

Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo

Caio Cesar da Ros Zanette¹

Jimmy Walter Rasche Alvarez²

Simeón Aguayo Trinidad³

Laura González⁴

Claudia Carolina Cabral Antúnez⁵

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia y fitotoxicidad de fungicidas químicos en el control de patógenos y su incidencia en las semillas de trigo (*Triticum aestivum*), como también sus efectos en el poder germinativo. El ensayo fue realizado en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Canindeyú Filial Katuete. Para el ensayo 1, se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial, factor 1: método de cultivo y el factor 2: ingrediente activo, dispuestos en 10 tratamientos y 4 repeticiones. El ensayo 2, fue con diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron T1: Testigo sin aplicación T2: Tebuconazole 43%, T3: Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%, T4: Carboxin 20% + Thiran 20% y T5: Carbendazim 50%. El material vegetal utilizado fue COODETEC 150 utilizando los métodos de cultivo (PDA y *Blotter test*), dejando las semillas dentro de la estufa a 27 ± 2 °C durante un periodo de 8 días. Se tuvo incidencias de hongos: *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. y *Bipolaris* sp. El tratamiento con más eficiente en el control fue el T2: Tebuconazole 43%, en cuanto a germinación el T1: Testigo alcanzó el mayor porcentaje, el en segundo puesto fue el T5: Carbendazim 50%. Para fitotóxicidad el T5: Carbendazim 50%, tuvo el menor nivel mientras que el T2: Tebuconazole 43%, presentó los niveles más altos. Los principios activos utilizados no controlaron de forma eficaz todos los patógenos que incidieron en las semillas de trigo, además causaron efectos de fitotóxicidad y disminución del poder germinativo.

Palabras clave: *Triticum aestivum*. Control de patógeno. Fungicidas químicos. Tratamiento de Semilla.

Introducción

El sector trigo en el Paraguay en la actualidad durante los últimos años presentó gran crecimiento en áreas de siembra y exportación, desde el año 2003, cuando inició el programa de fortale-

1 Discente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Nacional de Canindeyú (FCAA-UNICAN). caiodaros@hotmail.com.

2 Docente en la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA) y en la FCAA-UNICAN. jwrasche@yahoo.com.ar.

3 Docente en la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este (FIA-UNE) y en la FCAA-UNICAN. aguayotrinidad@gmail.com.

4 Docente en la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este (FIA-UNE) y en la FCAA-UNICAN. lauv_gz@hotmail.com.

5 Docente en la FCA-UNA y en la FCAA-UNICAN. claudia_c_cabral@hotmail.com.

cimiento del cultivo de trigo, el país se dedicaba exclusivamente a la importación del grano, actualmente es considerado como el único país sub-tropical exportador de este cereal (ALARCÓN, 2011). Durante estos últimos años se logró duplicar la superficie de siembra de trigo, de 200 mil hectáreas en el 2007 se pasó a más de 500 mil hectáreas en el 2016, y se pasó de 250 mil toneladas a 1,3 millones de toneladas (CAPECO, 2016).

Existen muchos patógenos que se encuentran infestando las semillas que pueden ser fuentes de inóculos en el campo, causando serios perjuicios a los cultivos. Una forma de liminar los patógenos que se encuentran sobre la semilla es mediante el tratamiento químico de las semillas con fungicidas, buscando que estos posean baja fitotoxicidad a la semilla que se trata (PICININI; FERNANDES, 2000). Inclusive el tratamiento de semilla protege inicialmente las plantas de hongos del suelo.

Algunos de los patógenos que atacan las semillas de trigo son: *Fusarium* spp., *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. *Rhizopus* sp., *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis*. Estas especies mencionadas, dentro de la microbiota del trigo constituyen los hongos con gran frecuencia de incidencia (CARRASCO; BAEF; BELMONTE, 2009).

Chávez y Kohli (2013) evaluando semillas de trigo constataron que los hongos encontrados con mayor frecuencia en los granos en orden de importancia fueron *Curvularia* sp., *Alternaria* sp., *Helminthosporium* sp., *Fusarium* sp., *Pyricularia* sp., *Drechslera* sp., *Nigrospora* sp., *Septoria* sp., *Cladosporium* sp., *Chaetomium* sp., y *Melanospora* sp.

Cuando se desea reducir el inóculo primario o proteger a la plántula de la infección con hongos del suelo, se recomienda tratar las semillas antes de la siembra, siendo el tratamiento químico el más utilizado, toda vez que su utilización sea práctica, eficiente, de baja fitotoxicidad (GARCÍA JUNIOR et al., 2008).

Entre los ingrediente activos utilizados como fungicidas para tratamiento de semillas se encuentra el tebuconazole, que actúa en los precursores de los esteroides inhibiendo la desmetilación de estos, afectando la función de la membrana celular de los hongos (MATHRE; JOHNSTON; GREY, 2001). Latorre (1989) indica que el carbendazim es un fungicida sistémico del grupo químico de los benzimidazoles, que afecta la mitosis e inhibe la acción de la tubulina, proteína indispensable para la síntesis de los microtúbulos cromosómicos en los hongos.

