



Revista Mexicana de Fitopatología

ISSN: 0185-3309

mrlegarreta@prodigy.net.mx

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

México

Lozano-Ramírez, Nérída; Mezzalama, Mónica; Carballo-Carballo, Aquiles; Hernández-Livera, Adrián
Efectos de Fungicidas en la Calidad Fisiológica de la Semilla de Trigo Harinero (*Triticum aestivum* L.)
y su Eficacia en el Control de *Fusarium graminearum* Schwabe [Gibberella
zeae (Schwein.) Petch.] y *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker [Cochliobolus sativus
S. Ito y Kurib.]

Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 24, núm. 2, julio-diciembre, 2006, pp. 115-121

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224205>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Efectos de Fungicidas en la Calidad Fisiológica de la Semilla de Trigo Harinero (*Triticum aestivum* L.) y su Eficacia en el Control de *Fusarium graminearum* Schwabe [*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch.] y *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker [*Cochliobolus sativus* S. Ito y Kurib.]

Nérida Lozano-Ramírez, Mónica Mezzalama, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, km 45 Carr. México-Veracruz, El Batán, Texcoco, Edo. de México CP 56130; Aquiles Carballo-Carballo y Adrián Hernández-Livera, Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Edo. de México CP 56230. Correspondencia: m.mezzalama@cgiar.org

(Recibido: Abril 25, 2006 Aceptado: Agosto 13, 2006)

Lozano-Ramírez, N., Mezzalama, M., Carballo-Carballo, A. y Livera-Hernández, A. 2006. Efectos de fungicidas en la calidad fisiológica de la semilla de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y su eficacia en el control de *Fusarium graminearum* Schwabe [*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch.] y *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker [*Cochliobolus sativus* S. Ito y Kurib.]. Revista Mexicana de Fitopatología 24:115-121.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de productos químicos en la calidad fisiológica de semilla de dos líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*) y la eficacia en controlar a *Fusarium graminearum* y *Bipolaris sorokiniana*. Se aplicó carboxina (20% i.a.) + captán (20% i.a.) en dosis de 3 g/kg de semilla; carboxina (20% i.a.) + captán (20% i.a.) 3 g/kg de semilla + thiram (20% i.a.) + tebuconazole (0.6% i.a.) 0.228 mL/kg. En la prueba de germinación en papel se observó que los porcentajes de germinación en las dos líneas (conteos al 4º día y al 8º día de incubación) se redujeron significativamente cuando se usó la mezcla de los cuatro fungicidas. Las pruebas de vigor indicaron que al aplicar las mezclas la velocidad de emergencia de una de las dos líneas disminuyó de manera estadísticamente significativa, pero no afectó el peso seco de las plántulas de ninguna línea. En prueba de papel secante con congelamiento, las mezclas de fungicidas controlaron en forma similar a ambos patógenos. La germinación de ambas líneas no fue afectada por la aplicación de los fungicidas en la prueba de germinación en suelo, y hubo baja incidencia de pudrición de raíz causada por los dos patógenos, comparada con los testigos inoculados.

Palabras clave adicionales: Viabilidad, vigor, patógenos transmitidos por semilla, pudrición de la raíz, captán, carboxina, thiram, tebuconazole.

Abstract. The objective of this work was to evaluate the effect

of carboxin (20% a.i.) + captan (20% a.i.) at a rate of 3 g/kg of seed; carboxin (20% a.i.) + captan (20% a.i.) at a rate of 3 g/kg of seed + thiram (20% a.i.) + tebuconazole (0.6% a.i.) at a rate of 0.228 mL/kg against *Fusarium graminearum* and *Bipolaris sorokiniana*, as well as their potential effects on the physiological quality of seed of two bread wheat (*Triticum aestivum*) lines. In the germination test on paper towel, the percentage of germination (counts at 4th and 8th days of incubation) was reduced significantly in both lines by the application of the mixture of the four fungicides. In the vigor test, emergence speed of one the two lines was affected equally by both fungicide mixtures, while the dry weight of seedlings did not differ significantly. In the paper blotter test with freezing, both pathogens were equally well controlled by the two fungicide mixtures. In the soil germination test, the percentage of germination was not affected in either line by the application of fungicides, and the incidence of root rot caused by the two pathogens was low compared to the inoculated checks.

Additional keywords: Viability, vigor, seed-borne pathogens, root rot, captan, carboxin, thiram, tebuconazole.

