fungicidas.

¹ Recepción de originales: 11 de octubre de 2002.

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile.
E-mail: oandrade@carillanca.inia.cl *Autor para correspondencia.

INTRODUCCIÓN

La pudrición radical del trigo (*Triticum aestivum* L.), causada por el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Ggt), es una de las más severas enfermedades que afectan a este cultivo, en la mayoría de las áreas productoras de trigo del mundo (Huber y McCay-Buis, 1993). Una estimación de las pérdidas causadas por esta enfermedad en el Reino Unido, basado en estudios efectuados hacia fines de los años 80, señalan valores de £16-55 millones anuales (Hornby, 1998). A pesar de haber transcurrido más de 150 años desde la primera descripción de la enfermedad en el sur de Australia (Butler, 1961, citado por Garret, 1980), esta patología aún no cuenta con medidas de control efectivas (Hornby, 1998).

La zona sur de Chile, principal zona productora de trigo del país, es fuertemente afectada por la pudrición radical, particularmente en las áreas de suelos Andisoles de la IX y X regiones. Las escasas alternativas de cultivos para incluir en las rotaciones, sumado a la disminución de las siembras de raps (*Brassica napus* var. *oleraceae*) a partir del año 2000, permiten pronosticar un aumento de este problema fitopatológico.

Con el desarrollo de productos fungicidas sistémicos, el control químico del patógeno surgió como una interesante alternativa hacia mediados de los años 80. Sin embargo, a pesar de algunos avances reportados en esta área de la investigación (Bateman, 1980; Mathre *et al.*, 1986; Ballinger y Kollmorgen, 1986a, Andrade, 1995), la situación relacionada con el control químico de Ggt es aún insatisfactoria (Hornby, 1998). La mayor parte de los trabajos relacionados con el control químico de la pudrición radical han estado dirigidos a los tratamientos de la semilla, aun cuando tratamientos al suelo con esterilizantes (Heim *et al.*, citados por Hornby, 1998), tratamientos con fungicida al suelo (Bateman, 1981; Bateman y Nicholls, 1982; Ballinger y Kollmorgen, 1988; Andrade, 1995), y tratamientos foliares (Hornby, 1998) también han sido reportados con un éxito variable.

Los primeros trabajos relacionados con la evaluación de desinfectantes de semilla, sobre la expresión de la pudrición radical del trigo en la IX Región de Chile, se iniciaron el año 1984 en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco. Parte de estos trabajos dieron como resultado el desarrollo de un producto granular al suelo, el cual logró reducir significativamente la infección de Ggt y aumentar los rendimientos en trigo (Andrade, 1995). Los trabajos han continuado en forma periódica, evaluando los nuevos productos introducidos en el mercado.

En el presente trabajo se dan a conocer los resultados y avances obtenidos en la evaluación de diferentes desinfectantes de semilla, sobre la disminución del daño causado por la pudrición radical del trigo en la IX Región de Chile, entre los años 1997 y 2001.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron entre los años 1997 y 2001, bajo las condiciones y en las localidades resumidas en el Cuadro 1.

Todos los ensayos se efectuaron bajo inoculación artificial del agente causal de la pudrición radical (Ggt), con un mismo aislamiento obtenido en Carillanca, el cual se reaisló anualmente desde plantas severamente afectadas provenientes de los mismos ensayos. El inóculo consistió en partículas de granos de avena (*Avena sativa* L.), de 0,5-1,0 mm, colonizados por el agente causal, preparado según se describe en Campillo *et al.* (2001). Al momento de la siembra, el inóculo se distribuyó manual e individualmente con una misma dosis de 0,5 g m⁻¹ lineal, en los ensayos en suelo esterilizado, y de 1 g m⁻¹ lineal en los ensayos realizados en suelo natural sin esterilizar. En cada ensayo se consideraron dos testigos sin fungicida, uno de los cuales se estableció sin inóculo.

Todos los tratamientos con fungicidas a la semilla se prepararon en laboratorio, en forma individual, en matraces de vidrio, adicionando previamente

Cuadro 1. Antecedentes generales de los ensayos realizados en cada una de las cuatro temporadas agrícolas.
Table 1. General information about the trials carried out in each of the four agricultural seasons.

Antecedentes de los ensayos	Temporada			
	1997/98	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Localidad, coordenadas geográficas, y N° de ensayos	INIA-Carillanca ^a : 38°41' lat. Sur, 72°25' long. Oeste 2 ensayos	INIA-Carillanca ^a : 1 ensayo	INIA-Carillanca ^a : 1 ensayo	INIA-Carillanca ^a : 5 ensayos Quino ^b : 38°18' lat. Sur, 72°30' long. Oeste 3 ensayos Lliuco ^b : 38°43' lat. Sur, 72°25' long. Oeste 3 ensayos
Variedad de trigo	Renaico-INIA en ambos	Renaico-INIA	Dalcahue-INIA	Dalcahue-INIA en todos
Esterilización de suelo	Ambos ensayos	Sin esterilizar	Esterilizado	Ensayos 5 y 6 solamente
Inoculación (Ggt) ^c	Artificial	Artificial	Artificial	Artificial
Fechas de siembra	Ensayo 1: 8 de agosto Ensayo 2: 28 de agosto	Ensayo 3: 19 de julio	Ensayo 4: 21 agosto	Carillanca: Ensayo 5: 17 de agosto. Ensayo 6: 26 de junio. Ensayo 7 y 8: 8 de agosto Ensayo 9: 5 de agosto Quino: Ensayo 10 y 12: 27 de julio. Ensayo 11: 26 de julio. Lliuco: Ensayo 13 y 14: 10 de agosto. Ensayo 15: 9 de agosto.
Fertilización (kg ha ⁻¹)	NPK: 200-180-100	NPK: 180-200-150	NPK: 200-200-100	NPK: 210-200-110
Diseño experimental	Bloques completos al azar	Bloques completos al azar	Bloques completos al azar	Bloques completos al azar
N° de repeticiones	4	4	4	Ensayos 5 y 6: 4 Ensayos 7 al 15: 3
Fecha de cosecha	28 y 29 enero	24 de enero	19 de febrero	Carillanca: 21 febrero Quino: 15 y 16 enero Lliuco: 21 y 22 de enero

^a INIA Carillanca: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Carillanca.

^b INIA-Carillanca y Lliuco: Suelo franco limoso de la Serie Vilcún, miembro de la Familia medial, mésica de los Pachic Melanudands (Andisol).

Quino: Suelo franco arcillo limoso de la Serie Perquenco, miembro de la Familia medial, mésica de los Typic Durudands (Andisol).

^c Ggt: *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*.

agua a razón de 1% v/p de semilla, agregando las dosis del producto químico a evaluar, agitando por 4 min y dejando secar sobre papel "kraft" limpio a temperatura ambiente por 60 min. La siembra de la semilla así tratada se efectuó manual e individualmente por surco. Los tratamientos con triadimenol al suelo se aplicaron al momento de la siembra, pesando previamente en sobres individuales la cantidad de producto por surco de siembra, y distribuyendo manualmente al surco de siembra. Los fungicidas evaluados en estos ensayos fueron: triadimenol (Atrizan 0,375 CG) al suelo, triadimenol (Baytan 150 FS) a la semilla, triticonazole (Real 200 SC) a la semilla, difenoconazole (Dividend 3 DS/WS) a la semilla, benomil (Benlate 50 WP) a la semilla, fenbuconazole (Indar Flo) a la semilla y silthiofam (Latitude 125 SC) a la semilla.