La mezcla de fludioxonil con mefenoxam se utiliza para ampliar el grado de control de hongos en semillas de trigo, el fludioxonil de la clase química de phenylpyrroles, interfiere en el mecanismo de transporte en las células fúngicas que interactúan en diferentes puntos en el ciclo de vida del hongo, como la germinación conidial, tubo germinativo y el crecimiento del micelio. El mefenoxam es un fungicida sistémico recomendado para semillas de trigo, cuyo ingrediente activo inhibe la síntesis del ácido ribonucleico (ARN), por ende la síntesis de proteínas en los ribosomas (LIÑÁN; LIÑÁN, 2015).

El Carboxin actúa en la inhibición del complejo citocrómico II, en la cadena de transporte de electrones de la membrana mitocondrial de los hongos. Este complejo contribuye a la producción de energía como también regula la formación de bloques para los lípidos y los aminoácidos y el Thiram generalmente reaccionan con grupos -SH, que inhiben enzimas, interfieren con la producción de energía dentro de la célula (BITTENCOURT et al., 2007; SERIAL ADVANCED TECHNOLOGY ATTACHMENT - SATA, 2009).

El objetivo en la presente investigación fue determinar la eficiencia y fitotoxicidad de fungicidas químicos en el control de patógenos en las semillas de trigo.

Material e métodos

El trabajo se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, filial Katueté, Departamento de Canindeyú, Paraguay, en el año 2016.

El experimento se dividió en dos partes: Ensayo 1. Se identificaron los patógenos y se evaluaron la incidencia, porcentaje de hongos que aparecen en las semillas de trigo de la variedad COODETEC 150, en dos métodos de cultivos: PDA (papa, dextrosa, agar) y *Blotter test*. Para el *Blotter test*, se colocaron dos discos de papel de filtro en las placas de Petri de 9 cm de diámetro, estas fueron mojadas con 5 mL de agua destilada esterilizada (NEEGAARD, 1979). También se humedeció un algodón pequeño con agua destilada esterilizada y fue colocado al borde de la placa para mantener la humedad del papel filtro). En el ensayo 2, se determinó la fitotóxicidad causada por los fungicidas en las semillas de trigo en método de cultivo (*Blotter test*).

En el ensayo 1, tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas en dos métodos de cultivos, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, donde el primer factor fue dos métodos de cultivos (PDA y *Blotter test*) y en el ensayo 2, tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas utilizando *Blotter test* como método de cultivo con cinco ingrediente activo (Testigo, Tebuconazole; Fludioxonil + Mefenoxam; Carboxin + Thiran; Carbendazim), totalizando diez tratamientos con 4 repeticiones (Tabla 1). Todos los ingredientes activos utilizados en el ensayo son vendidos comercialmente para tratamiento de semillas de trigo, con excepción del Tebuconazole que es utilizado en dosis de 5% en trigo.

Tabla 1. Tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas en dos métodos de cultivos. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Tratamientos	Método de cultivo (Factor 1)	Principios activos y concentración de los fungicidas (Factor 2)	Dosis aplicada (mL 100 kg de semilla ⁻¹)
T1		Testigo	Sin aplicación
T2		Tebuconazole 43% p/v*	100 **
T3	PDA	Fludioxonil 25% p/v + Mefenoxam 37,5% p/v	100
T4		Carboxin 20% p/v + Thiran 20% p/v	200
T5		Carbendazim 50% p/v	200
T6		Testigo	Sin aplicación
T7		Tebuconazole 43% p/v	100
T8	Bloter Test	Fludioxonil 25% p/v + Mefenoxam 37,5% p/v	100
T9		Carboxin 20% p/v + Thiran 20% p/v	200
T10		Carbendazim 50% p/v	200

** % p/v (Porcentaje peso a volumen): Indica el número de gramos de soluto que hay en cada 100 mL de solución.

*Los fungicidas específicos para el tratamiento de semilla fueron aplicados en dosis recomendadas por los fabricantes en base a 100 kg de semillas.

Fuente: Elaboración propia (2016)

Para facilitar la aplicación de los fungicidas se utilizó un kg de semillas por cada principio activo, aplicando estos sobre las semillas en un frasco de vidrio, sin realizar dilución el agua del fungicida, posteriormente se cerró el frasco y se agitó para que las semillas fueran cubiertas por el fungicida, posteriormente, para cada tratamiento se emplearon 200 semillas de trigo distribuidas de la siguiente manera: 50 semillas por placa, totalizando 4 placas por cada tratamiento, equivalentes a 4 repeticiones por tratamiento.

Se evaluó la aparición e incidencia de patógenos en las semillas de trigo en los distintos tratamientos en los dos métodos de cultivo. La identificación de los patógenos, se realizó por medio del uso del microscopio, comparando los hongos por medio de sus formas con imágenes obtenidas por otros autores (BOTH 1971).

La incidencia de hongos se expresó en porcentaje, cuyos resultados se obtuvieron utilizando la siguiente fórmula.

$$PI = \frac{Ts - Si}{Ts} \times 100$$

Dónde:

PI = Porcentaje de incidencia;

Ts = Total de semillas;

Si = Semillas infectadas.