Las condiciones fitosanitarias de un lote de semilla, conjuntamente con la pureza genética y la calidad fisiológica, constituyen el principal elemento de la calidad. Aún no se ha establecido la correlación entre la presencia de diversos patógenos de semillas y sus efectos sobre la calidad fisiológica, pero en algunos casos, bajos niveles de infección pueden causar pérdidas de rendimiento del 50% o más (INTA, 2002). La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, 2005) define la sanidad de semillas como la presencia o ausencia de organismos (hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos) que provocan enfermedades. Moreno-Martínez (1993) menciona que los hongos que se alojan en la

semilla causan daños de distinta índole, que afectan y disminuyen el vigor del grano, e incluso, si la infección es severa, pueden provocar la muerte del embrión. La semilla de trigo (*Triticum* spp.) igual que la de otras especies, tiene un papel importante en la propagación e introducción de patógenos en nuevas áreas de cultivo. El 90% de las enfermedades que afectan los cultivos destinados a la producción de alimentos en el mundo son causadas por patógenos transmisibles por semilla (Neergaard, 1977). Entre aquéllos que causan enfermedades en el trigo y que se transmiten por medio de semilla se encuentran *Bipolaris sorokiniana* (Saac.) Shoemaker [*Cochliobolus sativus* (S. Ito y Kurib.)] y *Fusarium graminearum* Schwabe [*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch.], ambos ampliamente distribuidos en el mundo (CABI, 2005). *B. sorokiniana* puede afectar diversas partes de una planta de trigo (raíz, corona, nudos, hojas, espiga y grano); en la semilla infectada se nota una decoloración de café oscuro a negro y reducción de la emergencia de plántulas (Cane y Hampton, 1990). La transmisión de *B. sorokiniana* por medio de semilla de trigo a la plántula es eficiente, ya que llega a ser de 88% en el coleóptilo (Reis y Forcelini, 1993), de 68% en el mesocótilo (Forcelini, 1992), y de 38% en la plúmula (Toledo *et al.*, 1996). Otros informes indican que la alta incidencia de infección en semillas de trigo podría causar pérdidas de rendimiento de por lo menos 50%, y el promedio de infección de semilla podría ser de no menos del 10% (Kurppa, 1984). El impacto económico de *B. sorokiniana* se mide en función de las pérdidas en el rendimiento de semilla, derivadas del reducido número de espigas y granos por espiga, así como de la mala calidad de la semilla, debido a su poco peso, baja germinación y decoloración (Trevathan, 1992). *F. graminearum*, el patógeno que en trigo causa la roña, la pudrición de la raíz y de la corona, el tizón de la plántula y de la espiga, esterilidad y llenado deficiente del grano, puede afectar severamente la calidad de la semilla y limitar su viabilidad, traducándose esto en pérdidas de rendimiento (Mc Mullen *et al.*, 1997). La semilla infectada es de color rosado o crema; la mayoría está arrugada y tiene poco peso; además, podría estar presente la vomitoxina deoxivalenol (DON). Wetzel (1987) menciona que *F. graminearum* en la semilla se encuentra en el endospermo y en el pericarpio. El rango de transmisión de *F. graminearum* de las semillas a las plántulas varía de 55 a 94% (Duthie y Hall, 1987). Entre las medidas encaminadas a disminuir la recurrencia de enfermedades transmitidas por semillas figura el tratamiento con productos químicos, cuya acción inhibe o mata los patógenos que se hospedan en la semilla (Picinini y Fernandes, 2000). El uso de fungicidas en el tratamiento de semilla de trigo es una práctica que se recomienda también para combatir patógenos habitantes del suelo que atacan las raíces, y para el control de enfermedades en la parte aérea de las plantas en los primeros estadios de desarrollo (Reunião da Comissão Sul-Brasileria de Pesquisa de Trigo, 2001). Pese a los efectos benéficos del tratamiento químico a las semillas y a las plántulas que se van desarrollando, se han reportado