Las unidades experimentales de los ensayos realizados en suelo esterilizado con dazomet (Basamid G), consistieron en seis surcos de 5 m de largo, y con 0,2 m entre surcos (6 m² por parcela). La esterilización del suelo consistió en la preparación previa del mismo con un rotocultivador (Gravely, Professional 10, Clemmons, North Carolina, USA) para ensayos, el estacado y sectorización de la parcela con lienza, la distribución manual de 60 g m⁻² del producto previamente pesado, por cada sector delimitado, la inmediata incorporación del esterilizante con el rotocultivador, el sellado del suelo con una pasada de rodón y la aplicación de un riego superficial por aspersión. El suelo así tratado se dejó por 30 días. Al cabo de este período, el suelo se removió nuevamente con rotocultivador y se dejó airear por 7 días, previo a la siembra de los ensayos. Las parcelas de los ensayos efectuados en suelo natural, consistieron en cinco surcos de 3 m de largo, con 0,2 m entre surcos (4 m² por parcela). Se emplearon las variedades de trigo alternativo Renaico-INIA y Dalcahue-INIA, ambas susceptibles a la pudrición radical como todas las variedades de trigo existentes en la actualidad. En todos los casos se empleó una dosis de semilla equivalente a 180 kg ha⁻¹.

Todos los ensayos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar, con 3 ó 4 repeticiones según se indica en el Cuadro 1. Los ensayos 1

al 6 corresponden a convenios de investigación suscritos entre 1997 y 2001, por el INIA y diferentes empresas de agroquímicos. Los ensayos 7 al 15 corresponden a parte de los trabajos realizados a través de un Proyecto FONDECYT durante la temporada 2001/02, en el cual se evaluó la acción complementaria de fungicidas a la semilla y agentes de control biológico en tres localidades de la IX Región. Los datos presentados corresponden a los tratamientos incorporados como testigos en cada uno de esos ensayos.

El manejo de los ensayos fue de acuerdo a las recomendaciones del cultivo para la zona, fertilizados según los análisis de suelo, con salitre sódico, superfosfato triple y muriato de potasio en las dosis indicadas en el Cuadro 1. El control de malezas se efectuó mayoritariamente con metsulfuron metil, MCPA, dicamba y aceite. Se previno la presencia de enfermedades de la hoja con una aplicación foliar de tebuconazole + triadimenol (Matador 375 EC) en dosis de 500 mL ha⁻¹, o de epoxiconazol + carbendazima (Duett) en dosis de 1 L ha⁻¹, entre aparición de hoja bandera y espigadura.

En la evaluación de los ensayos se consideró: notas de infección radical, en base a una escala de 0-100%, dentro de los 60-108 días de sembrados los ensayos, para observar el efecto protector inicial de los tratamientos, seleccionando al azar 20 plantas desde cada parcela, en cada repetición, lavando las raíces con brocha fina bajo agua corriente, colocándolas posteriormente sobre una bandeja con agua y un papel blanco corriente de fondo, y determinando el porcentaje de área radical afectada en cada planta; el número de espigas totales m⁻² y el número o porcentaje de espigas blancas m⁻²; el rendimiento de grano limpio por parcela, en base a una superficie cosechada de 3 y 4 m² para las parcelas de 5 y 6 m², respectivamente; el peso del hectolitro y el peso de 1.000 granos en base a dos muestras de 100 granos cada una, para cada repetición.

Las parcelas se cosecharon con una trilladora mecánica (Wintersteiger NM-Elite, Gesellschaft M.B. & Co., Austria) para ensayos, auto propulsada, eliminando previamente 50 cm en los frentes de las parcelas y las dos hileras bordes.

El análisis estadístico de los datos consideró ANDEVA y prueba de comparación múltiple. El análisis de los datos de porcentaje de infección radical consideró además la transformación de los valores a raíz cuadrada, previo al análisis estadístico, con el propósito de homogeneizar las varianzas.

RESULTADOS

Temporada 1997/98

Ensayo 1 (Localidad Carillanca). Se presentó una temprana y fuerte infección, detectándose plantas con síntomas de pudrición radical a los 40-45 días de sembrado el ensayo. La disminución de rendimiento, del peso del hectolitro y del peso de grano, obtenido de la diferencia entre el testigo inoculado y aquel sin inocular, fue de 79,7; 4,0 y 10,6%, respectivamente (Cuadro 2), todos ellos con diferencias significativas ($P \leq 0,01$) entre ambos testigos. El menor índice de infección a los 108 días de sembrado el ensayo, correspondió al tratamiento con triticonazole a la semilla y a triadimenol al suelo. Ambos tratamientos obtuvieron, además, un rendimiento de grano significativamente superior ($P \leq 0,05$) al testigo sin desinfección e inoculado, y a los res-

tantes fungicidas. Los mismos fungicidas, junto con triadimenol a la semilla, obtuvieron además el mayor número de espigas a la cosecha.

Respecto de la calidad del grano, ninguno de los tratamientos a la semilla o al suelo logró aumentar el peso del hectolitro como tampoco el peso de grano, respecto de los valores obtenidos por el testigo sin tratar e inoculado.

La menor efectividad en disminuir la infección, y en aumentar la productividad y calidad de grano, correspondió a los ingredientes activos difenoconazole y benomil. Por el contrario y como era esperable, el testigo sin inocular obtuvo la menor infección y los mayores valores de rendimiento, peso de grano y número de espigas a la cosecha.

Ensayo 2 (Localidad Carillanca). Al igual que en el ensayo 1, se presentó una infección temprana y severa. Las notas de infección radical registrada a los 108 días de sembrado el ensayo no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos fungicidas, pero sí entre éstos y el testigo sin infección. La disminución de rendimiento, peso del hectolitro y peso de grano, obte-

Cuadro 2. Parámetros de infección y productividad de grano del trigo del ensayo 1. Localidad Carillanca. Temporada 1997/98^a.

Table 2. Infection and grain productivity parameters of wheat from trial 1. Location Carillanca. Season 1997/98^a.

Tratamientos	Dosis	Inóculo Ggt ^b	Infección radical a 108 días de la siembra (%) ^c	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas a cosecha (N° m ⁻²)
	(g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla o ha ⁻¹)						
Triadimenol al suelo	300	+	50,1 bc	3,03 bc	77,2 c	36,6 c	228 bc
Difenoconazole a la semilla	24	+	66,2 ab	1,88 d	79,5 abc	40,9 b	154 d
Triadimenol a la semilla	30	+	69,4 a	2,26 cd	81,3 ab	40,0 bc	226 bc
Triticonazole a la semilla	60	+	43,1 c	3,26 b	81,6 ab	41,9 b	243 b
Benomil a la semilla	100	+	65,3 ab	2,17 d	79,9 abc	40,9 b	175 cd
Testigo sin fungicida	0	+	70,8 a	1,94 d	78,9 bc	41,4 b	169 cd
Testigo sin fungicida	0	-	12,3 d	9,58 a	82,2 a	46,3 a	421 a

^a Convenio de Investigación Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Bayer de Chile S.A.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en 4 repeticiones. Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

nido de la diferencia entre el testigo inoculado y aquel sin inocular, fue de 64,2; 2,8 y 3,9%, respectivamente (Cuadro 3), con diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) en el caso del rendimiento. Los parámetros de calidad de grano, peso del hectolitro y peso de grano, sólo fueron levemente afectados por la enfermedad. El número total de espigas a la cosecha, al comparar ambos testigos, disminuyó en 25%, con diferencias significativas solamente entre los tratamientos fungicidas y el testigo sin inóculo.