Los datos de la germinación se obtuvieron observando las semillas germinadas considerando como criterio de germinación la aparición visible de la radícula en cada unidad experimental. El porcentaje de germinación de cada tratamiento se obtuvo mediante la metodología y se realizó de acuerdo de Análisis de Semillas (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1995).

$$PG = \frac{Sg}{Ts} \times 100$$

Dónde:

PG = Porcentaje de germinación;

Sg = Número de Semillas Germinadas;

Ts = Número total de semillas.

En el ensayo 2, para determinar la fitotoxicidad causada por los fungicidas en las semillas de trigo se utilizó el método de cultivo *Blotter test*, puesto que a los ocho días de incubación los hongos que crecen en el método de cultivo PDA toman totalmente la placa de Petri, por ser un medio más propicio al crecimiento de patógenos, el cual dificultaría la retirada de las semillas de las placas de Petri para la evaluación, causando daños mecánicos en el material que perjudicaría la exactitud de los resultados.

Para el segundo ensayo se utilizó el diseño completamente al azar. La preparación del método de cultivo y de los tratamientos con fungicidas (Tabla 2) utilizado para el ensayo 2 (*Blotter test*) fue similar a la preparación realizada para el ensayo 1.

Tabla 2. Tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas utilizando (*Blotter test*) como método de cultivo. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Tratamientos	Principios activos y concentración de los fungicidas	Dosis aplicada (mL)
T1	Testigo	Sin aplicación
T2	Tebuconazole 43% p/v*	100**
T3	Fludioxonil 25% p/v + Mefenoxam 37,5% p/v	100
T4	Carboxin 20% p/v + Thiran 20% p/v	200
T5	Carbendazim 50% p/v	200

* % p/v (Porcentaje peso a volumen): Indica el número de gramos de soluto que hay en cada 100 mL de solución.

**Los fungicidas específicos para el tratamiento de semilla fueron aplicados en dosis recomendadas por los fabricantes en base a 100 kg de semillas.

Fuente: Elaboración propia (2016)

Para cada tratamiento se emplearon 200 semillas de trigo distribuidas de la siguiente manera: 50 semillas por placa, totalizando 4 placas por cada tratamiento, equivalentes a 4 repeticiones por tratamiento.

Como criterio de fitotóxicidad causada por los fungicidas en las semillas de trigo en método de cultivo *Blotter test* se utilizó los criterios propuestos por Gilling et al. (2006), donde se evaluaron las características morfológicas como inhibición de la germinación, retraimiento < a 2 cm o ausencia en radícula e hipocótilo, la estimulación > 10 cm de radícula e hipocótilo y el número de semillas afectadas, después de ocho días de incubación en cada uno de los tratamientos evaluados.

Seguidamente se procedió al análisis de la presencia de fitotóxicidad en las semillas de trigo en los distintos tratamientos mediante observaciones individuales de cada unidad experimental que fueron expresadas en porcentaje (%), adaptando la fórmula de Navarro, Arruelay e Maldonado (2006), descrita a seguir:

$$Fs = \frac{Sa}{Ts} \times 100$$

Dónde:

Fs = Fitotóxicidad en las semillas;

Sa = Número de Semillas afectadas;

Ts = Número total de semillas.

Posteriormente los resultados de los tratamientos con aplicación de fungicidas se les restó los resultados obtenidos en el testigo (sin aplicación) puesto que estos no tendrán efectos de fungicidas y si de otros factores (Almacenamiento, humedad, calor, etc).

Para el análisis estadístico en el ensayo 1, se utilizó el análisis de varianza (ANAVA) para un arreglo bifactorial y para el ensayo 2 se utilizó el ANAVA para un diseño completamente al azar y cuando hubo diferencia significativa entre tratamientos se comparó las medias entre tratamientos por la prueba de Tukey al 5% y 1% de probabilidad del error. Para fines de análisis estadístico los resultados fueron transformados en $\arcsen \sqrt{x/100}$ para disminuir el error. Se utilizó el programa Assisat.

Resultados y discusión

En los métodos (PDA y *Blotter test*) fueron identificados los hongos *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp., el análisis de varianza demostró diferencia significativa entre los métodos de cultivo para cada patógeno analizado y diferencia entre fungicidas en el control de hongos con interacción entre estos (Tabla 3). Hubo interacción entre los métodos de cultivos y la aplicación de diferentes fungicidas en los hongos *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp. (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de F y coeficiente de variación para la infestación de los hongos: *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp., evaluados con fungicidas en semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*). Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Factores	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Aspergillum</i> sp.	<i>Bipolaris</i> sp
Método de cultivo (MC)	7,5625**		7,5625**	7,5625**
Fungicidas (FUN)	4,0179**	4,0179**	4,0179**	4,0179**
Int. MC x FUN	4,0179**	2,6896*	4,0179**	4,0179**
Coef. de variación (%)				

*Significativo (P <0,05) de probabilidad; **Significativo (P <0,01) de probabilidad.

Fuente: Elaboración propia (2016)

Considerando que existe interacción entre los métodos de cultivos y entre los fungicidas en la incidencia de los hongos identificados se analiza la interacción entre los dos factores (Tabla 4).