efectos colaterales negativos, como aumento en el tamaño (efecto de esponjado), reducción de la fluidez debido a la fricción entre la superficie de la semilla, alteración de la latencia y la viabilidad. Estos efectos negativos se acentúan si la semilla presenta daño mecánico (Bateman *et al.*, 1986). Son varios los fungicidas que se utilizan actualmente para el tratamiento de la semilla de trigo, algunos con acción de contacto (captán, mancozeb, maneb, thiram) y otros con acción sistémica (difencconazole, metalaxyl, tebuconazole, thiabendazole, triadimenol). La utilización de uno u otro, o de más productos en una mezcla, dependerá de los patógenos que se quieran controlar (Lipps *et al.*, 2000; Mathre *et al.*, 2001). En el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es una práctica de rutina aplicar una mezcla de captán y carboxina a toda la semilla experimental de trigo que se envía a los colaboradores del Centro en diversos países del mundo. El captán es un fungicida ftalidimídico con acción de contacto y de amplio espectro, eficaz contra muchos otros hongos que infectan la semilla de trigo; la carboxina, del grupo de las oxatinas, es un fungicida sistémico eficaz contra los carbones de los cereales. Existen en el mercado otros fungicidas de formulación más reciente, como el tebuconazole, con actividad sistémica y mayor eficacia en el control de los fitopatógenos que aquí se estudian. El tebuconazole pertenece al grupo de los triazoles, que inhiben la demetilación de los precursores de los esteroides, sustancias básicas para la función de la membrana celular de los hongos; es eficaz contra carbones, *Fusarium* spp., *B. sorokiniana* y otros patógenos (Mathre *et al.*, 2001). En México se comercializa en mezcla con thiram, un fungicida de contacto, de amplio espectro, del grupo de los dimetiltiociarbamatos. Los objetivos de este estudio fueron evaluar en condiciones de laboratorio e invernadero la eficacia de los fungicidas captán y carboxina, en comparación con la aplicación de carboxina y captán, combinados con thiram y tebuconazole aplicados en un dos mezclas formuladas comercialmente, para el control de *F. graminearum* y *B. sorokiniana* y para evaluar su efecto en la calidad fisiológica en la semilla de dos líneas de trigo harinero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó semilla de dos líneas de trigo harinero susceptibles a *B. sorokiniana* y *F. graminearum*, Milan/Kauz/Pastor y Vebow/Irena, cuya germinación y viabilidad eran del 98% y estaban libre de infección natural de *B. sorokiniana* o *F. graminearum* (datos no reportados). Se utilizaron las cepas de *B. sorokiniana* BS 14 y *F. graminearum* FG 1 (Laboratorio de Fitopatología, CIMMYT) que se incrementaron en medios de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) y de V8 al 30%, respectivamente, en cajas de Petri, a 25°C, con periodos de 12 h luz blanca fluorescente y 12 h de oscuridad durante cinco días. Al término del período de incubación se agregaron 5-6 mL de agua estéril a cada caja Petri, y con una espátula se raspó delicadamente la superficie de la colonia para cosechar los conidios presentes. La suspensión resultante se filtró a

través de una gasa estéril y se ajustó a una concentración de 10⁶ conidios/mL. Seiscientos gramos de semilla de cada línea de trigo harinero, desinfectada con NaOCl al 0.6% durante 3 min en agitación, enjuagada tres veces con agua destilada, fueron sumergidos en una suspensión conídica de cada patógeno, a la cual se le agregó el adherente carboxi-metilcelulosa (1 g/L), durante 30 min en agitación. Al terminar, la semilla se colocó en papel filtro y se dejó secar a temperatura ambiente durante un día. Ya seca, la semilla se guardó en bolsas de papel a una temperatura de 4°C. Para tratar la semilla se utilizaron dos mezclas de fungicidas: carboxina 20% i.a y captán 20% i.a a una dosis de 3 g/kg de semilla (en mezcla comercial Vitavax 300®, Chemical Royal); carboxina 20% i.a y captán 20% i.a. en una dosis de 3 g/kg de semilla + thiram 20.0% i.a. y tebuconazole 0.6% i.a. (en mezcla comercial Raxil-thiram® Gustafson) a una dosis de 0.228 mL/kg de semilla. La aplicación de los fungicidas a la semilla se efectuó en matraces Erlenmeyer de 250 mL, en agitación a 400 rpm durante 15 min hasta lograr una cobertura completa. La semilla se dejó secar a temperatura ambiente en papel filtro. Para diagnosticar la incidencia de los patógenos inoculados en la semilla, se aplicó la prueba de papel secante con congelamiento (Neergaard, 1977), con tres repeticiones de 80 semillas por cada tratamiento. Se evaluó el desarrollo de hongos en cada semilla con la ayuda de un microscopio estereoscópico, y se calculó el porcentaje de semillas infectadas por *F. graminearum* y *B. sorokiniana*. La eficacia de los tratamientos fungicidas en el control de *F. graminearum* y *B. sorokiniana* se evaluó sembrando tres repeticiones de 100 semillas cada una, en charolas de plástico en sustrato de suelo estéril en invernadero. Se extrajeron las plántulas a los 14 días de crecimiento, se lavaron, se contaron aquéllas que habían germinado normalmente y aquéllas con síntomas en la raíz y/o el entrenudo; en estas últimas se evaluó la incidencia de la pudrición causada por los patógenos en los entrenudos y en las raíces, utilizando escalas de 0 a 5 y de 0 a 7 (Schillinger *et al.*, 1999), respectivamente. Para evaluar la germinación se aplicó el método entre papel (ISTA, 2005), con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, en un diseño experimental completamente al azar. Se realizaron conteos de plántulas germinadas, plántulas normales y plántulas anormales a los cuatro y ocho días de incubación. En la evaluación del vigor se midió la velocidad de emergencia (VE) y el peso seco (PS) de las plántulas. Se sembraron tres repeticiones de 100 semillas cada una en un diseño completamente al azar, en arena de río esterilizada con pH de 7.1, a 1 cm de profundidad, en charolas de plástico de 21.5 x 18.5 x 7.5 cm, a 20°C, por períodos de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Se hicieron conteos diarios a las 8:00 am, a partir del tercer día que emergió la primera plántula hasta lograr un número constante de plántulas. La VE se calculó mediante la expresión (Maguire, 1962, en: Copeland y McDonald, 1995):