El tratamiento con la dosis mayor de triticonazole a la semilla fue el único que aumentó significativamente ($P \leq 0,05$) el rendimiento, por sobre el testigo inoculado y los restantes tratamientos fungicidas. Ninguno de los parámetros de calidad de grano fueron incrementados por los tratamientos fungicidas. El testigo sin inocular, como era esperable, mostró la menor infección y los mayores valores de rendimiento, peso de grano y número de espigas a la cosecha.

Temporada 1999/2000

Ensayo 3 (Localidad Carillanca). En esta temporada el nivel de infección fue inicialmente alto, con una significativa clorosis de las plantas. Sin embargo, producto de las condiciones climáticas, caracterizadas por una abundante pluviometría invernal, un período sin lluvias a partir del mes de

septiembre, y altas temperaturas registradas durante el mes de octubre, se apreció una anormal recuperación de las plantas, con el desarrollo de abundantes macollas tardías, una escasa presencia de espigas blancas y un alto número de espigas a cosecha. Al comparar los tratamientos testigos con y sin inóculo, se observa que lo anterior se tradujo en una disminución del rendimiento de sólo un 19,8%, mientras que la calidad del grano sólo fue levemente afectada en el caso del peso del grano (Cuadro 4). La infección radical registrada a los 100 días de sembrado el ensayo, mostró una significativa disminución de los síntomas en el caso de los tratamientos con triticonazole, triadimenol a la semilla y la dosis alta de fenbuconazole. El número de espigas blancas no mostró diferencias entre los tratamientos.

Los tratamientos con triadimenol al suelo y triticonazole a la semilla lograron aumentar significativamente ($P \leq 0,05$) el rendimiento, en relación al testigo sin fungicida e inoculado (Cuadro 4). Los tratamientos con fenbuconazole y triadimenol a la semilla obtuvieron un rendimiento estadísticamente similar al testigo inoculado. Tanto triadimenol al suelo como triticonazole a la semilla lograron un peso de grano significativamente más alto ($P \leq 0,05$) que el obtenido por el testigo sin fungicida e inoculado.

Cuadro 3. Parámetros de infección y productividad de grano de trigo del ensayo 2. Localidad Carillanca. Temporada 1997/98^a.

Table 3. Infection and grain productivity parameters of wheat from trial 2. Location Carillanca. Season 1997/98^a.

Tratamientos	Dosis	Inóculo Ggt ^b	Infección radical a 108 días de la siembra (%) ^c	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas a cosecha (Nº m ⁻²)
	(g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla o ha ⁻¹)						
Triticonazole a la semilla	60	+	54,4 a	3,10 bc	78,8 cd	37,5 bc	282 b
Triticonazole a la semilla	120	+	56,3 a	3,59 b	80,7 bc	41,2 a	287 b
Triadimenol al suelo	300	+	48,4 a	2,75 c	78,2 d	37,0 c	242 b
Difenoconazole a la semilla	24	+	59,4 a	2,70 c	80,8 bc	40,3 ab	236 b
Testigo sin fungicida	0	+	70,0 a	2,65 c	81,3 ab	41,5 a	263 b
Testigo sin fungicida	0	-	13,8 b	7,40 a	83,6 a	43,2 a	351 a

^a Convenio de Investigación Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Rhone Poulenc Agro Ltda.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en 4 repeticiones. Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

El testigo sin inóculo no expresó lo esperado, esto es, menores indicadores de infección y mayores indicadores productivos y de calidad de grano, producto de la variación inducida por las condiciones climáticas de esta temporada en la expresión de la enfermedad.

Temporada 2000/01

Ensayo 4 (Localidad Carillanca). El nivel de infección en esta temporada fue medio-alto. La

disminución de rendimiento, en base a la diferencia observada entre el testigo inoculado y sin inocular, fue de 46,9%, mientras que el peso del hectolitro y peso de grano disminuyeron en un 6,3 y 16,5%, respectivamente, por efecto de la infección (Cuadro 5). Todos los parámetros, tanto de infección como de rendimiento y calidad de grano, resultaron significativamente ($P \leq 0,05$) afectados por la enfermedad.

Cuadro 4. Parámetros de infección y productividad de grano de trigo del ensayo 3. Localidad Carillanca. Temporada 1999/2000^a.

Table 4. Infection and grain productivity parameters of wheat from trial 3. Location Carillanca. Season 1999/2000^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla o ha ⁻¹)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical a 100 días de la siembra (%) ^c	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas a cosecha (N ^o m ⁻²)	Espigas blancas (%)
Fenbuconazole a la semilla	18	+	22,4 abc	4,58 ab	81,7 a	63,7 ab	197,5 a	4,6 b
Fenbuconazole a la semilla	24	+	15,2 bcd	5,10 ab	80,8 a	65,9 ab	148,9 a	7,9 ab
Triadimenol al suelo	300	+	19,5 abcd	5,41 a	81,9 a	68,0 a	157,9 a	7,8 ab
Triadimenol a la semilla	30	+	12,0 cd	5,12 ab	81,2 a	66,2 ab	190,4 a	8,1 ab
Triticonazole a la semilla	120	+	9,3 cde	5,43 a	82,0 a	68,1 a	182,3 a	4,6 b
Difenoconazole a la semilla	24	+	24,7 ab	3,77 ab	81,8 a	59,7 ab	126,2 a	5,4 b
Testigo sin fungicida	0	+	29,4 a	3,65 b	81,7 a	59,1 b	130,5 a	8,3 ab
Testigo sin fungicida	0	-	3,8 e	4,55 ab	80,9 a	63,2 ab	174,5 a	10,8 a

^a Convenio de Investigación Instituto de Investigaciones Agropecuarias–Agrícola Nacional S.A.C. e I.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en 4 repeticiones. Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

Cuadro 5. Parámetros de infección y productividad de grano de trigo del ensayo 4. Localidad Carillanca. Temporada 2000/01^a.

Table 5. Infection and grain productivity parameters of wheat from trial 4. Location Carillanca. Season 2000/01^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical a 97 días de la siembra (%) ^c	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas blancas (%)
Fenbuconazole	24	+	39,9 a	4,89 cd	80,0 abc	36,0 bc	8,5 bc
Fenbuconazole	30	+	43,8 a	5,12 c	80,1 abc	35,8 bc	8,3 bc
Triadimenol	30	+	35,7 a	5,80 bc	80,2 abc	37,7 bc	3,2 bc
Triticonazole	120	+	29,6 a	6,31 b	81,0 ab	37,8 b	2,6 bc
Testigo sin fungicida	0	+	50,7 a	4,07 d	77,2 c	34,8 c	18,3 a
Testigo sin fungicida	0	-	0,2 b	7,66 a	82,4 a	41,7 a	0,8 c

^a Convenio de Investigación Instituto de Investigaciones Agropecuarias–Agrícola Nacional S.A.C. e I.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en 4 repeticiones. Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

La infección radical observada a los 97 días de sembrado el ensayo, indicó que todos los tratamientos a la semilla presentaron un valor levemente inferior al testigo sin fungicida e inoculado, pero sin diferencias significativas. Hacia la cosecha, la presencia de espigas blancas alcanzó un 18% en el testigo inoculado. Todos los tratamientos fungicidas disminuyeron significativamente ($P \leq 0,05$) este parámetro de infección, en comparación al testigo sin fungicida e inoculado, sin detectarse diferencias significativas entre ellos.