Tabla 4. Incidencia de hongos en semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*). Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Patógenos	Testigo	Tratamientos			
		Tebuconazole 43%	Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%	Carboxin 20% + Thiran 20%	Carbendazim 50%
..... %					
Método PDA					
<i>Fusarium</i> sp.	25,2 A* a	8,5 A cd	13,0 Abc	18,0 A ab	4,5 A d
<i>Aspergillus</i> sp.	11,5 A a	0,0 A c	5,0 A b	4,0 A b	2,0 A bc
<i>Rhizopus</i> sp.	16,5 A a	0,0 A c	0,0 A c	0,0 A c	10,5 A b
<i>Bipolaris</i> sp.	12,0 A a	1,5 A b	0,0 A b	1,5 A b	0,5 A b
Método <i>Blotter test</i>					
<i>Fusarium</i> sp.	14,5 B a	2,75 B c	8,0 B b	3,0 B c	1,0 B c
<i>Aspergillus</i> sp.	10,0 A a	0,0 A c	0,0 B c	0,0 B c	3,0 A b
<i>Rhizopus</i> sp.	8,5 B a	0,0 A b	0,0 A b	0,0 A b	7,5 A a
<i>Bipolaris</i> sp.	1,0 B a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 B a	0,0 A a

*Letras mayúsculas corresponden a las columnas donde se compara la aparición de determinado patógeno entre ambos métodos de cultivo; Letras minúsculas corresponde a las líneas, comparando diferentes tratamientos para determinado patógeno. Prueba de comparación múltiple de Tukey (5%).

Fuente: Elaboración propia (2016)

El género *Fusarium* sp. no fue controlado totalmente por ninguno de los fungicidas utilizados, tanto en método PDA como en *Blotter test*, sin embargo, el tratamiento Carboxin + Thiram fue el menos eficiente en su control, no habiendo diferencia del testigo en método PDA, sin embargo, en el *Blotter test* todos los fungicidas disminuyeron la incidencia de *Fusarium* sp., comparado con el testigo (Tabla 4).

El fungicida que redujo en mayor proporción la incidencia del hongo fue el de Carbendazim 50% con 4,5% de incidencia en el método PDA y 1% en *Blotter test*, difiriendo del trabajo de Cavallo et al. (2005) cuyos resultados obtenidos indicaron que Carboxin 37,5% + Thiram 37,5% fue el tratamiento que controló el mayor número de colonias de *Fusarium* sp. en el laboratorio. González (2011) sostiene que el control de *Fusarium* sp. con Tebuconazole fue inferior al 80%, sin embargo la concentración utilizada era apenas del 2%, comparado con 43% utilizado en este trabajo. Resultado similar obtuvieron García Junior et al (2008) con Tebuconazole 5%, donde este principio activo no fue eficiente en el control de *Fusarium* sp.

Según Lozano-Ramírez et al. (2006) lograr la eficacia total contra infecciones de *Fusarium* sp., en semillas de trigo es bastante difícil por método de la aplicación de tratamientos químicos, ya que las infecciones de este patógeno ocurren en un período prolongado del ciclo vital de la planta.

Hubo disminución del número de colonias fúngicas del género *Aspergillus* sp. por efecto de los diferentes fungicidas sobre el total de colonias con respecto al testigo. Cabe destacar que el control más eficiente se logró con el Tebuconazole 43% el cual inhibió totalmente este patógeno en método de cultivo (PDA), mientras que en el método de cultivo *Blotter test* aquellos tratamientos que estuvo presente el Tebuconazole 43%, Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% y el Carboxin 20% + Thiran 20% lograron controlar la aparición del patógeno bajando la incidencia al 0%.

Los resultados obtenidos, difieren del trabajo realizado por Cavallo et al. (2005) quienes no observaron buen control de *Aspergillus* sp. por el Tebuconazole, sin embargo el mejor control se dio con el principio activo Carboxin + Thiran y Carboxin + Thiran + Carbendazim. Parakhia et al. (1998) sostienen que los fungicidas Carbendazim y Thiram fueron los que lograron inhibir completamente el crecimiento de *Aspergillus* sp en el cultivo de maní.

Respecto a la capacidad de los fungicidas para inhibir el desarrollo de colonias de *Rhizopus* sp, especie importante debido a su alta frecuencia sobre las semillas, los destacados fueron Tebuconazole 43%, Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% y el Carboxin 20% + Thiran 20% todos con 0% de incidencia en (PDA y *Blotter test*), mientras que el Carbendazim 50% con 10,5% en (PDA) y 7,5% en *Blotter test* fue el que mostró la menor eficiencia en ambos métodos de cultivos, resultado que coincide con lo obtenido por Rasche y Soilán (2014) donde en el tratamiento con Carbendazim se presentó la mayor incidencia de *Rhizopus* sp. entre los tratamientos en semillas de tártago. Sin embargo, Bittencourt et al. (2007) no obtuvieron buenos resultados en el control de *Rhizopus* sp con la aplicación de carboxin + thiram en semillas de maní.