$$VE = \sum_{i=1}^n (X_i / N_i)$$

en donde X_i es el número de plántulas emergidas por día y N_i el número de días después de la siembra. En la evaluación del PS se introdujeron la parte aérea y la raíz de todas las plántulas normales en bolsas de papel perforadas y se colocaron en la estufa durante 72 h a 70°C. Los resultados se expresaron en gramos. Los resultados de todas las pruebas se analizaron con el programa estadístico SAS (SAS, 1994). Se analizaron las medias, y a las variables cuyos cuadrados medios resultaron significativos se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey (p < 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las pruebas de papel secante y congelamiento. El método utilizado para la inoculación de la semilla con los dos patógenos fue eficiente, dado que produjo niveles de infección considerables. Se logró un control eficaz de *F. graminearum* por medio de las dos mezclas de fungicidas aplicados en la línea Milan/Kauz//Pastor; la mezcla de carboxina + captán + thiram + tebuconazole fue más eficaz que la mezcla de carboxina + captán (16.2% y 33.7%, respectivamente). Se controló eficazmente a *B. sorokiniana* por las dos mezclas de fungicidas utilizadas en las dos líneas de trigo; no se encontraron diferencias significativas entre la mezcla de carboxina + captán y la mezcla de cuatro fungicidas. En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la prueba de germinación en sustrato de suelo y la evaluación de la incidencia de pudrición en el entrenudo y la raíz de las plántulas de trigo. La germinación en la línea Vebow//Irena disminuyó significativamente en comparación con el testigo cuando fue inoculada con *F. graminearum* (99.3% y 82.6%, respectivamente), mientras que la germinación de la línea Milan/Kauz//Pastor no presentó variaciones significativas en todos los tratamientos. Las dos líneas mostraron un porcentaje total de plántulas con síntomas considerablemente alto (59.0 y 87.6%), en comparación al porcentaje de plántulas emergidas. Se puede observar también que cualquiera de las dos mezclas de

Cuadro 1. Incidencia (%) de patógenos inoculados en semilla de dos líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*), inoculadas con *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana*, y tratadas con fungicidas.

Línea	Tratamientos			
	Testigo	Fg ²	Fg + C-C	Fg + C-C-T-T
Milan/Kauz//Pastor	0.0 d ²	77.5 a	33.7 b	16.2 c
Vebow//Irena	0.0 b	60.8 a	33.3 ab	9.5 ab

Línea	Tratamientos			
	Testigo	Bs	Bs + C-C	Bs + C-C-T-T
Milan/Kauz//Pastor	0.0 c	42.5 a	5.8 b	3.7 c
Vebow//Irena	0.0 b	33.7 a	4.1 b	2.0 b

²Fg = *Fusarium graminearum*; Bs = *Bipolaris sorokiniana*; Carboxina + captán (C-C); carboxina + captán + thiram + tebuconazole (C-C-T-T).

²Medias con letra diferente en sentido horizontal son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

Cuadro 2. Porcentaje de plántulas germinadas y normales, incidencia de pudrición en los entrenudos y en la raíz de plántulas de dos líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*), cuya semilla fue inoculada con *Fusarium graminearum* y *Bipolaris sorokiniana*, y tratada con fungicidas.

Tratamiento	Milan/Kauz//Pastor				Vebow//Irena			
	PGN ^v (%)	TPSP (%)	SE ^w	SR ^x	PGN (%)	TPSP (%)	SE	SR
Testigo	98.3 a ^y	0.0 b	0.0 b	0.0 b	99.3 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>F. graminearum</i>	97.6 a	59.0 a	0.3 a	2.2 a	82.6 b	87.6 a	0.8 a	4.82 a
C-C ^z	94.6 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b	97.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
C-C-T-T	97.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b	97.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
<i>F. graminearum</i> + C-C	97.0 a	2.0 b	0.0 b	0.0 b	98.6 a	0.03 b	0.0 b	0.09 b
<i>F. graminearum</i> + C-C-T-T	97.0 a	0.3 b	0.0 b	0.0 b	98.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b
Testigo	86.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	89.0 a	0.0 c	0.0 b	0.0 b
<i>B. sorokiniana</i>	96.3 a	61.6 a	0.7 a	2.4 a	81.6 b	59.3 a	0.8 a	2.1 a
C-C	93.6 ab	0.0 b	0.0 b	0.0 b	91.6 a	0.0 c	0.0 b	0.0 b
C-C-T-T	95.6 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b	90.0 a	0.0 c	0.0 b	0.0 b
<i>B. sorokiniana</i> + C-C	95.3 a	0.3 b	0.0 b	0.01 b	94.0 a	8.6 b	0.0 b	0.1 b
<i>B. sorokiniana</i> + C-C-T-T	93.6 ab	0.0 b	0.0 b	0.0 b	93.6 a	0.0 c	0.0 b	0.0 b

^vPGN = Plántulas germinadas y normales; TPSP = total de plántulas con síntomas de pudrición; SE = síntomas en entrenudo; SR = síntomas en raíz.