En relación al rendimiento (Cuadro 5), todos los tratamientos lograron reducir el impacto de la enfermedad, en comparación al testigo sin fungicida e inoculado. Sin embargo, los ingredientes activos triticonazole y triadimenol lograron el mayor aumento de rendimiento. En segundo lugar se ubicó la dosis alta de fenbuconazole. Respecto de la calidad de grano, solamente triticonazole logró un aumento significativo de ambos parámetros, peso del hectolitro y peso de grano, en comparación al testigo sin fungicida e inoculado. Los restantes tratamientos lograron sólo un leve aumento de este parámetro, sin detectarse diferencias significativas entre ellos.

Temporada 2001/02

Ensayo 5 (Localidad Carillanca). El nivel de infección en esta temporada fue alto. La disminu-

ción de rendimiento, obtenida por la diferencia entre ambos testigos, fue de un 57%, mientras que el peso del hectolitro y peso de grano se afectaron en un 5,3 y 1,9%, respectivamente (Cuadro 6). Sólo el rendimiento presentó diferencias altamente significativas entre ambos testigos. A los 60 días de sembrado el ensayo, los menores índices de infección radical correspondieron a los tratamientos con triadimenol y triticonazole, con valores significativamente más bajos ($P \leq 0,05$) que el testigo sin fungicida e inoculado y que el tratamiento con fenbuconazole. Hacia la cosecha, la presencia de espigas blancas alcanzó un 32% en el testigo, mientras que los tratamientos con triadimenol y triticonazole presentaron valores de 19,7 y 14,6%, respectivamente, ambos significativamente más bajos ($P \leq 0,05$) que el testigo inoculado.

El rendimiento reflejó la mayor efectividad de los tratamientos con triadimenol y triticonazole, los cuales aumentaron significativamente ($P \leq 0,05$) este parámetro respecto del testigo sin fungicida e inoculado y del tratamiento con fenbuconazole (Cuadro 6). Los parámetros de calidad, peso del hectolitro y peso de grano, no reflejaron el efecto de la infección.

Sólo en el tratamiento con triticonazole aumentó significativamente ($P \leq 0,05$) el número total de espigas a cosecha, respecto del testigo infectado,

Cuadro 6. Parámetros de infección y productividad de grano de trigo del ensayo 5. Localidad Carillanca. Temporada 2001/02^a.

Table 6. Infection and grain productivity parameters of wheat from trial 5. Location Carillanca. Season 2001/02^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical a 60 días de la siembra (%) ^c	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas a cosecha (Nº m ⁻²)	Espigas blancas (%)
Fenbuconazole	24	+	11,9 a	3,68 c	76,15 a	31,8 a	624 bc	32,7 a
Triadimenol	30	+	1,3 cd	5,24 b	76,20 a	30,3 a	664 bc	19,7 bc
Triticonazole	120	+	3,5 bc	5,20 b	75,59 a	29,7 a	695 ab	14,6 c
Testigo sin fungicida	0	+	7,1 ab	3,21 c	75,11 a	31,6 a	579 c	32,0 ab
Testigo sin fungicida	0	-	0 d	7,46 a	79,32 a	32,2 a	773 a	0,1 d

^a Convenio de Investigación Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Agrícola Nacional S.A.C. e I.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en 4 repeticiones. Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

con un valor incluso similar al testigo sin inocular. Los restantes tratamientos a la semilla no lograron superar al testigo inoculado, el cual obtuvo la menor infección y los mayores valores de rendimiento y número de espigas a la cosecha.

Ensayo 6 (Localidad Carillanca). El grado de infección observado en este ensayo fue de nivel medio. Al comparar ambos testigos, se observa que el rendimiento disminuyó en un 25%, mientras que el peso del hectolitro y peso de grano se afectaron en un 3,3 y 13,9%, respectivamente (Cuadro 7). Tanto el rendimiento como los parámetros de calidad de grano fueron significativamente afectados por la enfermedad. A los 100 días de sembrado el ensayo, todos los tratamientos fungicidas mantenían un índice de infección radical significativamente inferior ($P \leq 0,01$) al testigo sin fungicida e inoculado. El menor índice de infección a esta fecha correspondió a la dosis mayor del ingrediente activo silthiofam. En la evaluación de infección radical efectuada hacia fines del mes de diciembre, solamente los dos tratamientos con silthiofam lograron mantener un índice de infección significativamente inferior ($P \leq 0,01$) al testigo sin fungicida e inoculado y al tratamiento con triticonazole. Hacia la cosecha, la presencia de espigas blancas alcanzó un 16,4% en el testigo

inoculado, mientras que los tratamientos con silthiofam y triticonazole presentaron valores de 5,9 - 8,8 y 4,7%, respectivamente, todos ellos significativamente más bajos ($P \leq 0,05$) que el testigo inoculado.

El rendimiento reflejó la efectividad de los tratamientos fungicidas a la semilla, todos los cuales aumentaron significativamente ($P \leq 0,01$) este parámetro en comparación al testigo sin fungicida e inoculado. No se detectaron diferencias estadísticas entre los ingredientes activos, como tampoco entre éstos y el testigo sin inóculo. La efectividad de los tres tratamientos fungicidas se reflejó igualmente en los parámetros de calidad de grano, aumentando significativamente ($P \leq 0,01$) el peso del hectolitro y el peso del grano en comparación al testigo sin fungicida e inoculado. No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos fungicidas.

El número total de espigas a la cosecha fue levemente afectado por la enfermedad, no observándose diferencias significativas entre los tratamientos fungicidas y el testigo inoculado. Solamente el tratamiento con triticonazole obtuvo un número total de espigas significativamente inferior a los tratamientos con silthiofam.

Cuadro 7. Parámetros de infección y de productividad de grano de trigo del ensayo 6. Localidad Carillanca. Temporada 2001/02^a.

Table 7. Infection and grain productivity parameters of wheat from trial 6. Location Carillanca. Season 2001/02^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical a 100 días de la siembra (%) ^c	Infección radical a 30 días de la siembra (%) ^c	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas a cosecha (N° m ⁻²)	Espigas blancas (%)
Silthiofam	25,0	+	4,0 b	6,0 b	6,72 a	81,20 a	41,7 a	423 a	5,9 c
Silthiofam	31,25	+	1,6 b	6,8 b	6,61 a	81,15 a	40,5 ab	411 a	8,8 bc
Triticonazole	120	+	4,2 b	27,4 a	6,76 a	81,25 a	39,8 b	368 b	4,7 c
Testigo sin fungicida	0	+	23,8 a	41,3 a	4,75 b	78,18 b	34,8 c	394 ab	16,4 a
Testigo sin fungicida	0	-	3,5 b	37,6 a	6,34 a	80,85 a	40,4 ab	416 a	10,5 b

^a Convenio de Investigación Instituto de Investigaciones Agropecuarias-MOVIAGRO S.A.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en 4 repeticiones. Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

Ensayos 7, 8 y 9 (Localidad Quino). El grado de infección observado en los tres ensayos fue de nivel medio. Al comparar los testigos con y sin inóculo se observa que el rendimiento disminuyó en un 23,6% en promedio, mientras que el peso del hectolitro y peso de grano prácticamente no se afectaron (Cuadro 8). A los 100 días de sembrados los ensayos el nivel de infección radical era entre 4 y 30%. Todos los tratamientos sin inoculación, con o sin fungicida a la semilla, presentaron muy bajos niveles de infección, variables entre 0 y 8%. El fungicida triticonazole disminuyó significativamente ($P \leq 0,05$) la infección radical a esa fecha en dos de los ensayos, mientras que triadimenol sólo en uno de ellos. Hacia la cosecha, el porcentaje de espigas blancas varió

entre 5 y 21% en el testigo sin fungicida e inoculado, reflejando un nivel de infección bajo a medio, respectivamente. Tanto triadimenol como triticonazole disminuyeron significativamente ($P \leq 0,01$) el número de espigas blancas en uno de los tres ensayos.