En relación a *Bipolaris* sp., agente causal de la *helminthosporiose*, el control realizado por fludioxonil 25% + mefenoxam 37,5% se destaca en método de cultivo (PDA) pues logró un control total, y para el método en (*Blotter test*) todos los tratamientos utilizados fueron excelentes con 0,0% de incidencia. Toledo, Reis e Forcelini (2002) sostienen que este es un patógeno que sobrevive como micelio en semillas infectadas, en este ensayo todos los fungicidas ejercieron un adecuado control en relación al testigo siendo que el método PDA es más eficiente para evaluar este hongo que el método de papel filtro. Sin embargo, Lasca et al. (2001) con el método "deep-freezer" observaron que ningún fungicida pudo controlar 100% a este patógeno, el mejor resultado obtuvo el carboxin + thiram con

2,25% frente a un testigo con 64,75% de incidencia. González (2011) obtuvo menos de 80% de control de *Bipolaris* sp con el fungicida tebuconazole.

En relación a la germinación de las semillas de trigo en los diferentes tratamientos utilizados en los dos métodos de cultivo los métodos (PDA y *Blotter test*) el análisis de varianza demostró diferencia significativa entre los métodos de cultivo y entre fungicidas para la germinación, habiendo interacción entre estos dos factores (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de F calculado y coeficiente de variación para la germinación de semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*), con aplicación de distintos fungicidas. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Factores	Germinación de semillas
Método de cultivo (MC)	7,5625**
Fungicidas (FUN)	4,0179**
Interacción MC x FUN	4,0179**
Coef. de variación (%)	2,83

**Significativo (P <0,01) de probabilidad.

Fuente: Elaboración propia (2016)

Considerando que existe interacción entre los métodos de cultivos y entre los fungicidas en la incidencia de la germinación de semillas de trigo se analiza la interacción entre los dos factores (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de germinación de semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*), con aplicación de distintos fungicidas. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Factor 2 Métodos de cultivo	Factor 1 Fungicidas				
	Testigo	Tebuconazole 43%	Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%	Carboxin 20% + Thiran 20%	Carbendazim 50%
Germinación de semillas					
..... %					
PDA	97,7 Aa*	89,7 Ab	94,5 Aab	96,0 Aa	95,0 A ab
<i>Blotter test</i>	96,7 Aa	82,5 Bc	82,5 Bc	88,0 Bb	91,5 Aab

* Letras mayúsculas corresponden a las columnas donde se compara la diferencia mínima significativa para la germinación entre los métodos de cultivos. Letras minúsculas corresponde a las líneas, comparando la germinación entre los tratamientos con fungicidas. Prueba de comparación múltiple de Tukey (5%).

Fuente: Elaboración propia (2016)

Los métodos de cultivo presentaron diferencia estadística en relación al porcentaje de germinación en tres de los cinco tratamientos, siendo ellos el Tebuconazole 43% (89,7% PDA y 82,5% *Blotter test*), Fludioxonil 25% + mfenoxam 37,5% (94,5% PDA y 82,5% *Blotter test*) y el Carboxin 20% + Thiran 20% (96% PDA y 88% *Blotter test*).

En cuanto a los tratamientos con fungicidas, se puede observar que en el método de cultivo PDA hubo mayor porcentaje de germinación en semillas en el testigo con 97,7%, el cual no Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%, el Carboxin 20% + Thiran 20% y el Carbendazim 50%, El

tratamiento con Tebuconazole 43%, en método PDA con 89,7% de germinación presentó menor germinación que el testigo.

Para el método de cultivo en *Blotter test* nuevamente el testigo fue el que presentó el mayor porcentaje de germinación con 96,7% sin presentar diferencia estadística al Carbendazim 50% con 91,6%, que a su vez no difiere estadísticamente del Carboxin 20% + Thiran 20% con 88% de germinación y los tratamientos con menor germinación de semillas fueron donde se aplicó Tebuconazole 43%, y Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% ambos con 82,5% de germinación (Tabla 6).