^wIncidencia de pudrición en entrenudo evaluada en 100 plántulas utilizando una escala de 0 a 5 (Schillinger *et al.*, 1999).

^xIncidencia de pudrición en raíz evaluada en 100 plántulas utilizando una escala de 0 a 7 (Schillinger *et al.*, 1999).

^yMedias con letra diferente en sentido vertical son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

^zC-C = Carboxina + captán; C-C-T-T = carboxina + captán + thiram + tebuconazole.

fungicidas pueden proporcionar un control absoluto, ya que no permitieron que el patógeno infectara los entrenudos o las raíces de las dos líneas de trigo. El porcentaje de germinación de Vebow//Irena disminuyó significativamente cuando se inoculó con *B. sorokiniana*, en comparación con el testigo. Las dos líneas tuvieron un porcentaje total de plántulas con síntomas significativamente alto en comparación al total de plántulas emergidas, y en las dos líneas se tuvo un control absoluto del patógeno en entrenudos y raíces con las dos mezclas de fungicidas. En estos experimentos, el tebuconazole fue más eficaz en el control de *F. graminearum* que en el de *B. sorokiniana*. Existen pocas pruebas de que el tratamiento químico de la semilla con fungicidas sea totalmente eficaz para controlar *B. sorokiniana*. La mayoría de los tratamientos protegen a la plántula emergente, pero no a la raíz en estadios más avanzados de la germinación. Sin embargo, hay investigadores que han demostrado la eficacia de tratamientos con triadimenol o tebuconazole + imazalil, aplicados a semilla de cebada (*Hordeum vulgare* L.), los cuales redujeron la infección por *B. sorokiniana* y lograron un mejor amacollamiento de las plantas y un rendimiento más alto de 0.3-1.0 ton/ha que el del testigo no tratado (Lacicowa y Pieta, 1998); el tebuconazole y

el propiconazole en aplicaciones a la semilla de trigo aseguraron 25 días de protección contra infecciones foliares, que produjo también peso de grano más elevado, así como aumento del rendimiento (Goulart, 1998). Se ha comprobado la eficacia de diferentes fungicidas contra infecciones de *F. graminearum* en semillas de trigo, incluyendo triadimenol (Hofman *et al.*, 1990), iminocadine (Forcelini y Reis, 1988), benomyl + thiram (Diehl and Reis, 1983), tebuconazole y otros inhibidores de la biosíntesis de los esteroides; sin embargo, se señala que lograr la eficacia total es difícil o imposible por medio de la aplicación de tratamientos químicos, ya que las infecciones de este patógeno ocurren en un período prolongado del ciclo vital de la planta (Mathre *et al.*, 2001). En el Cuadro 3 se muestran los resultados de las pruebas de germinación entre papel. En el primer conteo se observó una disminución significativa del porcentaje de germinación (PGPC) de la línea Milan/Kauz//Pastor, en comparación con el testigo no inoculado, originada por la mezcla de carboxina + captán + thiram + tebuconazole (88.5%) y por la inoculación con *F. graminearum* (82.5%); sin embargo, la aplicación de carboxina + captán aumentó el PGPC a 94.7% y redujo el efecto negativo del patógeno sobre la germinación. El porcentaje de germinación total (PGT) disminuyó

Cuadro 3. Porcentaje de germinación entre papel de semilla de dos líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*), inoculadas con *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana* y tratadas con mezclas de fungicidas.