Sólo en uno de los tres ensayos se observó un significativo aumento del rendimiento por efecto del fungicida triadimenol, en relación al testigo sin fungicida e inoculado. En los dos ensayos restantes, la desinfección de semilla no se tradujo en un aumento significativo del rendimiento. Es importante observar que ninguno de los tratamientos fungicidas indujo por sí solo un aumento de este parámetro, en ausencia de infección.

Cuadro 8. Parámetros de infección y productividad de grano de los ensayos 7, 8 y 9. Localidad Quino. Temporada 2001/02^a.

Table 8. Infection, yield and grain quality parameters of wheat from trials 7, 8 and 9. Location Quino. Season 2001/02^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical ^c (%)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas totales (Nº m ⁻²)	Espigas blancas (%)
Ensayo 7								
Triadimenol	30	+	3,0 ac	5,33 bc	81,1 a	35,1 a	346 a	3,1 b
Triticonazole	120	+	2,7 a	5,70 ab	81,3 a	35,7 a	359 a	3,1 b
Triadimenol	30	-	0,8 a	6,36 a	80,7 a	36,2 a	340 a	1,8 b
Triticonazole	120	-	0,2 a	6,37 a	82,0 a	36,7 a	352 a	0,2 b
Testigo inoculado	0	+	3,6 a	4,80 c	79,8 a	34,8 a	360 a	12,9 a
Testigo sin inóculo	0	-	0 a	6,38 a	82,4 a	36,4 a	395 a	1,0 b
Ensayo 8								
Triadimenol	30	+	12,7 b	5,70 b	80,8 cd	36,0 a	358 a	5,9 a
Triticonazole	120	+	13,1 b	5,45 b	81,2 bc	35,5 a	359 a	8,0 a
Triadimenol	30	-	7,9 b	6,36 a	81,6 abc	36,8 a	378 a	1,7 a
Triticonazole	120	-	4,8 b	6,60 a	82,0 ab	36,4 a	362 a	2,0 a
Testigo inoculado	0	+	27,2 a	5,35 b	80,1 d	35,9 a	362 a	4,7 a
Testigo sin inóculo	0	-	0 c	6,69 a	82,2 a	36,7 a	386 a	1,4 a
Ensayo 9								
Triadimenol	30	+	21,3 a	4,00 b	78,1 a	31,4 a	351 a	17,8 a
Triticonazole	120	+	10,1 b	4,14 b	79,3 a	32,9 a	346 a	19,7 a
Triadimenol	30	-	2,6 c	5,67 a	81,4 a	35,4 a	371 a	3,0 a
Triticonazole	120	-	1,1 c	6,03 a	81,2 a	35,0 a	356 a	1,6 a
Testigo inoculado	0	+	29,7 a	3,76 b	77,7 a	31,6 a	343 a	21,7 a
Testigo sin inóculo	0	-	1,8 c	5,08 ab	80,0 a	32,8 a	389 a	13,4 a

^a Proyecto FONDECYT N°1000068.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada a los 90-100 días de efectuada la siembra, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en las 3 repeticiones.

Promedios con distinta letra indica que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

Ensayos 10, 11 y 12 (Localidad Lliuco). El grado de infección observado en los tres ensayos fue alto. Al comparar ambos testigos, con y sin inóculo, se observa que el rendimiento disminuyó en un 73% en promedio, mientras que el peso del hectolitro y peso de grano disminuyeron en 14 y 26,6%, respectivamente (Cuadro 9). A los 100 días de sembrados los ensayos, el nivel de infección radical era entre 38 y 55%, en los testigos sin fungicida e inoculados, respectivamente. Ambos tratamientos fungicidas a la semilla disminuyeron significativamente la infección radical hacia esa fecha, sólo en uno de los tres ensayos, en comparación al testigo sin fungicida e inoculado. Todos los tratamientos sin inoculación, con o sin fungicida a la semilla, presentaron niveles de

infección radical muy bajos, variables entre 0,5 y 2%. Hacia la cosecha, el porcentaje de espigas blancas varió entre 41 y 57% en el testigo sin fungicida e inoculado, reflejando un nivel de infección bastante alto. Ambos fungicidas disminuyeron significativamente ($P \leq 0,05$) el número de espigas blancas en los tres ensayos establecidos en esta localidad.

Los dos fungicidas a la semilla aumentaron significativamente ($P \leq 0,01$) el rendimiento en los tres ensayos, en relación al testigo sin fungicida e inoculado, sin diferencias estadísticas entre ellos. Respecto de la calidad del grano, ambos fungicidas aumentaron similar y significativamente ($P \leq 0,05$) el peso del hectolitro en dos de los tres ensayos, y

Cuadro 9. Parámetros de infección y productividad de grano de trigo de los ensayos 10, 11 y 12. Localidad Lliuco. Temporada 2001/02^a.

Table 9. Infection and grain productivity parameters of wheat from trials 10, 11 and 12. Location Lliuco. Season 2001/02^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical ^c (%)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas totales (N ^o m ⁻²)	Espigas blancas (%)
Ensayo 10								
Triadimenol	30	+	33,2 a	3,46 b	73,4 b	33,8 b	362 bc	30,8 ab
Triticonazole	120	+	32,5 a	3,24 b	74,1 b	31,2 bc	379 bc	25,2 b
Triadimenol	30	-	0,1 b	7,76 a	82,1 a	39,1 a	492 a	0,4 c
Triticonazole	120	-	1,8 b	8,16 a	82,0 a	40,1 a	469 ab	0,3 c
Testigo inoculado	0	+	40,4 a	1,95 c	70,8 b	29,0 c	318 c	41,6 a
Testigo sin inóculo	0	-	0,8 b	7,95 a	82,6 a	40,4 a	435 ab	0,7 c
Ensayo 11								
Triadimenol	30	+	21,1 c	4,15 b	75,9 b	34,3 b	312 b	18,1 c
Triticonazole	120	+	31,3 b	3,88 b	75,3 b	32,9 b	379 a	23,7 b
Triadimenol	30	-	1,3 d	7,57 a	82,0 a	40,9 a	405 a	0,3 d
Triticonazole	120	-	1,4 d	7,46 a	82,2 a	40,3 a	415 a	0 d
Testigo inoculado	0	+	55,5 a	1,66 c	69,3 c	27,7 c	277 b	46,9 a
Testigo sin inóculo	0	-	2,1 d	7,19 a	81,7 a	38,9 a	378 a	0 d
Ensayo 12								
Triadimenol	30	+	25,9 a	3,31 b	73,5 b	30,7 c	319 b	33,3 b
Triticonazole	120	+	25,2 a	3,50 b	74,7 b	31,2 bc	347 b	31,7 b
Triadimenol	30	-	0,5 b	6,13 a	80,3 a	34,2 a	414 a	0,1 c
Triticonazole	120	-	1,7 b	5,85 a	79,8 a	34,2 ab	398 a	0,6 c
Testigo inoculado	0	+	38,3 a	2,13 c	70,2 c	26,8 d	314 b	56,8 a
Testigo sin inóculo	0	-	2,1 b	6,21 a	80,7 a	34,8 a	420 a	0,5 c

^a Proyecto FONDECYT N°1000068.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada a los 90-100 días de efectuada la siembra, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en las 3 repeticiones.

Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS ($P < 0,05$).

el peso del grano en los tres ensayos. Ninguno de los tratamientos fungicidas indujo un aumento de los parámetros de productividad y calidad de grano, en ausencia de infección.

Ensayos 13, 14 y 15 (Localidad Carillanca). El grado de infección observado en estos tres ensayos fue alto. Al comparar ambos testigos, con y sin inóculo, se observa que el rendimiento disminuyó en un 75 a 80%, mientras que el peso del hectolitro y peso del grano disminuyeron en un 12 y 17,3% en promedio, respectivamente (Cuadro 10). A los 100 días de sembrados los ensayos, el nivel de infección radical era entre 26 y 37%, en

los testigos sin fungicida e inoculados. Ambos tratamientos fungicidas disminuyeron significativamente la infección radical hacia esa fecha, sólo en uno de los tres ensayos (Ensayo 14), en comparación al testigo. Todos los tratamientos sin inoculación, con o sin fungicida a la semilla, presentaron niveles de infección radical muy bajos, variables entre 0 y 2%. Hacia la cosecha, el porcentaje de espigas blancas varió entre 11 y 38% en el testigo sin fungicida e inoculado. Ninguno de los tratamientos fungicidas disminuyó significativamente el número de espigas blancas en estos ensayos.

Cuadro 10. Parámetros de infección y productividad de grano de trigo de los ensayos 13, 14 y 15. Localidad Carillanca. Temporada 2001/02^a.

Table 10. Infection and grain productivity parameters of wheat from trials 13, 14 and 15. Location Carillanca. Season 2001/02^a.

Tratamientos	Dosis (g i.a. 100 kg ⁻¹ semilla)	Inóculo Ggt ^b	Infección radical ^c (%)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Peso del hectolitro (kg hL ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Espigas totales (Nº m ⁻²)	Espigas blancas (%)
Ensayo 13								
Triadimenol	30	+	12,8 ab	2,57 b	70,3 b	24,6 c	368 b	26,3 a
Triticonazole	120	+	22,9 a	2,88 b	72,5 b	27,2 b	341 bc	23,5 a
Triadimenol	30	-	0 c	7,10 a	80,3 a	33,9 a	496 a	0,5 b
Triticonazole	120	-	0 c	6,91 a	80,2 a	33,1 a	416 ab	0,1 b
Testigo inoculado	0	+	26,0 a	1,44 c	70,9 b	25,0 bc	248 c	39,0 a
Testigo sin inóculo	0	-	2,0 bc	7,08 a	80,5 a	33,4 a	416 ab	1,3 b
Ensayo 14								
Triadimenol	30	+	20,9 b	2,41 c	70,1 c	31,2 b	308 b	13,3 a
Triticonazole	120	+	11,8 b	3,31 b	73,6 b	33,1 b	361 b	10,7 a
Triadimenol	30	-	0,1 c	7,05 a	80,8 a	36,5 a	461 a	0 b
Triticonazole	120	-	0,2 c	6,96 a	80,9 a	36,6 a	461 a	0 b
Testigo inoculado	0	+	36,6 a	1,52 c	69,5 c	30,5 b	231 c	11,5 a
Testigo sin inóculo	0	-	0 c	7,62 a	80,8 a	37,1 a	446 a	0,2 b
Ensayo 15								
Triadimenol	30	+	16,3 b	2,52 b	70,3 b	31,9 c	364 b	18,9 a
Triticonazole	120	+	34,6 a	2,52 b	70,3 b	31,9 c	369 b	19,3 a
Triadimenol	30	-	0,2 c	7,16 a	80,5 a	35,9 ab	469 a	0,5 b
Triticonazole	120	-	0 c	7,03 a	80,2 a	35,0 ab	450 a	0,2 b
Testigo inoculado	0	+	28,5 ab	2,48 b	72,3 b	33,5 bc	330 b	21,3 a
Testigo sin inóculo	0	-	0 c	7,14 a	80,9 a	36,8 a	462 a	0,5 b

^a Proyecto FONDECYT N°1000068.

^b +: Inóculo de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*; -: Sin inóculo.

^c Porcentajes promedios de área radical afectada a los 90-100 días de efectuada la siembra, basada en muestras de 20 plantas seleccionadas al azar por parcela en las 3 repeticiones.

Promedios con distinta letra significa que diferencias son estadísticamente significativas entre ellos, según prueba DMS (P < 0,05).

El tratamiento con triticonazole aumentó el rendimiento en dos de los tres ensayos, mientras que triadimenol sólo en uno de ellos. Respecto de la calidad del grano, solamente el fungicida triticonazole aumentó significativamente el peso del hectolitro en uno de los tres ensayos, mientras que ninguno de ellos aumentó significativamente el peso del grano.

Ninguno de los tratamientos fungicidas a la semilla y sin inóculo, aumentó los parámetros de productividad y calidad de grano en comparación al testigo sin fungicida y sin inóculo, en los nueve ensayos realizados en las localidades de Quino, Lliuco y Carillanca.

DISCUSIÓN

La mayoría de los ensayos efectuados entre los años 1997 y 2001 presentaron una alta infección, afectando significativamente el rendimiento de grano. La inoculación artificial del agente causal de la enfermedad, significó asegurar una alta homogeneidad de la infección, lo cual se tradujo en coeficientes de variación relativamente bajos en los ensayos, detectándose diferencias significativas en la mayoría de ellos. Lo anterior, junto con la ausencia de otras enfermedades que pudieran interferir en los ensayos, producto de la esterilización de suelos en algunos casos y la aplicación de fungicidas foliares en otros, permite obtener conclusiones válidas respecto de la efectividad de los productos evaluados, sobre la disminución del daño causado por la pudrición radical del trigo, bajo condiciones de inoculación artificial.

Si bien la inoculación artificial no representa exactamente la expresión de la enfermedad en condiciones de infección natural, éste ha sido un método ampliamente utilizado en ensayos de campo para evaluar germoplasma, biocontroladores y fungicidas, permitiendo asegurar y homogeneizar la infección de enfermedades de suelo con una alta heterogeneidad en su distribución (Hornby, 1998). La metodología de inoculación aplicada proviene de numerosos trabajos desarrollados por el autor desde el año 1982 en INIA-Carillanca (Andrade, 1987), simulando adecuadamente la expresión de la enfermedad.