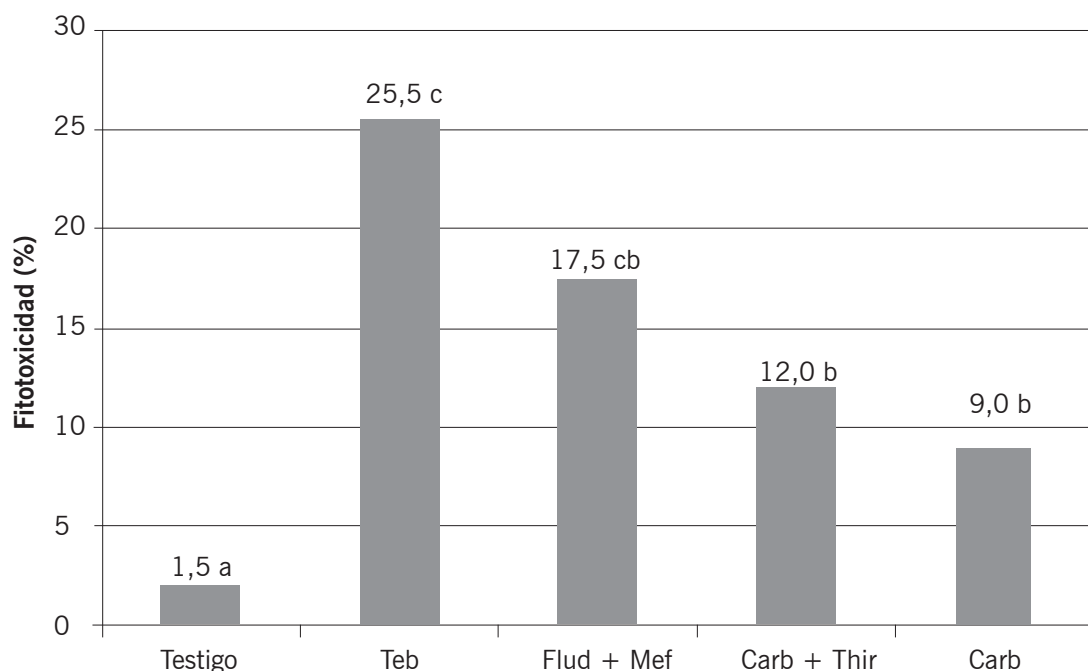
Como se puede observar en los dos métodos de cultivos se destaca el mayor porcentaje de germinación en los testigos. Reis y Casa (1988) mencionan que a veces el tratamiento químico de semillas puede mejorar el porcentaje de germinación de un lote de semillas y afirma que el mejor producto para desempeñar esta tarea es el Thiran. También Lasca et al. (2001) mencionan que el Thiran presentó 98% y el Carboxin + Thiram 96,5% de emergencia en semillas de trigo, hecho que no se observó en esta investigación de la cual resulta coherente con el trabajo realizado por Balardin y Loch (1987) donde en semillas de avena tratadas con Thiran, se pudo observar la reducción en el poder germinativo y en el tamaño del coleóptilo y de la radícula frente al testigo.

En un estudio realizado por Garcia Júnior; Vechiato, Menten (2008) los mismos indican que el Tebuconazole y el Fludioxonil, presentan un comportamiento similar al testigo en cuanto al porcentaje de germinación de semillas de trigo con valores de 80% y 84% de semillas germinadas frente al testigo que alcanzó 85%.

Analizando la fitotóxicidad causada por los principios activos en las semillas de trigo en método de cultivo *Blotter test* se observa que los fungicidas utilizados causaron alteraciones considerables en las características morfológicas de las mismas (Figura 1).

Según el análisis de varianza hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos, siendo el T2 Tebuconazole 43% (25,50%) con el mayor porcentaje de fitotóxicidad comparado con los demás tratamientos pero sin diferencia estadística con el T3 Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% (17,50%) que a su vez fue el siguiente tratamiento con mayor porcentaje; mientras que el T5 Carbendazim 50% (9%) fue el tratamiento que menos causó daños por fitotóxicidad a las semillas de trigo aunque no tuvo diferencia estadísticas con el T4 Carboxin 20% + Thiran 20% y T3 Fludioxonil 25% + mefenoxam 37,5%.

Figura 1. Fitotóxicidad causada por los fungicidas Teb (Tebuconazole); Flud + Mef (Fludioxonil + Mefenoxam); Carb + Thir (Carboxin + Thiran) y Carb (Carbendazim) en las semillas de trigo en método de cultivo (*Blotter test*). Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.



Fuente: Elaboración propia (2016)

La alta toxicidad observada en el Tebuconazole posiblemente se deba a la concentración de esta, generalmente en trabajos donde no se ha observado toxicidad de Tebuconazole en la semilla de trigo la concentración era del 2% al 6%, muy inferior al utilizado en este trabajo que es del 43% que es la concentración del producto utilizado para el tratamiento de semilla en el cultivo de soja, sin embargo el control de las enfermedades fúngicas fueron similares al testigo (GARCÍA JUNIOR et al., 2008; GONZÁLEZ, 2011). Lozano-Ramírez et al. (2006) observaron que la mezcla de Thiram + Tebuconazole redujo el porcentaje de germinación de trigo. Los resultados encontrados en el presente trabajo se contradice con el trabajo realizado por Lenz et al. (2008) donde evaluaron efectos fitotóxicos de diferentes dosis de fungicidas entre ellos Carboxin + Thiram, aplicados en semillas de arroz, y no observaron efectos fitotóxicos de los fungicidas testados.

El tebuconazole es un principio activo de amplio espectro, de acción con efectos reguladores del crecimiento, pudiendo retrasar el desarrollo de la planta (FÜHR, 1986), por eso es importante realizar pruebas preliminares para identificar posibles efectos fitotóxicos en las semillas causados por el tratamiento químico (WARHAM; BUTLER; SULTON, 1997).

Conclusiones

Las especies asociadas a las semillas de trigo fueron *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp.

Los principios activos utilizados en esta investigación no controlaron de forma eficaz todos los patógenos que incidieron en las semillas de trigo, además causaron efectos de fitotóxicidad y disminución del poder germinativo.