Tratamiento	Milan/Kauz//Pastir			Vebow//Irena		
	PGPC ^x	PGT	PPA	PGPC	PGT	PPA
Testigo	97.0 a ^y	97.0 a	2.2 d	96.5 a	98.5 a	0.7 b
<i>F. graminearum</i>	82.5 c	87.5 bc	11.5 ab	96.5 a	96.5 a	1.7 b
C-C ^z	94.2 ab	94.2 ab	4.5 bcd	97.7 a	97.7 a	1.0 b
C-C-T-T	88.5 bc	88.5 bc	10.2 abc	96.0 a	97.5 a	2.5 b
<i>F. graminearum</i> + C-C	94.7 ab	94.7 ab	3.0 cd	84.2 b	94.7 ab	4.0 ab
<i>F. graminearum</i> + C-C-T-T	82.7 c	84.5 c	15.0 a	81.0 b	89.5 b	11.5 a
Testigo	98.5 a	98.5 a	1.0 b	97.2 a	97.2 a	1.5 b
<i>B. sorokiniana</i>	95.0 ab	95.0 ab	5.0 ab	86.0 a	86.0 b	12.5 a
C-C	94.7 ab	94.7 ab	5.0 ab	85.0 a	91.5 ab	8.2 ab
C-C-T-T	90.2 b	91.0 b	7.2 a	42.0 b	84.5 b	14.0 a
<i>B. sorokiniana</i> + C-C	93.7 ab	94.5 ab	4.5 ab	58.2 b	89.2 ab	10.0 ab
<i>B. sorokiniana</i> + C-C-T-T	92.5 ab	96.0 ab	2.2 ab	40.5 b	82.7 b	15.7 a

^xPGPC= Porcentaje de germinación en el primer conteo; PGT= porcentaje de germinación total; PPA= porcentaje de plántulas anormales.

^yMedias con letra diferente en sentido vertical son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

^zC-C = Carboxina + captán; C-C-T-T = carboxina + captán + thiram + tebuconazole.

significativamente por la mezcla de los cuatro fungicidas (88.5%), por la inoculación con *F. graminearum* (87.5%) y por la aplicación de la mezcla de los cuatro fungicidas y *F. graminearum* (84.5%). De igual modo, el PPA aumentó significativamente en estos tratamientos. *B. sorokiniana* no afectó significativamente el PGPC (95%) en comparación con el testigo no inoculado (98.5%); el PGT no fue afectado por la presencia de *B. sorokiniana* ni por la combinación de patógeno con las mezclas de fungicidas o por la mezcla carboxina + captán. El PGPC en la línea Vebow//Irena disminuyó significativamente en los tratamientos con los patógenos y las mezclas de fungicidas (84.2 y 81.0%, y 58.2 y 40.5%). El PGT disminuyó significativamente en los tratamientos con los patógenos y la mezcla de cuatro fungicidas (89.5 y 82.7%). En comparación con el testigo, el PPA aumentó significativamente cuando la semilla fue inoculada con *F. graminearum* o *B. sorokiniana* con la mezcla de los cuatro fungicidas (11.5 y 15.7%). Sin embargo, la mezcla de los cuatro fungicidas afectó la viabilidad de la semilla de las dos líneas, lo cual ocasionó retraso en la germinación, que se midió con el PGPC y el PGT. Los resultados de esta prueba, en la cual la semilla tenía todas las condiciones que le permitieron expresar su más alto potencial de germinación (Copeland y McDonald, 1995), concuerdan con los que obtuvieron Jeffs (1986) y Warham *et al.* (1996), quienes señalan la importancia de realizar pruebas preliminares para identificar posibles efectos fitotóxicos en la semilla causados por el tratamiento químico. Cabe mencionar que algunos productos químicos pueden ser más tóxicos en las pruebas de germinación entre papel que en aquéllas que simulan un ambiente de germinación más cercano a la realidad, como las que emplean sustrato de arena o tierra (Jeffs, 1986). La línea

Milan/Kauz//Pastor mostró mayor susceptibilidad a la inoculación con *F. graminearum* que a *B. sorokiniana* durante la evaluación de la germinación, y es más susceptible a *F. graminearum* que la línea Vebow//Irena. La presencia de *F. graminearum* redujo el PGPC y el PGT y aumentó el PPA en la línea Milan/Kauz//Pastor, mientras que en la línea Vebow//Irena únicamente se observó un aumento significativo del PPA, confirmando que la presencia de este patógeno en la semilla disminuye su calidad, como lo han señalado otros autores (Tuite *et al.*, 1990). En el Cuadro 4 se muestran los resultados de la prueba de velocidad de emergencia y peso seco. La VE disminuyó significativamente en la línea Milan/Kauz//Pastor cuando la semilla se trató con los fungicidas, en comparación con el testigo; así mismo, la mezcla con cuatro fungicidas redujo significativamente la VE (17.9), en comparación con la mezcla con dos fungicidas (19.8). La VE de la línea Vebow//Irena no fue afectada significativamente por la aplicación de los fungicidas y el PS tampoco sufrió

Cuadro 4. Velocidad de emergencia (VE) y peso seco (PS) de semilla de dos líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*), tratadas con dos mezclas de fungicidas.

Tratamiento	Milan/Kauz//Pastor		Vebow//Irena	
	VE	PS (g)	VE	PS (g)
Testigo	21.4 a ^z	2.6 a	19.2 a	2.7 a
C-C ^y	19.8 b	2.5 a	18.3 a	2.5 a
C-C-T-T	17.9 c	2.3 a	17.1 a	2.3 a

^yC-C = Carboxina + captán; C-C-T-T = carboxina+captán + thiram + tebuconazole.