La disminución del rendimiento observada, como expresión del nivel de infección obtenido en estos ensayos, fue de un 20-26% en cinco de ellos, de un 46-65% en otros cinco ensayos, y de 75-80% en otro número igual de evaluaciones. La magnitud de las pérdidas de rendimiento reportadas por otros autores en trabajos efectuados bajo condiciones de inoculación artificial, ha sido de un 47% (Mathre *et al.*, 1986), 50% (Cunningham *et al.*, 1968, citado por Hornby, 1998), 57% (Bockus, 1983) y hasta un 90% (Lamers *et al.*, 1988).

La expresión de la enfermedad sobre los parámetros de calidad de grano, peso del hectolitro y peso del grano, correlacionó muy bien cuando los altos niveles de infección se tradujeron en pérdidas de rendimiento superiores a 65%. En estos casos se apreció una significativa disminución de ambos parámetros de calidad. Por el contrario, cuando la expresión de la enfermedad fue baja a media, con pérdidas de rendimiento de 20 a 50%, el efecto de ese nivel de daño sobre estos parámetros fue menos consistente. Lo anterior es altamente concordante con lo señalado por otros autores (Manners y Myers, 1981; Hornby, 1998). Este hecho puede deberse, en parte, a la alta pérdida de granos muy pequeños a la cosecha, produciéndose una suerte de selección de granos más grandes provenientes de las plantas remanentes por una menor competencia, lo cual distorsiona la real expresión de la enfermedad sobre la calidad de grano.

Respecto de los fungicidas evaluados, el tratamiento con triadimenol al suelo demostró una efectividad similar a la observada en trabajos anteriores (Andrade, 1995). De los tres ensayos en que se incluyó este producto, en dos de ellos disminuyó la infección radical a los 100 días de efectuada la siembra, y aumentó significativamente el rendimiento respecto del testigo sin fungicida e inoculado. El incremento en este último parámetro fue de 56,2 y 48% en los ensayos 1 y 3, respectivamente. Tales resultados representan un 31 y 100% del rendimiento obtenido por los testigos sin inóculo. No existen antecedentes sobre esta formulación en el extranjero, por lo cual no es posible comparar estos resultados.

El fungicida triadimenol aplicado a la semilla incrementó significativamente el rendimiento en 8 de los 13 ensayos en que se incluyó. En cinco de ellos se observó una efectiva disminución de la pudrición radical a 100 días de efectuada la siembra. El incremento de rendimiento logrado por este ingrediente activo varió entre 0 y 150%, con una media de 46,9%. Los mayores incrementos de rendimiento se observaron en los ensayos con un mayor nivel de daño. Aún así, el rendimiento promedio obtenido en este tratamiento representa un 55% del rendimiento obtenido por el testigo sin inóculo. Este ingrediente activo está ampliamente reportado en el extranjero, como desinfectante de semilla con un grado de efectividad variable en la disminución del daño por la pudrición radical. Mathre *et al.* (1986) obtuvieron un incremento de 46% en ensayos inoculados al surco, y 23% en suelo naturalmente infestado, con aplicaciones de triadimenol a la semilla en dosis de 22 y 29 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, respectivamente. Bockus (1983) reportó incrementos de rendimiento cercanos al 80% en suelo inoculado, y de 38% en suelo naturalmente infestado, con aplicaciones de 29 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla. Hornby (1998) señaló aumentos de rendimiento de 47 y 4% en tratamientos con triadimenol en suelo naturalmente infectado, en siembras de septiembre y octubre, respectivamente. Sin embargo, puntualizó la inconsistencia de su efectividad bajo diferentes condiciones. Numerosos otros autores han reportado el efecto de este ingrediente activo en disminuir o retardar la infección, y aumentar el rendimiento de grano en trigo y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Wong y Worrall, 1989; Conner y Kuzyk, 1990; Jenkyn *et al.*, 1991; Conner *et al.*, 2000).

El fungicida triticonazole incrementó el rendimiento en 12 de los 15 ensayos realizados. En ocho de ellos se apreció una disminución o retardo de la infección radical a los 100 días de efectuadas las siembras. El incremento de rendimiento logrado por este ingrediente activo varió entre 0 y 134%, con una media de 62,4%. Al igual que lo observado en el caso de triadimenol, los mayores incrementos de rendimientos se observaron en los ensayos con un mayor nivel de daño. El rendimiento promedio obtenido por este tratamiento

representó un 63,3% del obtenido por el testigo sin inóculo. Resulta interesante observar que prácticamente no existen antecedentes en el extranjero, sobre la efectividad de este ingrediente activo en disminuir el daño por la pudrición radical del trigo. La única referencia encontrada (Aktas *et al.*, 2000), solamente señala una buena efectividad de este fungicida en reducir el daño causado por varios patógenos del suelo, entre ellos Ggt. Por tanto, los resultados obtenidos con este ingrediente activo en estos trabajos, representan una importante contribución toda vez que señalan una efectividad mayor y más consistente que el ingrediente activo triadimenol, en disminuir el daño por la pudrición radical en trigo.

El producto silthiofam, de reciente lanzamiento en el mercado europeo, también resultó efectivo en disminuir el daño por la enfermedad. Este producto presentó una repuesta muy similar a triticonazole, aunque sólo existe una evaluación a la fecha. El incremento de rendimiento obtenido con este fungicida fue de 40%, logrando en el único ensayo, al igual que triticonazole, el mismo rendimiento que el testigo sin inóculo. Este producto disminuyó o retardó significativamente la infección radical a los 100 días de sembrado el ensayo, efecto que se prolongó hasta fines del cultivo, disminuyendo además el número de espigas blancas. Logró igualmente aumentar el peso del hectolitro y el peso de grano. La efectividad de este fungicida en disminuir el daño por la pudrición radical en trigo, ha sido reportada por XiuLan *et al.* (2001), con disminución de la infección de raíces y de espigas blancas, e incrementos de rendimiento de 4 a 27% en trigos de primavera en China; por Mindt (1999), quién señaló una significativa reducción en la incidencia de la enfermedad en Alemania; y por Spink *et al.* (1998), quienes reportaron un significativo efecto de este producto fungicida en disminuir el daño por Ggt en Inglaterra, aunque con una significativa interacción con variedades de trigo.

Fenbuconazole produjo un significativo aumento del rendimiento y reducción en el porcentaje de espigas blancas, en dosis de 30 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, en uno de los tres ensayos en que fue evaluado. Sin embargo, resultó con una efectivi-

dad inferior a triticonazole y algo inferior a triadimenol. Dosis inferiores del producto resultaron con una efectividad menor a nula. Sólo en uno de los ensayos se apreció una disminución en la infección radical a 100 días de la siembra. En un segundo ensayo, logró un rendimiento superior al testigo inoculado, pero con una leve diferencia estadística. En la literatura extranjera no existen referencias de este fungicida sobre la pudrición radical del trigo.

Los fungicidas benomil y difenoconazole no presentaron efectividad en disminuir el daño por la enfermedad. En los dos ensayos en que se evaluó difenoconazole, no se apreció ningún efecto sobre los parámetros analizados. No existen reportes en la literatura sobre este fungicida en el control de la enfermedad. Benomil se ha reportado en la literatura con algún efecto en disminuir el daño por la enfermedad. Ballinger y Kollmorgen (1986a, 1986b) observaron en dos estudios consecutivos un buen efecto de benomil cuando fue aplicado al suelo, resultando sólo en uno de ellos efectivo al ser aplicado a la semilla. Bateman, citado por Hornby (1998) observó un significativo efecto de benomil al ser aplicado al suelo, pero en dosis altas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en 15 ensayos de campo, realizados entre 1997 y 2001, permitieron demostrar la efectividad de los fungicidas triticonazole, triadimenol y silthiofam, en disminuir el daño causado por la pudrición radical del trigo bajo condiciones de inoculación artificial.