El Tebuconazole 43% es el tratamiento que controló el mayor número de colonias fúngicas en las semillas de trigo, en contra partida, disminuyó la calidad fisiológica de las semillas, presentando el nivel más alto de fitotóxicidad; mientras que el Carbendazim 50% fue el tratamiento que menos causó daños por fitotóxicidad a las semillas de trigo.

Efficiency of fungicides against the incidence of pathogens in wheat seeds

Abstract

The objective of this work was to evaluate the efficiency and phytotoxicity of chemical fungicides in pathogens control and their incidence in wheat seeds (*Triticum aestivum*), as well as their effects on germination. The experiment was carried out in the laboratory of the Faculty of Agronomic Engineering of the National University of Canindeyú, Katuete. For experiment 1, we used the completely randomized design with factorial arrangement, factor 1: culture medium and factor 2: five fungicides, arranged in 10 treatments and 4 replicates. Experiment 2 was completely randomized with 5 treatments and 4 replicates. The treatments were T1: Control without application; T2: Tebuconazole 43%. T3: Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37.5%. T4: Carboxin 20% + Thiran 20% and T5: Carbendazim 50%. The plant material used was COODETEC 150 using the culture media (PDA and *Blotter test*), leaving the seeds inside the stove at 27 ± 2 °C during a period of 8 days. There were occurrences of fungi: *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., and *B. sorokiniana*. The most efficient active ingredient treatment in the control was the T2: Tebuconazole 43%; as for germination the T1: Witness reached the highest percentage; the second place was the T5: Carbendazim 50%. For phytotoxicity T5: Carbendazim 50 % had the lowest level, while T2: Tebuconazole 43% had the highest levels. The active ingredients used did not effectively control all pathogens that affected the wheat seeds, and also caused phytotoxicity and decreased germinate.

Keywords: *Triticum aestivum*. Chemical fungicides. Pathogen control. Seed treatment.

Referencias

ALARCÓN, L. E. **El cultivo del trigo en el Paraguay**. Editora el lector. Asunción, Paraguay, 2011. 198. p. 21-46.-

BALARDIN, R. S.; LOCH, C. L. Efeito de thiram sobre a germinação de sementes de centeio e aveia. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 9, n. 1, 1987. p. 113-117. Disponível em: <<https://www.agro-link.com.br/downloads/88340.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

BITTENCOURT, S. R.; MENTEN, J. O.; ARAKI, C. A.; MORAES, M. H.; RUGAI, A.; DIEGUEZ, M. J.; VIEIRA, R. Eficiência do fungicida carboxin + thiram no tratamento de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 29, n. 2, 2007. p. 214-222. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n2/v29n2a28.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

BOTH, C. **The genus Fusarium**. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, 1971. p. 143-149.

CÁMARA PARAGUAYA DE EXPORTADORES Y COMERCIALIZADORES DE CEREALES Y OLEAGINOSAS (CAPECO). **Trigo:** área de siembra, producción y rendimiento. 2016. Disponible em: <<http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>>. Acceso em: 26 out. 2016.

CARRASCO, N.; BAEZ, A.; BELMONTE, M. L. **Trigo:** manual de campo. 2 ed. Ediciones INTA. Buenos Aires. Argentina, 2009. p 18-21. Disponible em: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_trigo_rian.pdf>. Acceso em: 10 jan. 2017.

CAVALLO, A. R.; NOVO, R. J.; PÉREZ, M. A. Eficiencia de fungicidas en el control de la flora fúngica transportada por semillas de maní (*Arachis hypogaea* L.) en la Argentina. **Agriscientia**, n. 22, v. 1, 2005. p. 9-16. Disponible em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2674/1902>>. Acceso em: 10 jan. 2017.

CHÁVEZ, A.; KOHLI, M. Identificación de hongos presentes en la punta negra de trigo. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, n. 15, v. 2, 2013. p. 133-137. Disponible em: <<http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/229/225>>. Acceso em: 20 mar. 2017.

FÜHR, F. Uptake and Translocation of Carbon-14-Labeled Fungicides in Cereals. Macro and Microautoradiographic Studies. In: GREEN, M. B.; SPILKER, D. A. (eds). **Fungicide Chemistry. Advances and Practical Applications**. Washington DC: American Chemical Society, 1986. p. 53-71.

GARCIA JÚNIOR, D.; VECHIATO, M. H.; MENTEN, J. O. M. Efeito de fungicidas no controle de *Fusarium graminearum*, germinação, emergência e altura de plântulas em sementes de trigo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, n. 34, v. 3, 2008, p. 280-283. Disponible em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v34n3/18.pdf>>. Acceso em: 13 nov. 2016.

GILLING, P.; PÉREZ, Y.; ALBEAR, E.; ANDRÉS, I.; RODRÍGUEZ, S.; BROWN, A. Evaluación de la toxicidad de un lodo anaerobio en plantas terrestres. **Revista científica**. n. 1, v. 1, p. 12-17. 2006. Disponible em: <<http://www.ilustrados.com/tema/8615/Evaluacion-Toxicidad-lodo-anaerobio-plantas-terrestres.html>>. Acceso em: 14 mar. 2017.