^zMedias con letra diferente en sentido horizontal son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

alteración alguna por la aplicación de los mismos en las dos líneas. Estos resultados difieren a los obtenidos por Silva *et al.* (1993) al evaluar el efecto del tratamiento de semillas con thiram sobre la emergencia en plántulas de las variedades de trigo BR 12- Arvana y BR 16- Río, cuya respuesta fue una mayor velocidad de emergencia y mayor longitud del coleóptilo. Otros autores como Cavariani *et al.* (1994), encontraron que el uso de tebuconazole en semillas de trigo cv. Anáhuah causó una disminución del mesocótilo. La VE es un factor fundamental para establecer el vigor de un lote de semilla, ya que si ésta puede llegar a germinar completamente y producir plántulas vigorosas, tendrá un alto potencial de rendimiento y serán menos los días para que la cobertura de la superficie de cultivo sea uniforme; esto, a la vez, permitirá un mejor establecimiento de las plántulas, eliminando la competencia entre ellas mismas y aumentando la competencia con las malezas (Soltani *et al.*, 2001). En este estudio, se observó que el vigor de la semilla de la línea Milan/Kauz// Pastor tuvo variaciones, si tomamos los resultados de la evaluación de la VE. Sin embargo, la medición del peso seco de las plántulas indica que el proceso de movilización y transferencia de los nutrientes del endospermo al embrión para crear las plántulas no fue afectado. La medición del peso seco de las plántulas ha sido utilizada ampliamente en trigo y en otros cultivos para determinar el vigor y el efecto de diferentes tratamientos a la semilla (Buxton *et al.*, 1977; Ching *et al.*, 1977; Ries y Everson, 1973). Los fungicidas utilizados en este estudio afectaron la calidad fisiológica de la semilla, según se comprobó al realizar la prueba de germinación entre papel y la prueba de vigor. Sin embargo, dados los resultados de la germinación de las dos líneas de trigo y el control de los patógenos en sustrato de suelo, que simula las condiciones naturales de campo, y los resultados de la medición del peso seco de las plántulas, nuestra conclusión es que la utilización de estos productos representa una opción viable para el control de *F. graminearum* y *B. sorokiniana*. La elección de un ingrediente activo u otro dependerá de la finalidad del tratamiento y de la disponibilidad de los productos en el mercado.

LITERATURACITADA

- Bateman, G.L., Ehle, H., and Wallace, H.A.H. 1986. Fungicidal treatment of cereal seeds. pp 83-111. In: K.A. Jeffs (ed.). Seed Treatment. Second Edition. The British Crop Protection Council. Thornton Heath, United Kingdom. 332 p.
- Buxton, D.R., Melick, P.J., Patterson, L.L., and Godinez, C.A. 1977. Evaluation of seed treatments to enhance pima cotton seedling emergence. *Agronomy Journal* 69:672-676.
- CAB International. 2005. Crop Protection Compendium, Global Module. 2005 Edition. Wallingford, Oxon OX10 8DE, United Kingdom.
- Cane, S.F., and Hampton, J.G. 1990. The effects of *Bipolaris sorokiniana* on barley seed quality. *Australasian Plant Pathology* 19:26-29.
- Cavariani, C., Velini, D.E., Picudo, J.S. y Nakagawa, J. 1994. Evaluación de los efectos de las dosis de triadimenol y de tebuconazole sobre el crecimiento del mesocótilo en plántulas de trigo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 29:1035-1039.
- Copeland, L.O., and McDonald, M.B. 1995. Principles of Seed Science and Technology. Third Edition. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.
- Ching, T.M., Hedtke, S., Boulger, M.C., and Kronstad, W.E. 1977. Correlation of field emergence rate and seed vigor criteria in barley cultivars. *Crop Science* 17:312-314.
- Diehl, J.A., and Reis, E.M. 1983. Effect of wheat seed treatment with fungicides on the control of *Fusarium graminearum*. *Fitopatologia Brasileira* 8:363-366.
- Duthie, J.A., and Hall, R. 1987. Transmission of *Fusarium graminearum* from seed to stems of winter wheat. *Plant Pathology* 36:33-37.
- Forcelini, C.A. 1992. Incidência Transmissão e Controlé de *Bipolaris sorokiniana* em Sementes de Trigo. Tesis de Maestría. Escuela Superior de Agricultura Luis de Queiros, Universidad de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil. 120 p.
- Forcelini, C.A., and Reis, E.M. 1988. Control of *Helminthosporium sativum*, *Septoria nodorum*, *Fusarium graminearum* and *Erisiphe graminis* f. sp. *tritici* by fungicide treatment of wheat seeds. *Fitopatologia Brasileira* 13:28-31.
- Goulart, A.C.P. 1998. Evaluation of the residual effects of some fungicides to control diseases of aerial parts of wheat. *Boletim de Pesquisa EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuaria. Dourados, Brasil. No. 5, 25 p.*
- INTA. 2002. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agrícola Paraná. Sanidad and Curado de las Semillas. Buenos Aires, Argentina 4 p.
- ISTA. 2005. International Rules for Seed Testing. Edition 2005. The International Seed Testing Association. Chapter 5, The Germination Test. Bassersdorf, CH- Switzerland. 50 p.
- Hofman, T.W., Kuipers, J., and Koster, D.L. 1990. Thiocycufen: a new broad-spectrum fungicide for seed and soil treatment. Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases. 1990. Vol. 2. pp. 431-438. Thornton Heath, British Crop Protection Council. Thornton Heath, United Kingdom. 1263 p.
- Jeffs, K.A. 1986. Seed treatment. Second Edition. The British Crop Protection Council. Thornton Heath, United Kingdom. 332 p.
- Kurppa, A. 1984. *Bipolaris sorokiniana* on barley seed in Finland. *Journal of Agricultural Science in Finland* 57:97-107.
- Lacicowa, B., and Pieta, D. 1998. Efficiency of some chemical seed dressings against root and stem rot of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska Section EEE. Horticultura* 6:185-198.
- Lipps, P.E., Dorrance, A.E., and Rhodes, L.H. 2000. Efficacy of seed treatment fungicides for agronomic crops in Ohio. *Bulletin* 639A-01. <http://ohioline.osu.edu/b639/>