El ingrediente activo triticonazole, aplicado en dosis de 120 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, presentó una mayor efectividad y una mayor consistencia en los resultados, en comparación al fungicida

triadimenol aplicado a la semilla en dosis de 30 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, con un aumento promedio del rendimiento de un 62,4% contra un 46,9% del fungicida triadimenol. En ambos casos se apreció una significativa disminución o retardo de la infección radical, hasta a lo menos 100 días de efectuadas las siembras. Triadimenol, aplicado al suelo en dosis de 300 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, demostró igualmente su efectividad en disminuir el impacto de la enfermedad.

Silthiofam, en una única evaluación y aplicado en dosis de 25 y 31,25 g i.a. 100 kg⁻¹ de semilla, demostró una efectividad similar al fungicida triticonazole en disminuir el daño causado por la enfermedad.

Fenbuconazole presentó, en uno de tres ensayos, efectividad en disminuir la enfermedad, pero en un grado inferior a triticonazole y levemente inferior a triadimenol.

Benomil, en un ensayo, y difenoconazole, en tres ensayos, resultaron inefectivos en disminuir el daño causado por la pudrición radical del trigo.

RECONOCIMIENTOS

Parte de estos trabajos fueron financiados a través de Convenios de Investigación con INIA, por las empresas Bayer de Chile S.A., Agrícola Nacional S.A.C. e I., Rhone Poulenc Agro y Moviagro S.A., y con aportes del Proyecto FONDECYT N° 1000068.

El autor expresa su reconocimiento al Ingeniero de Ejecución Agrícola Sr. Eduardo Contreras F., por su eficiente labor en la ejecución de estos trabajos.

LITERATURA CITADA

- Andrade, O. 1987. Evaluación de germoplasma bajo condiciones de epifitía artificial creada para polvillo estriado, septoria y pudriciones radicales, en la IX Región. (Resumen). *Simiente* 57(3):88.
- Andrade, O. 1995. Fungicida al suelo aplicado al momento de la siembra, nueva alternativa para el control de enfermedades en cereales. *Boletín Técnico* N°170. 28 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile.
- Aktas, H., E. Kinaci, A.F. Yildirim, L. Sayin, A. Kural, and H. Ekiz. 2000. Determination of the effects of root and foot rot pathogens on yield components in cereals which are problems in Konya province and solutions. p. 392-403. (Resumen en Inglés) *Orta Anadolu'da hububat tarmmn sorunlar ve cozum yollar Sempozyumu*, Konya, Turkey. 8-11 Haziran, 1999. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Bahri Dagdas International Winter Cereals Research Center, Konya, Turkey.
- Ballinger, D.J., and J.F. Kollmorgen. 1986a. Control of take-all of wheat in the field with benzimidazole and triazole fungicides applied at seeding. *Plant Pathol.* 35:67-73.
- Ballinger, D.J., and J.F. Kollmorgen. 1986b. Glasshouse and field evaluation of benomyl and triadimefon applied at seeding to control take-all in wheat. *Plant Pathol.* 35:61-66.
- Ballinger, D.J., and J.F. Kollmorgen. 1988. Effect of triazole coated superphosphate, applied at sowing, on take-all and yield of wheat. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:635-638.
- Bateman, G.L. 1980. Prospects for fungicidal control of take-all of wheat. *Ann. Appl. Biol.* 96:275-282.
- Bateman, G.L. 1981. Effects of soil application of benomyl against take-all (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) and footrot diseases of wheat. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz.* 88:249-255.
- Bateman, G.L., and P.H. Nicholls. 1982. Experiments on soil drenching with fungicides against take-all in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 100:297-303.
- Bockus, W.W. 1983. Effects of fall infection by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and triadimenol seed treatment on severity of take-all in winter wheat. *Phytopathology* 73:540-543.
- Campillo, R., O. Andrade, y E. Contreras. 2001. Variaciones del contenido de Mn de dos suelos sometidos a esterilización y su efecto sobre la pudrición radical del trigo o "mal del pie". *Agric. Téc. (Chile)* 61:339-351.
- Conner, R.L., M.J. Clapperton, and A.D. Kuzyk. 2000. Control of take-all in soft white spring wheat with seed and soil treatments. *Can. J. Plant Pathol.* 22:91-98.
- Conner, R.L., and A.D. Kuzyk. 1990. Evaluation of seed treatment fungicides for control of take-all in soft white spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 12:213-216.
- Garret, S.D. 1980. Introduction. p. 1-11. *In* M.J.C. Asher and P.J. Shipton (eds.) *Biology and control of take-all*. Academic Press, London, England.
- Hornby, D. 1998. Take-all disease of cereals: a regional perspective. 384 p. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Huber, D.M., and T.S. McCay-Buis. 1993. A multiple component analysis of the take-all disease of cereals. *Plant Dis.* 77:437-447.
- Jenkyn, J.F., R.J. Gutteridge, and A.D. Todd. 1991. Effects of fungicides, applied in autumn, and a growth regulator, applied in spring, on the growth and yield of winter barley grown on contrasting soil types. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 117:287-297.
- Lamers, J.G., B. Schippers, and F.P. Geels. 1988. Soil-borne diseases of wheat in the Netherlands and results of seed bacterization with pseudomonas against *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. p. 134-139. *In* M.L. Jorna and L.A.J. Sloodmaker (eds.) *Cereal breeding related to integral cereal production*. Proceedings of the Conference of the Cereal Section of Eucarpia, Wageningen, Netherlands. 24-26 Feb. 1988. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands.
- Manners, J.G., and A. Myers. 1981. Effects on host growth and physiology. p. 237-248. *In* M.J.C. Asher and P.J. Shipton (eds.) *Biology and control of take-all*. Academic Press, London, England.
- Mathre, D. E., R.H. Johnston, and R. Engel. 1986. Effect of seed treatment with triadimenol on severity of take-all of spring wheat caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Plant Dis.* 70:749-751.
- Mindt, G. 1999. Mon 65500: a new fungicide to control take-all of cereals. *Gesunde Pflanzen.* 51:240-247.
- Spink, J.H., A.P. Wade, N.D. Paveley, J.M. Griffin, R.K. Scott, and M.J. Foulkes. 1998. The effects of a novel seed treatment, MON 65500, on take-all severity and crop growth in winter wheat. p. 913-920. Brighton Crop Protection Conference: Pest & Diseases. Volume 3: Proceedings of an International Conference, Brighton, UK. 16-19 Nov. 1998. British Crop Protection Council, Farnham, UK.
- Wong, P.T.W., and D.J. Worrall. 1989. Preventative control of take-all patch of bentgrass turf using triazole fungicides and *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* following soil fumigation. *Plant Prot. Q.* 4:70-72.
- XiuLan, S., F. Yang, G. Zheng, Y. Wei, M.E. Halsey, and D.M. Huber. 2001. Efficacy of MON 65500 for controlling take-all of irrigated spring wheat in Northern China. *Crop Prot.* 20:345-349.