GONZÁLEZ, S. Patología de semillas en trigo y cebada. In: PEREYRA, S.; ACKERMANN, M. D. de; GERMÁN, S.; CABRERA, K. (eds.). **Manejo de enfermedades en trigo y cebada**. Montevideo – Uruguay: INIA, 2011. p 63-74. Disponible em: <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7585/1/UY.INIA.ST.189.p.63-73-GONZALEZ.pdf>>. Acceso em: 20 mar. 2017.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigor test methods**. 2. ed. Zurich, Suiza, 1995. p. 51-65.

LASCA, C. C.; KRUPPA, P. C.; BARROS, B. C.; SCHIMIDT, J. R.; CHIBA, S. Controle de *Pyricularia grisea* e *Bipolaris sorokiniana* em sementes de trigo mediante tratamento com fungicidas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, n. 8, v. 1, p. 55-63. 2001. Disponible em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/arqib/article/view/25853/26741>>. Acceso em: 20 mar. 2017.

LATORRE, G. B. **Fungicidas y nematocidas, avances y aplicabilidad**. Santiago, Chile: Publicación de la Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1989. p. 137-145. (Colección en Agricultura).

LENZ, G.; COSTA, I. D. da; ZEMOLIN, C. R.; KARKOW, D.; ARRUE, M. A.; BAYER, S. T. Fitotoxicidade de fungicidas aplicados em sementes de arroz (*Oryza sativa*). **Revista da FZVA**. Uruguiana, n. 15, v. 2, p. 53-60. 2008. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2455/3889>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

LIÑÁN, C. C. de; LIÑÁN, C. V. de. **Vademécum de Productos Fitosanitarios y Nutricionales**. 31. ed. Ediciones Agrotecnicas, Málaga, España, 2015. p. 512-516.

LOZANO-RAMÍREZ, N.; MEZZALAMA, M.; CARBALLO-CARBALLO, A.; HERNÁNDEZ-LIVERA, A. 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**, v. 24, n. 2, p. 115-121. 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224205>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

MATHRE, D. E.; JOHNSTON, R. H.; GREY, W. E. **Small Grain Cereal Seed Treatment**. The Plant Health Instructor. 2001. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-1008-01. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Pages/CerealSeedTreatment.aspx>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

NAVARRO, A. R.; ARRUETAY, R.; MALDONADO, M. Determinación del efecto de diferentes compuestos através de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. **Revista de toxicología**, n. 23, p. 125-129. 2006. Disponível em: <<http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol23-23/129-289-1-SM.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

NEEGAARD, P. **Seed Pathology: Principles of Control**. Londres, Inglaterra: Editor Macmillan Press Ltd, 1979. p. 839, v. 1: Part III.

PARAKHIA, A. M.; AKBARI, L. F.; JUGNU, A.; VAISHNAV, M. U. Comparative evaluation of bio-agents and seed dressing fungicides against *Aspergillus niger* causing collar rot of groundnut. **Gujarat Agricultural University Research Journal**, n. 23, v. 2, p. 61-65, 1998.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Contrôles das doenças de trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALT-CHUK, B. **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembleia Legislativa. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo, 2000. p. 225-253. (Série Culturas, n. 2). Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/820367/1/ID8598LV0313.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

RASCHE, A. J. W.; SOILÁN, D. L. C. Eficiencia de fungicidas químicos en el control de patógenos en semillas de tártago. In: CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS. 3., 2014. **Memorias**. San Lorenzo, Paraguay. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, 2014. 4 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. Passo Fundo. Aldeia Norte, 1988. p. 37-40.

SERIAL ADVANCED TECHNOLOGY ATTACHMENT (SATA). **La guía para la protección y nutrición vegetal**. Uruguay. 2009. Disponível em: <<http://www.laguiasata.com/producto-tiram-64>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

TOLEDO, J.; REIS, E. M.; FORCELINI, C. A. Comparação de métodos para detecção de *Bipolaris sorokiniana* em sementes de cevada. **Fitopatologia brasileira**, n. 27, 2002. p. 389-394. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fb/v27n4/a09v27n4.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

WARHAM, E. J.; BUTLER, L. D.; SUTTON, R. C. **Ensayos para la semilla de maíz y de trigo: Manual de laboratorio**. Mexico, DF (Mexico): CIMMYT, 1997. p. 75-82.

Histórico editorial:

Submetido em: 04/12/2016

Aceito em: 17/07/2017

Como citar:

ABNT

ZANETTE, C. C. R.; ALVAREZ J. W. R.; TRINIDAD S. A.; GONZÁLEZ, L.; ANTÚNEZ, C. C. C. Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 121-134, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>

APA

ZANETTE, C. C. R., ALVAREZ, J. W. R.; TRINIDAD S. A.; GONZÁLEZ, L. & ANTÚNEZ, C. C. C. (2018). Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 121-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>

ISO

ZANETTE, C. C. R.; ALVAREZ J. W. R.; TRINIDAD, S. A.; GONZÁLEZ, L. e ANTÚNEZ, C. C. C. Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo). *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 121-134. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>

VANCOUVER

Zanette CCR, Alvarez JWR, Trinidad SA, González L, Antúnez CCC. Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 121-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>