- b639_17.html. Fecha de consulta marzo 19, 2005.
- Mathre, D.E., Johnston, R.H., and Grey, W.E. 2001. Small grain cereal seed treatment. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2001-1008-01. <http://www.apsnet.org/education/AdvancedPlantPath/Topics/SeedTreatment/top.htm>. Fecha de consulta mayo 12, 2004.
- McMullen, M., Jones, R., and Gallenberg, D. 1997. Scab of wheat and barley: a reemerging disease of devastating impact. *Plant Disease* 81:1340-1348.
- Moreno-Martínez, E. 1993. Tratamiento químico de las semillas para el combate de los hongos. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F. 68 p.
- Neergaard, P. 1977. Seed Pathology, Vol. I and Vol.II. John Wiley and Sons. New York, USA. 1187 p.
- Picinini, E.C. y Fernandes, J.M.C. 2000. Contrôles das doenças de trigo En: G.R. Cunha, and B. Bacaltchuk. Organización de Tecnología para produzir trigo no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Assembléia Legislativa. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo, Passo Fundo: Embrapa Trigo, Série Culturas, No 2.
- Reis, E.M. y Forcelini, C.A. 1993. Transmissão de *Bipolaris sorokiniana* de sementes para órgãos radiculares e aéreos do trigo. *Fitopatologia Brasileira* 18:76-81.
- Ries, S.K., and Everson, E.H. 1973. Protein content and seed size relationship with seedling vigor of wheat cultivar. *Agronomy Journal* 65:884-886.
- Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo. 2001. Recomendacoes Comissão Sul-Brasilera de pesquisa de trigo. Cruz Alta, Brazil. 90 p.
- SAS Institute, 1994. SAS User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shillinger, W.F., Cook, R.J., and Papendick, R.I. 1999. Increased dryland cropping intensity with no-till barley. *Agronomy Journal* 91:744-752.
- Silva, D.B., Charchar, A.M.J. y Vivaldi, J.L. 1993. Efecto del tratamiento de semillas sobre la emergencia de plántulas de trigo y de cebada en diferentes profundidades de siembra. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 28:303-311.
- Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S., and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor trait in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. *Seed Science and Technology* 29:653-662.
- Toledo, J., Roca, R.H. y Escobar R.C. 1996. Transmisión, persistencia y control químico de *Bipolaris sorokiniana* causante de la punta negra del grano de trigo. pp. 87-106. En: CIAT. Informe Técnico. Proyecto de Investigación de Trigo. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 215 p.
- Trevathan, L.E. 1992. Seedling emergence plant height, and root of tall fescue grown in soil infested with *Cochlobolus sativus*. *Plant Disease* 76:270-273.
- Tuite, J., Shaner, G., and Everson, R.J. 1990. Wheat scab in soft red winter wheat in Indiana in 1986 and its relation to some quality measurements. *Plant Disease* 74:959-962.
- Warham, E.J., Butler, L.D. y Sutton, B.C. 1996. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo. Manual de laboratorio. CIMMYT, México, D. F. 84 p.
- Wetzel, M.M.V.S. 1987. Transmissão de patogenos pelas sementes. pp. 170-174. In: SOAVE, Menten, M.O.J y T.J. Bueno (eds.). Patologia de sementes. Fundação Cargill. 1987. Campinas, Brazil. 480 p.